



InterSedes: Revista de las Sedes
Regionales

ISSN: 2215-2458

intersed@cariari.ucr.ac.cr

Universidad de Costa Rica
Costa Rica

Cerdas-Ramírez, Roberto

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL PASTO MARALFALFA (*Pennisetum* sp.) CON
VARIAS DOSIS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA

InterSedes: Revista de las Sedes Regionales, vol. XVI, núm. 33, 2015, pp. 123-145

Universidad de Costa Rica
Liberia Guanacaste, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66638602007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

INTERSEDES

**REVISTA ELECTRÓNICA DE LAS SEDES REGIONALES
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**



Vista panorámica de la ciudad de San José, Costa Rica

WWW.INTERSEDES.UCR.AC.CR

Vol. XVI, N°33 (2015)

ISSN 2215-2458

Consejo Editorial Revista InterSedes

Director de la Revista:

M.Ph. Jimmy Washburn Calvo. Sede del Atlántico

Consejo Editorial:

M.Sc. Jorge Bartels Villanueva. Sede del Pacífico. Economía
M.L. Edwin Quesada Montiel. Abarca. Sede del Pacífico. Enseñanza del
Inglés
Dra. Ethel García. Sede de Occidente. Historia.
Dra. Magdalena Vásquez Vargas. Sede Occidente. Literatura
M.L. Guillermo González. Sede Atlántico. Filología
M.Ph. Jimmy Washburn Calvo. Sede Atlántico. Filosofía. Bioética
M.L. Mainor González Calvo. Sede Guanacaste. Filología
Ing. Ivonne Lepe Jorquera. Sede Limón. Administración. Turismo
Dra. Ligia Carvajal. Sede Limón. Historia

Editor Técnico: Bach. David Alonso Chavarría Gutiérrez. Sede Guanacaste
Editora: Licda. Margarita Alfaro Bustos. Sede Guanacaste

Consejo Científico Internacional

Dr. Raúl Fornet-Betancourt. Universidad de Bremen, Alemania.
Dra. Pilar J. García Saura. Universidad de Murcia.
Dr. Werner Mackenbach. Universidad de Potsdam, Alemania. Universidad de
Costa Rica.
Dra. Gabriela Marín Raventós. Universidad de Costa Rica.
Dr. Mario A. Nájera. Universidad de Guadalajara, México.
Dr. Xulio Pardelles De Blas. Universidad de Vigo, España.
M.Sc. Juan Manuel Villasuso. Universidad de Costa Rica.

Indexación: Latindex / Redalyc / SciELO

Licencia de Creative Commons

Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica,
todos los derechos reservados.

Intersedes por intersedes.ucr.ac.cr está bajo una licencia de Creative
Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica
License.



COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL PASTO MARALFALFA (*Pennisetum sp.*) CON VARIAS DOSIS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA¹

PRODUCTIVE BEHAVIOR OF MARALFALFA GRASS WITH VARIOUS LEVELS OF NITROGEN FERTILIZER

Roberto Cerdas-Ramírez²

Recibido 21 de noviembre del 2014

Aceptado 16 de diciembre del 2014

Resumen

Se realizó un ensayo para evaluar el comportamiento productivo del pasto Maralfalfa, en Santa Cruz, Guanacaste, localidad situada a 54 m de altitud y con una precipitación anual de 1834 mm. Se evaluó la producción de biomasa verde y seca, la producción de energía metabolizable y proteína cruda por hectárea, contenido de clorofila, extracción de macro y micronutrientes del pasto sometido a cuatro dosis de nitrógeno por corte de 49 días: 0, 30, 60 y 90 kgN.ha⁻¹. El rendimiento de biomasa seca varió con las dosis de N aplicado, produciendo: 1760, 5193, 9820 y 12157 kgMS.ha⁻¹.corte⁻¹. La producción de energía metabolizable por hectárea varió cuando se fertilizó con los niveles crecientes de nitrógeno: 3847, 10982, 25142 y 26571 Mcal EM.ha⁻¹.corte⁻¹, así como la proteína cruda por hectárea: 156, 541, 1334 y 1976 kgPC.ha⁻¹.corte⁻¹, con 0, 30 60 y 90 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹. El contenido de clorofila (SPAD), incrementó con las dosis de nitrógeno aplicadas: 27,9, 33,1, 37,1 y 40,4 unidades SPAD. Todos los minerales se presentaron en cantidades adecuadas para la producción animal, sin embargo los valores de potasio superaron los niveles tóxicos. Se calcularon ecuaciones cuadráticas de predicción. Se recomienda aplicar 80 kgN.ha⁻¹ por corte de 49 días.

Palabras clave: Maralfalfa, fertilización nitrogenada, energía y proteína por hectárea, clorofila (SPAD), extracción de micro y macronutrientes.

Abstract:

A study was conducted to evaluate the performance of Maralfalfa grass in Santa Cruz, Guanacaste, located 54 masl and with an annual rainfall of 1834 mm. The production of green and dry biomass, production of metabolizing energy and raw protein per hectare, chlorophyll content, extraction of macro and micronutrients of grass subjected to four nitrogen dosages per cut of 49 days were evaluated: 0, 30, 60 and 90 kgN.ha⁻¹. The yield of dry biomass varied with the dosage of N applied: 1760, 5193, 9820 and 12157 kgDM.ha⁻¹.cut⁻¹. The production of metabolizing energy per hectare varied when fertilized with increasing nitrogen levels: 3847, 10982, 25142 and 26571 Mcal ME.ha⁻¹.cut⁻¹ as well as for raw protein: 156, 541, 1334 and 1976 kgCP.ha⁻¹.cut⁻¹, with 0, 30, 60 and 90 kgN.ha⁻¹.cut⁻¹. Chlorophyll content (SPAD) increased with the dose of nitrogen applied: 27.9, 33.1, 37.1 and 40.4 SPAD units. All nutrients are presented in suitable animal production quantities; however, potassium values exceeded toxic levels. Quadratic prediction equations were calculated. It is recommendable to apply 80 kgN.ha⁻¹ by cut of 49 days.

¹ El autor desea agradecer al Ing. Claudio Vargas, de la Sede de Guanacaste, por el apoyo en los análisis estadísticos.

² Docente e investigador de la Universidad de Costa Rica. Sede Guanacaste. rcerdasucr@hotmail.com

Keywords: Maralfalfa, nitrogen fertilization, energy and protein per hectare, chlorophyll (SPAD), extraction of micro and macronutrients.

Introducción

La zona del Pacífico de Costa Rica, presenta un período seco de diciembre a abril, que en los últimos años ha aumentado en días y severidad, debido a que también se tiene poca disponibilidad de agua para riego. Por lo anterior se hace necesario producir forraje durante los períodos lluviosos para soportar los meses de sequía, y satisfacer la necesidad de pasto para el ganado de las fincas de esta región.

De los forrajes disponibles, el pasto gigante es la especie más utilizada por su fácil establecimiento, disponibilidad de semilla, tolera plagas y enfermedades, soporta la sequía, presenta buena persistencia, alta producción de biomasa de mediana a alta calidad y permite mantener o elevar la carga animal de la finca (Urbano et al. 2008). Recientemente ha ingresado a los sistemas ganaderos de esta zona un pasto promisorio con alta productividad, el pasto Maralfalfa.

El Maralfalfa (*Pennisetum sp*) es un pasto perenne con alta productividad, cuyas raíces son fibrosas y forman raíces adventicias que surgen de los nudos inferiores de las cañas. Estas cañas conforman el tallo superficial el cual está compuesto por entrenudos, delimitados entre sí, por nudos. Los entrenudos en la base del tallo son muy cortos, mientras que los de la parte superior del tallo son más largos. Los tallos no poseen vellosidades. Se desarrolla bien a altitudes inferiores a los 2600 metros sobre el nivel del mar y precipitaciones anuales entre los 1000 y 4000 mm, en suelos con un pH entre 5,5 y 7,4 de fertilidad media a alta pero no tolera la saturación de aluminio, ni el encharcamiento. Puede producir hasta 60 toneladas de biomasa seca por hectárea por corte, con un contenido de proteína cruda de 8 a 16% y una digestibilidad entre 55 y 70% (STDF, 2013).

La variabilidad de la demanda nutricional de los forrajes depende de tres factores: la capacidad para extraer nutrientes del suelo, el requerimiento interno de la planta y el potencial de producción de la especie. En estos pastos tropicales, la relación promedio de extracción nutricional de N : P₂O₅ : K₂O es del orden de 3,5 : 1,0 : 4,0. Por lo que el rendimiento de forraje es el factor que controla la extracción y consumo de nutrientes y la práctica de fertilización adquiere mayor significado en aquellas especies con alto potencial genético de producción. Para identificar la dosis apropiada de fertilizante se debe tomar en cuenta el nivel esperado de producción de forraje, las condiciones del suelo, el ambiente, la tecnología aplicada el potencial genético de productividad de la especie (Bernal y Espinosa, 2003).

Entre los beneficios de fertilizar forrajes se puede observar un incremento en el contenido de nitrógeno (proteína), digestibilidad, altura de la planta, densidad, relación hoja-tallo y mayor producción de biomasa. Además, se obtiene un ligero incremento en el consumo de forraje y la producción de carne y leche, por lo que si se fertiliza y no se aumenta la carga animal para aprovechar la biomasa producida, los beneficios económicos de esta práctica en la producción de carne o leche son pocos (Cerdas, 2010).

Las reservas orgánicas son el mecanismo que poseen las plantas forrajeras para activar el rebrote, asegurar su persistencia y mantener su producción; las cuales están constituidas principalmente por carbohidratos y compuestos nitrogenados. Los órganos principales para almacenamiento de reservas orgánicas en gramíneas perennes son la base de los tallos, los estolones, rizomas y la corona (Smith, 1974; Deregibus et.al., 1982 citados por Rincón, Ligarreto y Garay, 2008).

Para mantener la productividad y persistencia de los pastizales de las fincas se debe fertilizar para satisfacer las necesidades nutricionales de las plantas y reponer y corregir deficiencias de nutrientes del suelo. Pero debido a los altos costos de los fertilizantes, esta práctica se ha dejado de realizar y solo se puede aplicaren las zonas de uso intensivo de la finca y en los forrajes de corte (Cerdas 2011).

Con el propósito de determinar las necesidades de nutrientes del pasto Maralfalfa, ya que este se encuentra sembrado en muchas fincas del Pacífico de Costa Rica, sin conocer bien las necesidades de fertilización y extracción de nutrientes, se realizó el presente estudio para evaluar la respuesta en productividad de este pasto, a dosis crecientes de nitrógeno en Guanacaste.

Materiales y métodos

Ubicación y caracterización del área experimental

Este experimento se sembró en la Finca de Santa Cruz de la Universidad de Costa Rica, la que se encuentra a una altitud de 54 msnm; posee una precipitación promedio de 1834 mm.año⁻¹, temperatura media anual de 27,9°C, con evaporación media diaria de 6,8 mm. y radiación solar global diaria de 18,7 MJ. Esta finca muestra valores de lluvia mínimos de diciembre a abril y dos períodos lluviosos: de mayo a junio y de agosto a noviembre. El suelo en la Finca Experimental de Santa Cruz, se clasifica como Vertic Rhodustalf, orden Alfisol, subgrupo Vertic de textura arcillosa (Chavarría, 1990) y la composición se presenta en el Cuadro 1, producto del muestreo que se realizó en abril de 2012, (CIA, 2012).

Cuadro 1. Condiciones edáficas del ensayo en Santa Cruz, Guanacaste 2012 (CIA, 2012)

<i>H₂O</i> %			<i>cmol(+).L⁻¹</i>				<i>mg.L⁻¹</i>					
<i>pH</i>	<i>MO</i>	<i>N</i>	<i>AcEx</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>K</i>	<i>P</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>S</i>
5,70	3,48	0,26	0,11	19,92	6,57	0,45	5	1,4	12	50	33	8

Establecimiento del pasto

El pasto Maralfalfa se sembró con semilla vegetativa utilizando 4000 kg.ha⁻¹ de tallos, distribuidos en forma continua dentro de surcos de 10 centímetros de profundidad. Se sembró a una distancia entre surcos de 80 cm.

El control de malezas poaceas se realizó en forma manual y con glifosato en la periferia y las divisiones internas del ensayo, y con 2,4 D + piclorán para malezas de hoja ancha. Se aplicó riego complementario en los períodos de baja precipitación.

El fertilizante se colocó en el fondo del surco y se cubrió con suelo antes de colocar los tallos o esquejes de tres nudos de longitud. Para el cálculo de fertilizante, se realizó un análisis del suelo (Cuadro 1). En el período de establecimiento se aplicaron 30 kg de nitrógeno y 97 kg de fósforo por hectárea a la siembra, en el fondo del surco. Además, se adicionaron 22 kg de potasio y 50 kg de N por hectárea en banda 15 días después de la siembra.

A los 30 días, luego de la siembra, se aplicó 1,0 litro por hectárea de fertilizante foliar completo (N: 110, P₂O₅: 80, K₂O: 60, S: 1500, B: 400, Co: 20, Zn: 800, Cu: 400, Mo: 50, Ca: 250, Mn: 400, Fe: 500 y Mg: 250 mg.L⁻¹) y 50 kg de N por hectárea al voleo. En la última fertilización de establecimiento se aportaron 50 kg de N al voleo, a los 60 días de la siembra.

Manejo del experimento

El experimento inició con el corte de uniformidad, a 15 cm de suelo, luego de 9 meses de la siembra del pasto, en la entrada de las primeras lluvias del año (abril). La fertilización se realizó a los 7 días del corte para los cuatro niveles de nitrógeno evaluados: 0, 30, 60 y 90 kg de nitrógeno por hectárea por corte de 49 días, durante los períodos lluviosos. Además del tratamiento con nitrógeno, se realizó una aplicación adicional de 201 kg de fósforo por hectárea por año, distribuidos en las tres aplicaciones (67 kg de P por corte), correspondientes a los tres cortes anuales, con el propósito de corregir las deficiencias del suelo y satisfacer las necesidades de nutrientes de los pasto evaluados. El nitrógeno se aplicó como nitrato de amonio, el fósforo como triple superfosfato y el potasio como cloruro de potasio.

Tratamientos evaluados, diseño y análisis

En este ensayo se evaluó la respuesta del pasto Maralfalfa a cuatro dosis de fertilizante nitrogenado: 0, 30, 60 y 90 kg de nitrógeno por hectárea por corte de 49 días de crecimiento. Se sembraron cuatro repeticiones por tratamiento, de 42 metros cuadrados, rodeada de callejones de 2,0 metros de ancho.

Las muestras de follaje se secaron en una estufa para forrajes a 60 °C durante 72 horas (Herrera, 2007).

El ensayo se planteó en el campo como un diseño de bloques al azar, para evaluar los cuatro niveles de fertilización nitrogenada.

Los datos de las variables evaluadas, a saber: producción de biomasa verde, producción de biomasa seca, contenido de materia seca, contenido de proteína cruda y producción por hectárea, contenido de energía metabolizable y producción por hectárea, extracción de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre por hectárea y el índice de verdor (SPAD), se analizaron mediante el correspondiente análisis de varianza

(InfoStat 2002) y el análisis se basó en la comparación de las medias de los tratamientos, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). También se realizaron, algunos análisis de regresión de las fuentes de variación significativas, para obtener ecuaciones de predicción del comportamiento del pasto Maralfalfa para las condiciones edafoclimáticas evaluadas.

Análisis de laboratorio y cálculos

Todos los parámetros de laboratorio se analizaron por las metodologías convencionales, (AOAC 1991), el contenido de materia seca (MS) se determinó en una estufa a 60°C durante 72 horas. Se realizó un análisis foliar completo de cada muestra en el Laboratorio de Suelos y Foliares de la Universidad de Costa Rica, para los macro y micro elementos. El nitrógeno resultante de este análisis se multiplicó por 6,25 para obtener el contenido de proteína cruda de la biomasa.

El contenido de nutrimentos digestibles totales (NDT) se calculó con las ecuaciones descritas por Weiss (1998), con el propósito de estimar el contenido de energía metabolizable (EM) del pasto Maralfalfa (NRC, 2001; Weiss, 1993; Weiss, 2010).

Para determinar el “grado de verdor o contenido de clorofila” (SPAD) del follaje, se plantaron parcelas adicionales las cuales se fertilizaron con fósforo, igual que las otras parcelas del ensayo, y se aplicaron 150 kg de N por ha por corte, dichas parcelas se usaron como control para calcular el “índice de suficiencia de nitrógeno”. Antes de cosechar las parcelas se les realizó una medición de clorofila con un equipo portátil Minolta SPAD 502, tomando el promedio de 30 lecturas de cada parcela de pasto (Peterson et.al., 1993).

El medidor de clorofila Minolta® SPAD 502 (Soil PLant Análisis Development) mide el índice de verdor, el cual está directamente relacionado con el contenido de clorofila en las hojas de la planta. Este equipo portátil permite evaluar indirectamente y en forma no destructiva el contenido de clorofila en la hoja por medio de la luz transmitida a través de la hoja en 650 nm y 940 nm. (Sainz y Echeverría, 1998; Caires *et al.*, 2005 citados por García y Daverede, 2008).

Resultados y discusión

Producción de biomasa verde

La producción de forraje verde mostró diferencias significativas, entre las dosis de nitrógeno (N) evaluadas ($p \leq 0,0001$). Todas las dosis de nitrógeno aplicadas al pasto Maralfalfa mostraron diferencias entre medias y fueron superiores en producción de biomasa verde en kilogramos por hectárea por corte, que cuando no se aplicó nitrógeno al pasto (Cuadro 2). Las dosis crecientes de nitrógeno causaron un incremento en la producción de biomasa verde de 238%, 468% y 618% con 30, 60 y 90 kilogramos de nitrógeno por hectárea, a los 49 días de crecimiento luego del corte de uniformidad.

Cuadro 2. Producción de biomasa verde del pasto Maralfalfa en Santa Cruz, Costa Rica, 2013

<i>Nitrógeno aplicado</i>	<i>Biomasa verde</i>
<i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>	<i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>
0	7675 d
30	25900 c
60	43567 b
90	55067 a

a,b,c,d muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher; corte: 49 días

Los datos del Cuadro 2, son similares a los reportados por Citalán et.al. (2012) de 30,7 y 37,9 toneladas de forraje verde de pasto Maralfalfa cortado a los 45 días de edad, y fertilizado con urea; estos autores recomiendan cosechar el Maralfalfa entre los 45 y 60 días de edad. Otros trabajos presentaron resultados acordes a la producción de biomasa obtenida en este ensayo: 43,75 toneladas de biomasa verde, a los 50 días, con la aplicación de 95,8 kgN.ha⁻¹ (Buelvas, 2009) y de 48 toneladas de biomasa verde a los 42 días (González et.al., 2011). También, se reporta en pasto Camerúm (*Pennisetum purpureum*) una producción de biomasa verde de 53,4 toneladas, cuando se aplicaron 300 kgN.ha⁻¹.año⁻¹ (100 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹) con cortes promedio de 60 días (Cerdas y Vallejos, 2010).

El pasto Elefante (*Pennisetum sp*), como pasto de corte, muestra un alto potencial para la producción de biomasa, sin embargo como cualquier otro pasto tropical, en condiciones de zonas áridas, reduce su valor nutritivo con la edad de madurez (González et. al., 2011).

Otro aspecto importante por considerar, cuando se fertilizan pastos, es el costo de la aplicación y el beneficio que produce. En las fincas de Guanacaste, se han dejado de fertilizar los potreros debido a los altos costos y solo se pueden aplicar fertilizantes a las áreas de uso intensivo y a los forrajes de cortes, para ofrecer forraje fresco, ensilado o henificado (Cerdas, 2011).

Producción de biomasa seca

Las dosis de nitrógeno evaluadas (N) presentan diferencias significativas (Cuadro 3) en la producción de forraje seco ($p \leq 0,0001$). Las dosis crecientes de nitrógeno causaron un incremento en la producción de biomasa seca de 195%, 458% y 591% con 30, 60 y 90 kilogramos de nitrógeno por hectárea, a los 49 días de crecimiento, comparado con no fertilizar.

La producción de biomasa seca es el producto de la biomasa verde por el contenido de materia seca, la cual no presentó cambios significativos cuando se fertilizó el pasto y los valores variaron entre 17% y 19% con las dosis de nitrógeno aplicado.

Cuadro 3. Producción de biomasa seca del pasto Maralfalfa en Santa Cruz, Costa Rica, 2013

Nitrógeno aplicado	Biomasa seca
<i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>	<i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>
0	1760 d
30	5193 c
60	9820 b
90	12157 a

a,b,c,d muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher; corte: 49 días

A pesar, de que la producción de biomasa seca (Cuadro 3), muestra una tendencia clara y significativa de incrementar conforme se aplica más nitrógeno al pasto, se tiene que tener cuidado en la cantidad nitrógeno recomendada, ya que, el incremento de biomasa entre las dosis de 60 y 90 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹ es de solo 24%, comparado con 89% de incremento entre 30 y 60 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹ y de 195% entre 0 y 30 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹. Es recomendable realizar un análisis beneficio-costos para tomar la decisión más acertada. Sin embargo, parece apropiado concluir que la mejor dosis de nitrógeno, para producir una adecuada cantidad de biomasa seca, se encuentra entre 60 y 90 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹, bajo las condiciones de este ensayo.

Varios autores han encontrado resultados similares con pasto Maralfalfa a los expuestos en esta investigación: Haubi, (2012) informa de producciones de biomasa seca de 8,2 toneladas y 85,7 toneladas de materia seca

con cortes a los 30 y 105 días respectivamente; Calzada-Marín et.al.(2014) encontraron un crecimiento diario de 247 kg de materia seca por hectárea, que corresponde a 12 toneladas en 49 días y Martínez et.al., (2010) reportaron producciones de materia seca entre 7,2 y 9,2 kgN.ha⁻¹ por corte de 60 días, igual que Cardenas et.al., (2012), quienes también a los 60 días obtuvieron producciones de 6,43 toneladas de materia seca. Otros resultados fueron superiores (Andrade, 2009; Ramos, 2013).

Antes de los 14 días de rebrote los pastos tropicales no han acumulado suficiente biomasa para su utilización en forma eficiente, y después de los 42 días de rebrote, los pastos aunque presentan alta disponibilidad de forraje, ya han madurado y presentan contenidos elevados de pared celular y una fuerte disminución de los valores de proteína, lo cual puede afectar el consumo por parte del animal (Beltrán et. al., 2005; Entrena, Chacón y González, 1998).

Se calcularon curvas de regresión cuadráticas para predecir la producción de biomasa verde y seca del pasto Maralfalfa con varias dosis de fertilizante nitrogenado (Figura 1).

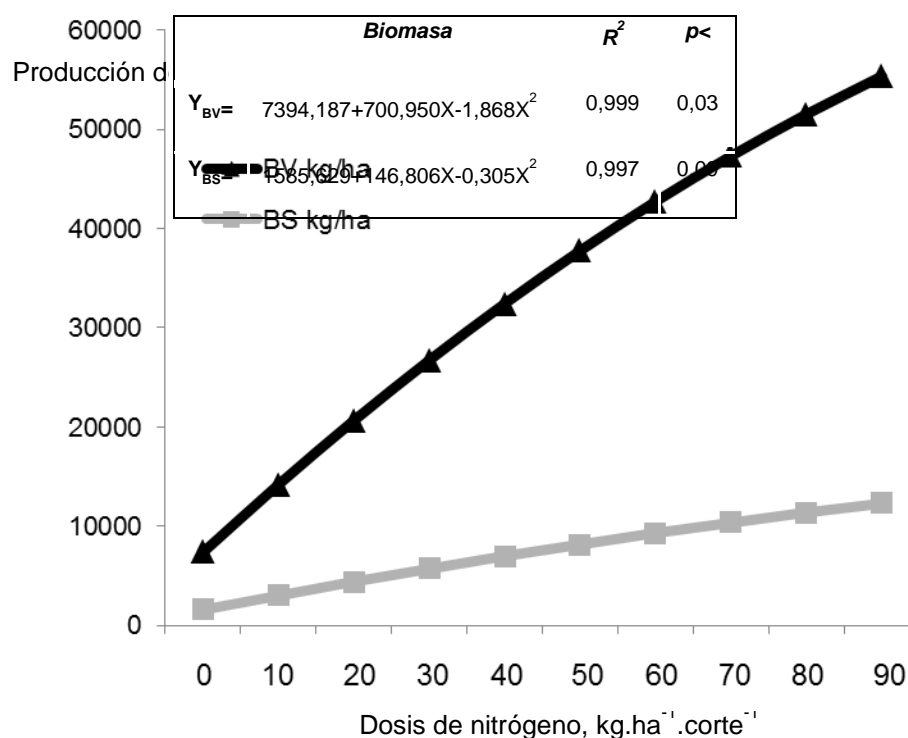


Figura 1. Producción de biomasa verde y seca del pasto Maralfalfa con varias dosis de fertilizante nitrogenado en Santa Cruz, Guanacaste 2012

Los pastos de origen tropical en los primeros estados de crecimiento presentan pared celular delgada, con poca fibra, permitiendo una fácil ruptura y tiempos cortos de digestión. Cuando incrementa la madurez, las estructuras vasculares de las hojas se hacen más gruesas, así mismo el tejido vascular y el esclerénquima tanto

de las hojas como los tallos se van lignificando, haciéndose físicamente más fuertes y difíciles de degradar, Silva y Carvalho (2005, citado por Clavero y Razz, 2009).

Contenido y producción de energía metabolizable

El contenido de energía metabolizable (EM) del pasto Maralfalfa, no fue afectado significativamente por las dosis crecientes de nitrógeno aportado al suelo, pero presentó valores entre 2,12 y 2,56 megacalorías por kilogramo de materia seca (Mcal.kgMS^{-1}) de pasto.

Los contenidos de energía metabolizable fueron similares a los reportados para el pasto Maralfalfa por varios investigadores: Sosa et.al., (2006) con $2,13 \text{ Mcal.kgMS}^{-1}$ y NRC (1989, citado por Sosa et.al., 2006) con $2,33 \text{ Mcal.kgMS}^{-1}$. Otros autores encontraron contenidos de energía metabolizable inferiores a los indicados en esta investigación (Sánchez y Soto, 1997; Sánchez y Soto, 1999) al evaluar pastos Pennisetum con edades entre 50 y 60 días, en la zona lluviosa de Costa Rica.

El sistema de energía neta de lactancia (NEL), como todos los sistemas actuales de energía, tiene dos graves problemas: en primer lugar, las vacas no tienen realmente un requerimiento de energía, tienen requisitos de ATP y de los sustratos que producen ATP, el segundo problema con el sistema NEL es que los alimentos no tienen NEL, las dietas totales si tienen contenido de NEL. Se le asignan a los alimentos concentraciones de NEL para utilizar la programación lineal en la formulación de dietas. Este enfoque supone que los nutrientes de los diferentes alimentos o materias primas son aditivos (Weiss, 2010).

La producción de energía metabolizable por hectárea (Mcal.ha^{-1}) varió significativamente ($p \leq 0,0001$) cuando se fertilizó con cantidades crecientes de nitrógeno (Cuadro 4).

Cuadro 4. Producción de energía metabolizable del pasto Maralfalfa en Santa Cruz, Costa Rica, 2013

Nitrógeno aplicado	Energía metabolizable
$\text{kg.ha}^{-1}.\text{corte}^{-1}$	$\text{Mcal.ha}^{-1}.\text{corte}^{-1}$
0	3847 c
30	10982 b
60	25142 a
90	26571 a

a,b,c muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher; corte: 49 días

Debido a que no se encontró diferencia en EM en Mcal.kgMS^{-1} , las diferencias observadas en el Cuadro 4, dependen del rendimiento de biomasa seca por hectárea por corte de 49 días, sin embargo, el mismo cuadro no presenta diferencias entre fertilizar con $60 \text{ kgN.ha}^{-1}.\text{corte}^{-1}$ o con $90 \text{ kgN.ha}^{-1}.\text{corte}^{-1}$. Desde el punto de vista económico, sería más rentable aplicar $60 \text{ kgN.ha}^{-1}.\text{corte}^{-1}$, basados solo en el análisis de este parámetro, que indica el potencial energético del pasto Maralfalfa como alimento para los sistemas de producción de carne y leche en la zona seca de Costa Rica.

Factores dependientes del alimento y del animal afectan la digestibilidad del alimento y, por tanto, su valor energético. Entre los primeros se tiene la composición del alimento consumido (contenido de material celulósico y graso, concentración mineral), el tratamiento al que ha sido sometido (secado, molienda) y el efecto asociativo entre los alimentos que componen la ración (Pond, Church y Pond, 2002, citados por Posada et.al., 2012).

Los factores animales incluyen el nivel de consumo, la capacidad de selección del animal en función de la oferta de alimento, la disponibilidad de agua, la tasa de pasaje del alimento, la eficiencia metabólica de los animales y las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa) en las que se encuentre el ganado (Lachmann y Febres, 2012, citados por Posada et.al., 2012).

Contenido y producción de proteína cruda

Las dosis de nitrógeno evaluadas (N) presentan diferencias significativas (Cuadro 5) en el contenido de proteína cruda (%PC) del pasto Maralfalfa ($p \leq 0,0001$) cuando se cortó a los 49 días. La proteína cruda se calcula multiplicando el contenido de nitrógeno por el factor 6,25 por lo que es lo mismo decir y esperar que el contenido de nitrógeno del pasto Maralfalfa incremente conforme se aportan dosis crecientes de nitrógeno al suelo.

Cuadro 5. Producción de contenido de proteína cruda del pasto Maralfalfa en Santa Cruz, Costa Rica, 2013

Nitrógeno aplicado	Proteína cruda
<i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>	%
0	8,89 d
30	10,41 c
60	13,58 b
90	16,25 a

a,b,c,d muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher; corte: 49 días

Citalán et.al., (2012), informaron sobre contenidos de proteína cruda en pasto Maralfalfa de 13,18% a los 30 días hasta 6,20% de PC a los 90 días, y de 11,99 a los 45 días por lo que recomiendan cosechar el pasto Maralfalfa entre los 45 y 60 días. Se reportaron resultados de contenido de proteína cruda en otros Pennisetum, similares a los expuestos en este trabajo (González et.al., 2011; Ramos, Canul y Duarte, 2013). Clavero y Razz, (2009), encontraron contenidos de proteína cruda en pasto Maralfalfa de 14,9%, 10,8% y 7,9% de PC a los 21, 42 y 63 días, cuando aplicaron 250 kilogramos por hectárea del fertilizante 12-24-12.

Cuando la planta envejece se incrementa la relación de vainas, incrementa el material muerto y las hojas sombreadas. Como el número de cloroplastos es mayor en la porción de las hojas expuestas a la luz, la concentración de N será elevada cuando la relación de láminas en la planta sea alta, es decir en las plantas jóvenes (Clavero y Razz, 2009). La fertilización nitrogenada produce gran cantidad de rebrotes y hojas jóvenes.

La producción de materia seca y el contenido de proteína son dos de las variables que mayormente han sido utilizadas en la evaluación de pastos, sin embargo, ambas variables se correlacionan negativamente. Lo anterior significa que si un pasto se selecciona por su producción forrajera, esto puede ir en detrimento de su valor en proteína y viceversa. De ahí la importancia de ofrecer alternativas que permitan evaluar simultáneamente la producción de materia seca y el contenido de proteína en pastos tropicales (Juárez-Hernández y Bolaños-Aguilar, 2007).

La producción de proteína por hectárea del pasto Maralfalfa ($\text{kgPC.ha}^{-1}.\text{corte}^{-1}$) a los 49 días de rebrote fue afectada significativamente ($p \leq 0,0001$) por la fertilización nitrogenada, como lo muestra el Cuadro 6.

Cuadro 6. Producción de proteína cruda del pasto Maralfalfa en Santa Cruz, Costa Rica, 2013

Nitrógeno aplicado	Proteína cruda
<i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>	<i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>
0	156 d
30	541 c
60	1334 b
90	1976 a

a,b,c,d muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher; corte: 49 días

La fertilización con nitrógeno produjo un fuerte incremento en la producción de proteína por hectárea, y el mejor incremento en proteína se obtuvo con 90 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹. Martínez et.al., (2010) indican producciones de proteína por hectárea entre 914 y 1180 kg, en pastos Pennisetum a los 60 días de edad y en pasto Maralfalfa se encontraron (Márquez, et.al., 2007) producciones de 1909 kgPC.ha⁻¹ al fertilizar con estiércol equivalente a 91 kg de nitrógeno por año y de 2837 kgPC.ha⁻¹ con urea equivalente a 343 kg de nitrógeno por año.

Cuando se aplican fertilizantes nitrogenados en exceso, es decir, por encima de las necesidades nutricionales del cultivo, puede tenerse consumo de lujo y pérdida de nutrientes. Esto último reviste de importancia, porque dentro de un contexto de sustentabilidad se deben evitar los efectos secundarios al realizar labores culturales que representen un riesgo ambiental, tales como la aplicación excesiva de fertilizantes (Lampkin, 1998; Enríquez et.al., 1999; Benzing, 2001; Pérez y Pacheco, 2004, citados por Juárez y Bolaños, 2007).

Se calcularon curvas de regresión cuadráticas para predecir la producción de energía metabolizable en Mcal.ha⁻¹ y proteína cruda en kgPC.ha⁻¹ del pasto Maralfalfa con varias dosis de fertilizante nitrogenado a los 49 días de edad (Figura 2).

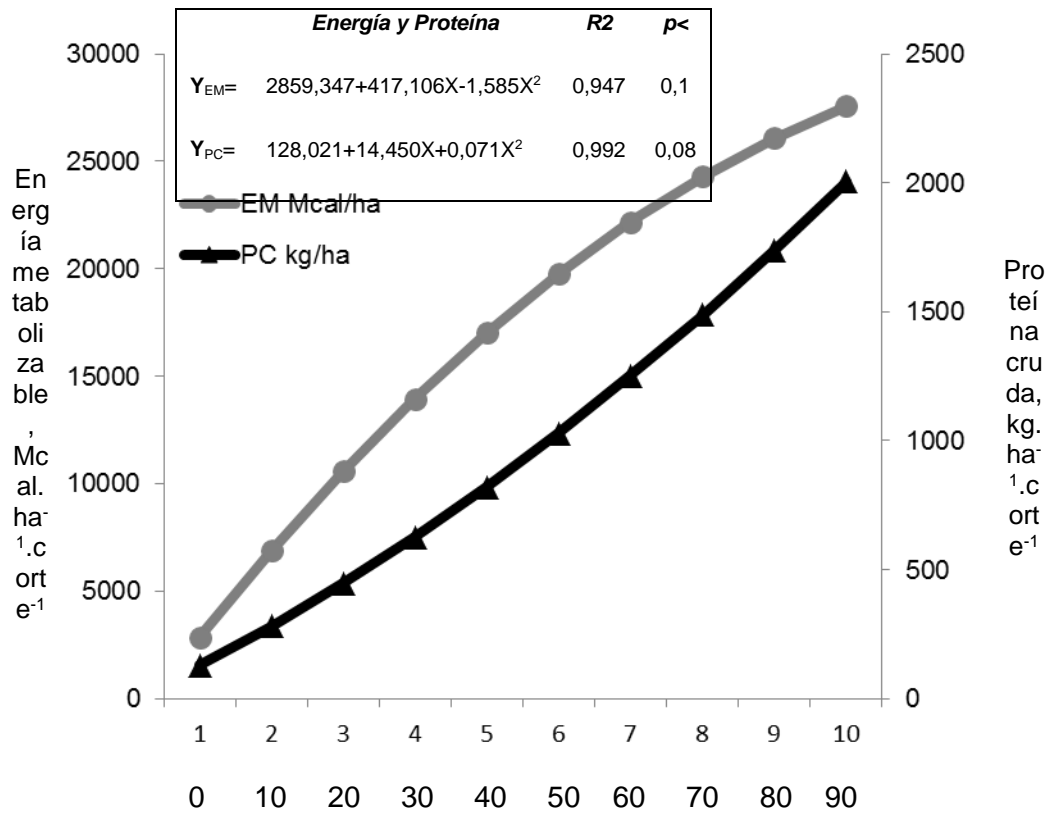


Figura 2. Producción de energía metabolizable y proteína cruda del pasto Mraalfalfa con varias dosis de fertilizante nitrogenado en Santa Cruz, Guanacaste 2012

Contenido de clorofila (índice de verdor)

El índice de verdor o contenido de clorofila incrementó significativamente ($p \leq 0,0001$) de acuerdo a las dosis de nitrógeno aportado (Cuadro 7).

Cuadro 7. Índice de verdor del pasto Maralfalfa en Santa Cruz, Costa Rica, 2013

Nitrógeno aplicado	SPAD
<i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>	<i>unidades</i>
0	27,9 d
30	33,1 c
60	37,1 b
90	40,4 a

a,b,c,d muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher; corte: 49 días

González-Torres et.al., (2009), indican valores de SPAD para maíz forrajero de 53 días de edad y fertilizado, de 27,95, 28,43, 30,50, 34,05 y 31,15 unidades de SPAD, con el uso de 0, 57, 163, 270 y 377 kgN.ha⁻¹. En trabajos con pastos *Brachiaria* asociados con maíz y cortes de 60 días, se encontraron valores de SPAD de 51,6 en *Decumbens*, 50,1 en *Mulato* y de 51,2 unidades de SPAD en pasto Toledo (Rincón y Ligarreto, 2010). Los mismos autores reportan valores de 49,4 y 52,5 unidades de SPAD para los mismos pastos cuando se aplicaron 100 y 200 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹ y que se observó una alta correlación entre el contenido de nitrógeno foliar y las lecturas de SPAD para los pastos. García y Deverede (2008), muestran valores de 40 a 45 unidades de SPAD cuando evaluaron en trigo dosis de nitrógeno de 0, 30, 60, 90, 120 y 180 kgN.ha⁻¹.

Esta respuesta a la fertilización de los valores de clorofila, son el resultado de la relación directa entre el contenido de proteína (%N x 6,25) del Maralfalfa y las lecturas del SPAD.

La clorofila en la hoja está estrechamente relacionada con la concentración de N y por lo tanto, refleja el estado nutricional con respecto a este importante nutriente. El N es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de esta molécula, está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. Cantidades adecuadas de N en la planta, producen hojas de color verde oscuro debido a que estas tienen alta concentración de clorofila. El pigmento verde de la clorofila absorbe la energía de la luz necesaria para iniciar la fotosíntesis (Rincón y Ligarreto, 2010).

Se calculó una ecuación para la predicción del contenido de proteína del pasto Maralfalfa basada en las lecturas del SPAD para las condiciones de este ensayo (Figura 2).

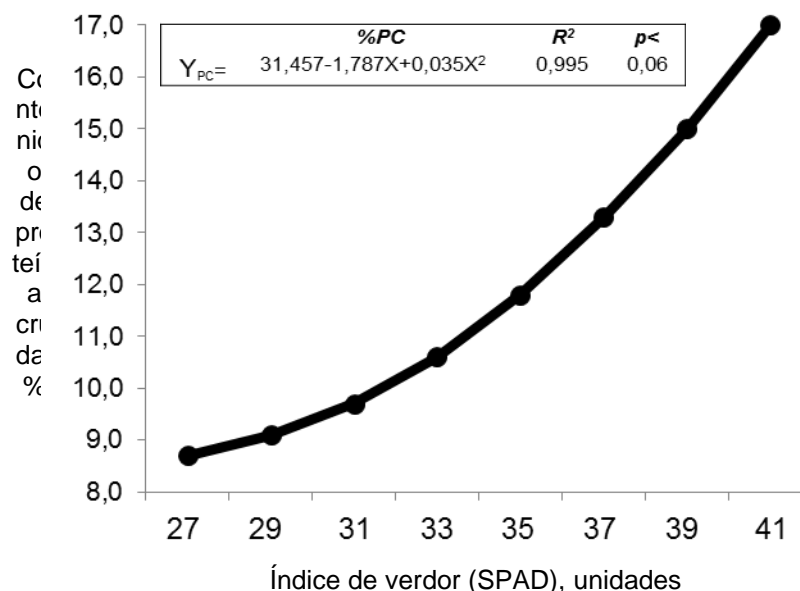


Figura 2. Contenido de proteína cruda del pasto Maralfalfa con varios índices de verdor (SPAD) en Santa Cruz, Guanacaste 2012

Uno de los principales objetivos de este ensayo fue medir el nivel de clorofila en forma indirecta mediante el SPAD, utilizando las parcelas de control con una cantidad de nitrógeno superior a la mayor aplicada en los tratamientos (en este caso $150 \text{ kgN.ha}^{-1}.\text{corte}^{-1}$). Con lo anterior se calcula el índice de suficiencia de nitrógeno (ISN) para decidir si al pasto le falta o le sobra nitrógeno, con el propósito de disminuir la contaminación ambiental y los costos. Sin embargo, la medición de clorofila por el índice de verdor es afectado por la especie y variedad del pasto, estado de crecimiento, temperatura, humedad, radiación, suelo, deficiencias nutricionales, enfermedades y otros, por lo que la ecuación se debe probar y ajustar en otras localidades. El autor ha tenido dificultad para utilizar el clorofilómetro en pastos más pequeños, de hojas angostas y en el pasto Camerún (*Pennisetum*) por el color morado oscuro.

En este ensayo se adaptó la metodología desarrollada para maíz (Peterson et.al., 1993), al pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) que presenta hojas grandes y anchas como el maíz.

El índice de suficiencia de nitrógeno (ISN) para este pasto fue el siguiente: 66,91%, 79,38%, 88,91% y 96,88% de ISN para la fertilización con 0, 30, 60 y 90 $\text{kgN.ha}^{-1}.\text{corte}^{-1}$. Con los datos anteriores se calculó una regresión cuadrática para predecir la máxima cantidad de nitrógeno (mayor a 95% de ISN) a aplicar al pasto Maralfalfa, suficiente para un adecuado crecimiento y uso óptimo del nitrógeno y se indica a continuación:

$$Y_{ISN} = 21,361 - 2,613X + 0,034X^2 \quad r^2: 1,0 \quad sig: 0,001$$

Al sustituir en la ecuación por un valor ligeramente superior a 95% de “índice de suficiencia de nitrógeno” (95,001%ISN) se obtiene la cantidad de 80 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹ (79,980 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹) cantidad necesaria de nitrógeno a aplicar por cada corte de 49 días, cerca de 240 kg de nitrógeno por hectárea por año.

Extracción de minerales por el pasto

Los contenidos de macro y microminerales del pasto Maralfalfa no variaron significativamente con la fertilización con nitrógeno (anexo Cuadro A1) y las tendencias de estos datos no son claras, con excepción del nitrógeno foliar que incrementó conforme se aplicó más nitrógeno al suelo y el fósforo que presenta un contenido mayor de este elemento cuando no se fertilizó. Todos los minerales se presentaron en cantidades adecuadas para la producción animal (Botero, 1999), sin embargo los valores de potasio superaron los niveles tóxicos de más de 3,0% de la materia seca. Por lo anterior no se debe ofrecer a los animales como alimento único, se debe mezclar con otros forrajes.

Correa (2006), encontró en Maralfalfa contenidos de Ca, P, Mg, y K de 0,37%, 0,50%, 0,37% y 6,28% respectivamente, con el corte a los 56 días, con valores de potasio aún más altos que los encontrados en este trabajo. Andino y Pérez (2012), al evaluar pasto Pennisetum, reportaron valores de 1,0%, 0,6%, 1,6%, 0,2% y 0,15% de N, P, K, Ca, y Mg.

La extracción o cantidad de macroelementos por hectárea del pasto Maralfalfa aumentó ($p \leq 0,0001$) cuando se aplicaron dosis crecientes de nitrógeno (0, 30, 60 y 90 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹) como se observa en el Cuadro 8 y 9.

Cuadro 8. Extracción de nitrógeno, fósforo y potasio del pasto Maralfalfa en Santa Cruz, Costa Rica, 2013

Nitrógeno aplicado	N		P		K
kg.ha ⁻¹ .corte ⁻¹			kg.ha ⁻¹ .corte ⁻¹		
0	25	d	6	d	75 c
30	87	c	14	c	209 b
60	214	b	29	b	458 a
90	316	a	36	a	515 a

a,b,c,d muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher; corte: 49 días

Cuadro 9. Extracción de calcio, magnesio y azufre del pasto Maralfalfa en Santa Cruz, Costa Rica, 2013

Nitrógeno aplicado	Ca	Mg	S
<i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>		<i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>	
0	7 c	3 d	2 d
30	17 b	6 c	5 c
60	36 a	14 b	14 b
90	42 a	18 a	20 a

a,b,c,d muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher; corte: 49 días

Aunque la extracción de macrominerales incrementó con las dosis de nitrógeno el magnesio y el potasio no presentaron diferencia entre aplicar 60 o 90 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹.

Se puede observar (Cuadro 8), que la mayor extracción de N, P y K del pasto Maralfalfa a los 49 días de edad fue de 316 kg, 36 kg y entre 458 y 515 kg del mineral por hectárea.

Las altas concentraciones de potasio tienen repercusiones negativas sobre otros minerales, particularmente Ca y Mg. Es así como se ha señalado que cuando la relación K/(Ca + Mg) es superior a 2,2 (sobre una base iónica equivalente), la posibilidad de presencia de hipocalcemia en el ganado se incrementa (Dugmore, 1998 citado por Correa, 2006). En este trabajo dicha relación fue de 8,69 con la aplicación de 90 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹ a los 49 días. El potasio muestra ser el mineral con mayor capacidad de liberación en el rumen en Maralfalfa debido a que este mineral, a diferencia del Ca, se encuentra en el citosol de las células vegetales (Correa, 2006).

Discusión general

Todos los parámetros evaluados del comportamiento del pasto Maralfalfa indican que responde en forma exitosa a la fertilización con altas dosis de nitrógeno, en este caso sería adecuado recomendar la dosis más alta utilizada de 90 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹. Sin embargo, el excelente desempeño de la metodología del índice de suficiencia de nitrógeno (mediciones de SPAD), que permiten “afinar” las dosis de nitrógeno aplicado para reducir los costos de la fertilización y disminuir la contaminación del ambiente, podría indicar que la cantidad de nitrógeno más eficiente debería ser de 80 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹. Utilizando las ecuaciones desarrolladas, con esta

cantidad de fertilizante nitrógeno se producirían 26084 Mcal de energía metabolizable y 1734 kg de proteína cruda por hectárea, y el pasto tendría un contenido de proteína esperado de 15,2%, suficiente para ser utilizados en cualquier sistema de producción animal en el trópico seco.

Una gran preocupación, en la utilización de este pasto, es el contenido de potasio, superior a los niveles tóxicos permitidos (presente en todos los Pennisetum), por lo que se debe ofrecer como parte de una dieta mezclada y nunca como alimento único.

Conclusiones

Se recomienda utilizar fertilizante nitrogenado a razón de 80 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹ de 49 días, en el pasto Maralfalfa, en condiciones similares a las de este ensayo.

Referencias bibliográficas

Andino N.J., Pérez J.S. (2012) Producción de biomasa y concentración de nutrientes en el pasto cubano (*Pennisetum purpureum* x *P. tiphoides*) cv CT-115. Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas, Nicaragua. Tesis para el título de Ing. en Zootecnia. Facultad de Ciencia Animal, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. 62p.

AOAC (1995) Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. Arlington, UA. 684p.

Beltrán, S. et.al. (2005) Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un invernadero. Agrociencia 39(2):137-147.

Andrade D.C. (2009) Evaluación de dos sistemas y tres distancias de siembra del pasto Maralfalfa (*Pennisetum purpureum*) en la localidad de Changuayacú, Chimborazo. Tesis para el grado de Ingeniero Agrónomo. Riobamba, Ecuador. 103p.

Bernal J., Espinosa J. (2003) Manual de nutrición y fertilización de pastos. Potash and Phosphate Institute of Canada. 94p. Botero R. (1999) Fertilización racional y renovación de pasturas mejoradas en suelos ácidos tropicales. EARTH, Costa Rica. 21p.

Buelvas M.A. (2009) Evaluación de tres tipos de fertilizantes sobre la producción de biomasa y calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) cosechado a cuatro estadios de crecimiento diferentes. Tesis para optar por el título de zootecnista. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Zootecnia, Bogota. 124p

Calzada-Marín J.M. (2014) Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en clima cálido subhúmedo. Rev. Mex. Cienc. Pecu., 5(2):247-260.

Cárdenas L.R. (2012) Producción y calidad del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) durante la época seca. Quehacer Científico en Chiapas. 1(13):38-46.

Cerdas R. (2011) Programa de fertilización de forrajes; desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. InterSedes. 12 (24):109-128.

Cerdas R. y Vallejos E. (2010) Productividad del pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en la zona seca de Costa Rica. InterSedes. 11 (22):180-195.

Chavarría F. (1990) Gramíneas de pastoreo bajo fertilización nitrogenada y riego durante la época seca de Guanacaste. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 83p.

CIA (2012) Reporte de análisis de suelo de la Finca Experimental de Santa Cruz, Guanacaste. Laboratorio de Suelos, Universidad de Costa Rica, 1p.

Citalán L. (2012) Evaluación nutricional de maralfalfa (*Pennisetum spp*) en las diferentes etapas de crecimiento en el rancho San Daniel, municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas. Quehacer Científico en Chiapas. 1(13):19-23.

- Clavero T., Razz R. (2009) Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*P. purpureum x P. glaucum*) en condiciones de defoliación. Rev.Fac.Agron. (LUZ) 23:78-87.
- Correa H.J. (2006) Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp) cosechado a dos edades de rebrote. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 13p.
- Entrena, I., E. Chacón y V. González. (1998). Influencia de la carga animal y la fertilización con azufre sobre las tasas de crecimiento, biomasa y producción aérea neta de una asociación de *Brachiaria mutica* -*Teramnus uncinatus*. Zoot. Trop. 16(2):183-206.
- García F.O., Daverede I.C. (2008) Diagnóstico para recomendación de fertilización nitrogenada en cultivos de interés agronómico. XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, Quito, Ecuador. 28p
- González I. (2011) Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto Elefante (*Pennisetum* sp.) en el Noroccidente de Venezuela. Zootecnia Trop., 29(1): 103-112
- González-Torres A. et.al. (2009) Calibración del spad-502 para evaluar requerimientos de nitrógeno en maíz forrajero. Terra Latinoamericana, 27(4):303-309.
- Haubi C.U. (2012) Evaluación de la producción y digestibilidad del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.). Abstract: X11 Seminario de Investigación. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México 1p.
- Herrera R.S. (2007) Toma y procesamiento de la muestra de pasto, su influencia en indicadores morfológicos y composición química. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas 41(3):209-213.
- InfoStat (2002) Software estadístico. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. CD.
- Juárez-Hernández J., Bolaños-Aguilar E.D. (2007) Curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales. Universidad y Ciencia, 23(1):81-90.
- Márquez F., Sánchez J., Urbano D., Dávila C. (2007) Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*P. purpureum*). 1. Rendimiento y contenido de proteína. Zootenia Trop., 25(4):253-259.
- Martínez R.O. (2010) Modelos de acumulación de biomasa y calidad en las variedades de hierba elefante, Cuba CT-169, OM - 22 y king grass durante la estación lluviosa en el occidente de Cuba. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas 44(2):189-193.
- NRC (2001) "Nutrient requirements of dairy cattle". Seventh revised edition, National Academy Press, Washington, D.C. 381p.
- Peterson T.A. et.al. (1993) Using a chlorophyll meter to improve N management. Netguide, Cooperative Extension, University of Nebraska-Lincoln. G93-1171-A. 4p.
- Posada S. et.al. (2012) Comparación de métodos para la determinación del valor energético de alimentos para rumiantes. Rev. MVZ Córdoba, 17(3):3184-3192.
- Ramos O., Canul J.R. y Duarte F.J. (2013) Producción de tres variedades de *Pennisetum purpureum* fertilizadas con dos diferentes fuentes nitrogenadas en Yucatán, México. Revista Bio Ciencias 2(2):60-68.

- Rincón A., Lagarreto G.A. (2010) Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano. Revista Corpoica- Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 11(2):122-128.
- Rincón A., Ligarreto G., Garay E. (2008) Producción de forraje en los pastos *B. decumbens* cv. Amarga y *B. Brizantha* cv. Toledo, sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones de piemonte llanero colombiano. Rev.Fac.Nal.Agr. Medellín 61(1):4336-4346.
- Sánchez J.M., Soto H. (1997) Contenido estimado de energía para la producción de leche de los forrajes del distrito de Florencia, cantón de San Carlos, Costa Rica. Agronomía Costarricense, 21(2):273-278.
- Sánchez J.M., Soto H. (1999) Niveles de energía estimada en los forrajes de un distrito de mediana producción lechera, Fortuna de San Carlos, en la zona norte de Costa Rica. Agronomía Costarricense, 23(2):179-185.
- Sosa D. et.al. (2006) Digestibilidad de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en cabras. Bol. Téc., Ser. Zool. 6(2):68-76.
- STDF (2013) Pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.).Sistema de toma de decisión para la selección de especies forrajeras. 1p.
- Urbano D., Dávila C., Castro F. (2008) Producción de pastos y forrajes, base de la alimentación sustentable para bovinos. In. Memorias XIV Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Maracaibo, Venezuela. p 99-120.
- Weiss W.P. (1993) Predicting energy values of feeds. Journal of Dairy Sci. 76(6):1802-1881
- Weiss W.P. (1998) Estimating the available energy and content of feeds for dairy cattle. Journal of Dairy Sci. 81(3):830-839.
- Weiss W.P. (2010) Refining the net energy system. WCDS Advances in Dairy Technology. 22:191-202.