

**RESPUESTA DEL PASTO RATANA (*Ischaemum indicum*) A LA
FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y EDAD DE REBROTE**

EDIN VILLALOBOS MORA

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2010

**RESPUESTA DEL PASTO RATANA (*Ischaemum indicum*) A LA
FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y EDAD DE REBROTE**

EDIN VILLALOBOS MORA

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para obtener el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2010

RESPUESTA DEL PASTO RATANA (*Ischaemum indicum*) A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y EDAD DE REBROTE

EDIN VILLALOBOS MORA

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Milton Villarreal Castro, Ph.D.

Asesor

Ing. Agr. Ernesto Ducca Durán

Jurado

Ministerio de Agricultura y Ganadería

Ing. Agr. Parménides Furcal Berigüete, M.Sc.

Jurado

Ing. Agr. Alberto Camero Rey, M.Sc.

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

Coordinador

Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M.Sc.

Director

Escuela de Agronomía

2010

Dedicatoria

*Le dedico este trabajo a mi madre, por
su apoyo constante durante toda mi vida.*

Agradecimientos

Extiendo mis agradecimientos a mi profesor asesor Ing. Agr. Milton Villarreal por su guía, recomendaciones y apoyo, al Ing. Agr. Ernesto Ducca e Ing. Agr. Olger Alfaro por su apoyo en la fase de campo y al señor Ronald Villegas por facilitar su finca para esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

Lista de Cuadros	iii
Lista de Figuras.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
1 Introducción	1
1.1 Justificación del trabajo.....	1
1.2 Objetivo general.....	2
1.3 Objetivos específicos	3
1.4 Hipótesis	3
2 Revisión de literatura.....	4
3 Materiales y métodos.....	9
3.1 Localización, clima y suelo.....	9
3.2 Período experimental.....	11
3.3 Tratamientos	11
3.4 Toma de muestras	13
3.5 Variables de respuesta	14
3.5.1 Producción de forraje anual (kgMS/año)	14
3.5.2 Producción de forraje promedio por corte (kgMS).....	15
3.5.3 Tasa de crecimiento diario (Tc)	15
3.5.4 Contenido de Materia Seca (%MS)	15
3.5.5 Eficiencia de utilización de N (KMSKN).....	17
3.5.6 Fibra detergente neutro (FDN)	17
3.5.7 Fibra detergente ácido (FDA)	17
3.6 Análisis estadísticos.....	17

4	Resultados y discusión	20
4.1	Producción de forraje anual (kgMS/año).....	20
4.2	Producción de forraje promedio por corte (kgMS)	20
4.3	Tasa de crecimiento diario (Tc).....	23
4.4	Contenido de materia seca (%MS)	25
4.5	Eficiencia de utilización de N (KMSKN)	27
4.6	Fibra detergente neutro (FDN).....	28
4.7	Fibra detergente ácido (FDA).....	31
5	Conclusiones	32
6	Recomendaciones	33
7	Bibliografía	34
8	Anexos	38

LISTA DE CUADROS

Número	Título	Página
1	Análisis químico de suelos de los sitios experimentales.	10
2	Componentes de los tratamientos.	11
3	Estimados de producción de forraje anual según nivel de fertilización nitrogenada	20
4	Estimados de producción de forraje por corte debido a la edad de rebrote.	22
5	Estimados de producción de forraje por corte debido al nivel de fertilización nitrogenada.	22
6	Estimados de producción de forraje por corte y por época debido a la época y a la edad de rebrote.	23
7	Tasas de crecimiento diario estimadas de acuerdo al nivel de fertilización nitrogenada.	24
8	Tasas de crecimiento diario estimadas de acuerdo a la época y a la edad de rebrote.	25
9	Contenido (%) de materia seca según edad de rebrote.	27
10	Contenido (%) de materia seca según nivel de fertilización nitrogenada.	27

11	Contenido (%) de materia seca según época.	27
12	Estimados de eficiencia de utilización de N debido al nivel de fertilización nitrogenada.	28
13	Contenido de FDN según edad de rebrote.	29
14	Contenido de FDN según fertilización nitrogenada.	30
15	Contenidos de FDN según época.	30
16	Contenido de FDN según época y edad de rebrote.	31
17	Contenidos de FDA según época.	31

LISTA DE FIGURAS

Número	Título	Página
1	Precipitación media mensual en el período experimental.	10
2	Distribución de tratamientos en el Sitio Monterrey.	12
3	Distribución de tratamientos en el Sitio La Balsa.	13

RESUMEN

Cuatro niveles de fertilización de N: 0, 150, 300 y 450 kgN/ha/año se aplicaron a parcelas (6m²) de Ratana (*Ischaemum indicum*) y cortadas a tres distintas edades de rebrote (4, 6 y 8 semanas) durante las épocas de máxima y mínima precipitación, para determinar producción de forraje (kgMS/ha/año, kgMS/ha/corte y tasa diaria de crecimiento, Tc), contenido de materia seca (MS), eficiencia de utilización de N (KMSKN), y contenidos de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). Se establecieron experimentos independientes (diseños de bloques completos aleatorios) en dos diferentes sitios. La fertilización incrementó kgMS/ha/año de 13024 (0 kgN/ha/año) a 19065 kgMS/ha/año (450 kgN/ha/año), la producción promedio de la edad de rebrote (kgMS/ha/corte) de 1490 (0 kgN/ha/año) hasta 2107 kgMS/ha/corte (450 kgN/ha/año) y la Tc de 35.41 (0 kgN/ha/año) a 51.30 kg MS/ha/día (450 kgN/ha/año). Además, la fertilización nitrogenada disminuyó el contenido de MS de 19.6 (0 kgN/ha/año) a 17.6 % (450 kgN/ha/año), la KMSKN de 27.3 (150 kgN/ha/año) a 12.3 kg MS / kg N (450 kgN/ha/año) y la FDN de 54.52 (0 kgN/ha/año) a 53.65% base MS (450 kgN/ha/año). En general, la producción de MS tendió a ser diferente ($P < 0.05$) entre tratamientos fertilizados (150, 300 y 450 kg N/ha/año) y no fertilizados (0 kg N/ha/año). KMSKN fue diferente ($P < 0.05$) entre 150 kg N/ha/año y los mayores niveles de fertilización N (300 y 450 kg N/ha/año). Las variaciones debido a la fertilización N en otras variables no fueron importantes. La edad de rebrote incrementó kgMS/ha/corte de 1355 (4 semanas) a 2449 kgMS/ha/corte (8 semanas), y disminuyó MS de 19.0 (4 semanas) a 17.4 (8 semanas). Hubo una interacción edad de rebrote * época que sugiere una respuesta de baja producción de forraje durante la época de mínima precipitación conforme la edad de rebrote aumentó a 8 semanas. La época afectó MS, con los valores más altos durante la época de mínima precipitación (21.4%) comparado a la de máxima (15.4%).

Palabras clave: Ratana, *Ischaemum indicum*, fertilización nitrogenada, edad de rebrote, producción anual, producción por corte, tasa de crecimiento, contenido de materia seca, eficiencia de utilización de nitrógeno, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido.

ABSTRACT

Four N-fertilization rates 0, 150, 300, and 450 kgN/ha/year were applied on Ratana (*Ischaemum indicum*) plots (6 m²) and harvested at three different regrowth ages (4, 6, and 8 weeks) during high and low rainy season, to determine forage yield (kgDM/ha/year, kgDM/ha/cutting, and daily growth rate, Gr), dry matter content (DM), N utilization efficiency (KDMKN), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) contents. Independent experiments (randomized complete block designs) were set up in two different locations. Fertilization increased kgDM/ha/year from 13,024 (0 kgN/ha/year) to 19,065 kgDM/ha/year (450 kgN/ha/year), average regrowth age yield (kgDM/ha) from 1,490 (0 kgN/ha) to 2107 kgDM/ha (450 kgN/ha), and the Gr from 35.41 (0 kgN/ha/year) to 51.30 kgDM/ha/day (450 kgN/ha/year). In addition, nitrogen fertilization decreased the DM content from 19.6 (0 kgN/ha/year) to 17.6% (450 kgN/ha/year), KDMKN from 27.3 (150 kgN/ha/year) to 12.3 kg DM / kg N (450 kgN/ha/year), and NDF from 54.52 (0 kgN/ha/year) to 53.65% (DM basis) (450 kgN/ha/year). In general, DM yield tended to be different ($P<0.05$) between fertilized (150, 300, and 450 kg N/ha/year) and non-fertilized (control or 0-N) treatments. KDMKN was different ($P<0.05$) between 150 kgN/ha/year and the highest N fertilization rates (300 and 450 kg N/ha/year). Variation in other variables due to N fertilization occurred to less extent. Regrowth age increased kgDM/ha/cutting from 1,355 (4 weeks) to 2,449 kgDM/ha/cutting (8 weeks), and decreased DM content from 19.0 (4 weeks) to 17.4% (8 weeks). There was an interaction regrowth age x season that suggested a limited forage production response during low rainy season as regrowth age increased to 8 weeks. The season affected DM, with the highest values during the low rainy season (21.4%) compared to the high rainy season (15.4%).

Keywords: Ratana, *Ischaemum indicum*, nitrogen fertilization, age of regrowth, annual production, production per period, growth rate, dry matter content, nitrogen utilization efficiency, neutral detergent fiber, acid detergent fiber.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación del trabajo

El pasto Ratana (*Ischaemum indicum*) es uno de los forrajes de mayor distribución en Costa Rica. Entre 1982 y 1988 el pasto Ratana incrementó su área más del triple, pasando de un 4.3% a un 15.4% del área de pastos a nivel nacional (SEPSA 1990) (Solera y Weiss 1983).

Algunas de las características que le permiten al pasto Ratana dominar sobre otras especies forrajeras son el producir mucha semilla viable, poseer estolones de muchos nudos con raíces adventicias que les permiten cubrir y por lo tanto competir por luz con otras especies de porte bajo. Además se afirma que el pasto Ratana se adapta bien a suelos con alta humedad, con problemas de toxicidad de aluminio o manganeso y con bajos niveles de fósforo (Arosemena citado por Arosemena y Pezo, 1992). Otro de los aspectos que influyen en su éxito es su alelopatía, del cual se cree es un factor importante, aunque no el principal, según concluyeron Arosemena y Pezo (1992).

La producción de forraje del Ratana es menor comparada con otros pastos, En Sarapiquí, comparado con la estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), se presentaron productividades inferiores entre el 20 y el 41.5%, mientras que con *Brachiaria decumbens* fue de 18.6 a 31.6% inferior, esto en cortes cada 28 días (Villarreal 1992a). En San Carlos, en la época de mínima precipitación, Ratana presentó una productividad aún menor con respecto a estrella africana y *Brachiaria decumbens* de 48.8% y 69.7%, respectivamente (Villarreal 1992b).

En la literatura, el pasto Ratana se ha tratado como una pastura indeseable, por lo cual las primeras investigaciones relacionadas con esta pastura tratan de la búsqueda de metodologías de sustitución por otras especies de mayor contenido nutricional y producción de biomasa; estas investigaciones han tenido resultados poco alentadores. En Costa Rica, Villarreal y Bustamante (1996), son los únicos que han documentado un trabajo sobre fertilización nitrogenada del pasto Ratana,

concluyendo que el rendimiento de Ratana, independientemente del tratamiento, fue moderadamente aceptable lo cual fue atribuido a la buena fertilidad del suelo y alto contenido de humedad la mayor parte del año en el sitio de estudio particular. En ese estudio, la fertilización nitrogenada no ofreció una alternativa viable para el aumento de la producción y consecuente aumento en la carga animal.

La falta de información sobre distintas frecuencias de corte y su interacción con fertilización nitrogenada en distintos suelos de la región Huetar Norte hizo necesario desarrollar esta investigación. Esta tesis se inscribió dentro de un proyecto de investigación conjunta del pasto Ratana entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) y la Corporación Ganadera (CORFOGA) para evaluar la respuesta del pasto Ratana a tres niveles de fertilización nitrogenada, y tres frecuencias de corte en cuatro diferentes sitios en la Región Huetar Norte. El presente estudio hace referencia a las investigaciones hechas en dos de los cuatro sitios. Se planteó también la realización de análisis posteriores de contenido nutricional en algunas de las fechas representativas de muestreo, por lo que se prepararon muestras de Ratana para dichos análisis. Por último, es de resaltar que esta investigación abarcó un año empezando en la época de máxima precipitación y continuó en la época de mínima precipitación, donde se han encontrado diferencias importantes tanto en la producción como en la digestibilidad del pasto Ratana en trabajos previos.

1.2 Objetivo general

- Determinar la respuesta a la fertilización nitrogenada y a la edad de rebrote del pasto Ratana en dos sitios de la Región Huetar Norte durante las épocas de máxima y mínima precipitación para contribuir a definir estrategias de manejo.

1.3 Objetivos específicos

- Medir el efecto de distintos niveles de fertilización nitrogenada en la producción de forraje de Ratana.
- Medir el efecto de la edad de rebrote en la producción de forraje de Ratana.
- Comparar la producción de forraje en cada uno de los tratamientos en las épocas de máxima y mínima precipitación.
- Determinar el valor nutritivo de Ratana en función de distintos niveles de fertilización nitrogenada.
- Determinar el valor nutritivo de Ratana en función de la edad de rebrote.
- Determinar posibles interacciones entre fertilización nitrogenada y edad de rebrote en términos de producción y valor nutritivo del forraje.
- Determinar la eficiencia de utilización de nitrógeno en función de distintos niveles de fertilización nitrogenada.

1.4 Hipótesis

Primera hipótesis: La producción de biomasa de Ratana aumenta de manera significativa conforme aumenta el nivel de fertilización nitrogenada.

Segunda hipótesis: La producción de biomasa de Ratana aumenta de manera significativa conforme aumenta su edad de rebrote.

Tercera hipótesis: La calidad nutricional del pasto Ratana disminuye conforme aumenta su edad de rebrote.

Cuarta hipótesis: La producción de biomasa de Ratana y su calidad nutricional disminuyen en la época de mínima precipitación con respecto a la época de máxima precipitación.

Quinta hipótesis: La eficiencia de la utilización de nitrógeno aumenta de manera significativa conforme aumenta la edad de rebrote y el nivel de fertilización nitrogenada.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

Los primeros registros del Ratana en Costa Rica datan de 1966 en el CATIE, años antes de la expansión de la última frontera agrícola en Costa Rica en la cual se realizó deforestación de bosques para el desarrollo de pasturas. El Ratana es un pasto de porte bajo que forma una alfombra, la floración empieza desde noviembre hasta enero-febrero, período en donde es poco palatable para el ganado, y su principal característica es su agresividad para colonizar otras pasturas como las de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) (Hunter 1987).

En las tierras de pastoreo de Costa Rica entre 1982 y 1988 el pasto Ratana aumentó su área en el país desde el quinto al tercer lugar. Este incremento se dio principalmente en las regiones Huetar Norte y Huetar Atlántica donde alcanzó coberturas de 37.1% y 27.2% respectivamente, constituyéndose en el pasto dominante en la región Huetar Norte y el segundo más dominante en la región Huetar Atlántica, por debajo del pasto “natural” de esa región. Estas dos regiones concentran el 85.1% de las pasturas de Ratana del país, la región Huetar Norte con cerca del 54.1% de estas y la Huetar Atlántica con 30.9% (SEPSA 1990) (Solera y Weiss 1983).

El pasto Ratana es una especie poco productiva en la zona de San Carlos, donde se realizó esta investigación, con cerca 1.0 t/ha de MS a las 12 semanas de rebrote, equivalente a una tasa de producción diaria de 13.2 kg/ha en la época de mínima precipitación, y de 0.5 t/ha de MS a las 9 semanas de rebrote, equivalente a una tasa de producción diaria de 8.1 kg/ha en la época de máxima precipitación. En este ensayo, el pasto Ratana tuvo daños importantes por el insecto *Aenolamia* sp. en el período de máxima precipitación que provocó una menor producción; en este trabajo, Ratana fue la especie con menor producción entre las evaluadas (Villarreal y Chávez 1991). En otro trabajo, en la zona de Río Frío, se obtuvieron producciones promedio más altas de 1.4 t/ha de MS con edades de rebrote de 4 semanas (Villareal 1992a).

Sánchez *et al.* (1998) evaluaron el efecto de la estación en el contenido de materia seca (MS) de Ratana en el distrito de Florencia del cantón San Carlos con valores de 28.3% en la época de mínima precipitación y 20.0% en la época de máxima precipitación en zonas con niveles bajos de producción de leche. Además, en zonas con niveles medios de producción de leche, Sánchez y Soto (1999) encontraron valores menores de MS: 24.1% en la época de mínima precipitación y 16.9% en la época de máxima precipitación. Para ambas investigaciones se evaluó Ratana con 21-25 días de edad de rebrote y las diferencias en MS fueron significativas.

Villarreal (1994), evaluó el valor nutritivo del pasto Ratana en San Carlos a diferentes edades de rebrote (3, 6, 9 y 12 semanas), en donde encontró que el Ratana presentó el menor valor de DIVMS (Digestibilidad *in vitro* de Materia Seca), entre 40.0 y 50.9%, comparada a otras gramíneas como tres variedades de *Panicum maximum* y cuatro especies de *Brachiaria*. Esta baja DIVMS difiere con respecto a un estudio anterior del mismo autor (Villarreal 1992a) que mostraba 59.5% de DIVMS con 4 semanas de edad de rebrote y otro de Sánchez *et al.* (1998) en que se alcanzaban 57.3% y 62.6% en época de mínima y máxima precipitación, respectivamente, con 21-25 días de edad de rebrote. Villarreal (1994) también estableció que la disminución de la DIVMS conforme aumenta la edad de rebrote no es significativa.

Con respecto al contenido de PC (Proteína Cruda) a 3, 6, 9 y 12 semanas de edad de rebrote, conforme aumentaba la edad de rebrote se mantiene el contenido de PC, con valores entre 5.7 y 9.7 % de PC en la época de máxima precipitación y entre 5.7 y 7.5 % de PC en la época de mínima precipitación y aunque la PC disminuía conforme aumentaba la edad de rebrote, las diferencias no fueron significativas según Villarreal (1994). Según Sánchez *et al.* (1998), a edades de rebrote de 21-25 días, Ratana alcanza valores de PC similares a los reportados por Villarreal (1994) para edades de rebrote similares: la PC alcanza valores un poco más altos de 9.5% y 9.9% en las estaciones de mínima y máxima precipitación, respectivamente, de zonas de baja producción lechera y de 8.7% y

9.4% en las misma épocas en zonas de mediana producción lechera según Sánchez y Soto (1999).

Con respecto a la fibra detergente neutro (FDN), Ratana tiene valores de 67.9% y 69.7%, en épocas de mínima y máxima precipitación en zonas de baja producción lechera. Estos resultados son intermedios a otros pastos de la zona como estrella africana y ruzi (*Brachiaria ruzi*) con valores promedio de 72.2% y 65.5% respectivamente (Sánchez *et al.* 1998). En zonas de mediana producción lechera, Sánchez y Soto (1999) , Ratana tiene valor de FDN de 68.8%, el cual es un valor intermedio con respecto a estrella africana (72.3%) y el grupo de ruzi (64.0%) y *Pennisetum purpureum* cv. King Grass (64.6%).

En otro estudio en Florencia de San Carlos, el Ratana tuvo una composición similar al de otros pastos como estrella africana y ruzi, con un 93 y un 90% de la energía digestible que estos poseen. Además, el contenido de fósforo y cobre fueron menores en el Ratana que en estrella y ruzi, mientras que el contenido de magnesio, hierro y manganeso son mayores (Sánchez y Piedra 1992).

A pesar de estos bajos niveles de productividad y poseer calidad nutricional medianamente aceptable en algunos trabajos a relativamente bajo en otros, el Ratana ha colonizado rápidamente las zonas ganaderas debido a, según opinión de Argel (1992), “a la mentalidad del ganadero de ‘el potrero fácil de hacer y establecer’ ” en donde el pasto Ratana aventaja a otras especies por su facilidad de propagación, alta capacidad colonizadora, amplio rango de adaptación en cuanto clima y suelo, flexibilidad en el manejo (su poco cambiante contenido de PC y de DIVMS mencionadas anteriormente), tolerancia a plagas y enfermedades comunes en la zona y bajos requerimientos nutricionales.

Sin embargo, el pasto Ratana a ido perdiendo productividad con el tiempo, y se cree que se debe a varios factores como manejo inadecuado (sobrepastoreo y compactación del suelo) y pérdida de fertilidad del suelo por lo que las estrategias a seguir podrían ser la incorporación de leguminosas a las pasturas y/o la aplicación de fertilizantes de mantenimiento (Argel 1992).

Por otra parte, actualmente con las crisis del sector ganadero costarricense, hay una necesidad de intensificación en manejo y producción por unidad de área (Argel 1992), necesidad que es difícil de solventar con el pasto Ratana por lo que varios estudios se han abocado a alternativas para mejorar la productividad.

Una de las primeras estrategias evaluadas para mejorar la productividad de pasturas dominadas por Ratana ha sido la siembra de especies mejoradas en franjas. Esta estrategia involucró la “quema” de la franja del terreno y posterior siembra en surcos de la especie introducida, que en una primera investigación de Soleibe (1993), fueron *Brachiaria decumbens* CIAT 16497, *Arachis pintoii* CIAT 17434 y *Pueraria phaseoloides* (kudzú). De estas tres especies ninguna alcanzó a cubrir el 50% de las franjas asignadas a ellas y solamente hubo cierto desplazamiento del Ratana gracias a la competencia combinada de *Arachis pintoii* y *Brachiaria decumbens*.

Álvarez (1993), realizó una investigación con una metodología de establecimiento similar a Soleibe (1993), pero con especies diferentes: *Axonopus micay*, *Setaria sphacelata*, *Hemarthria altissima*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria dictyoneura*, *Arachis pintoii* y *Desmodium ovalifolium*. Las especies *A. micay* y *S. sphacelata* sólo lograron superar al Ratana en algunas épocas del año pero luego decayeron, *H. altissima* no pudo competir con el Ratana y *A. pintoii* mostró un comportamiento de expansión similar al que describió Soleibe (1993), pero mejorando la producción del Ratana con el que fue asociado. Las dos especies de brachiarias utilizadas pudieron resistir la competencia del Ratana pero su hábito de crecimiento no es invasor, al contrario de *D. ovalifolium*, que logró dominar y desplazar al Ratana. Por estas razones Álvarez (1993), considera factible el mejoramiento de las pasturas dominadas por Ratana siempre y cuando la introducción se haga no solo con gramíneas, sino también con leguminosas como *D. ovalifolium* y *A. pintoii*. A pesar de estas recomendaciones, Ramírez (1991) resalta que la fase de establecimiento es difícil, ya que las leguminosas recomendadas por Álvarez (1993) presentan poca cobertura y altura con respecto al Ratana, en los primeros cuatro meses de establecimiento.

Con respecto a la fertilización con fósforo del pasto Ratana, Arosemena *et. al.* (1996), concluyeron que el pasto Ratana es una especie con bajos requerimientos internos de fósforo ($0.0139 \mu\text{g P/ml}$ de disolución de suelo) comparada a especies como *Panicum maximum*, *Setaria anceps*, *Cenchrus ciliaris*, *Paspalum dilatatum*, *Chloris gayana*, *Melinis minutiflora*, *Digitaria decumbens*, *Pennisetum clandestinum*, *P. purpureum* y *Cynodon plectostachyus*, mientras que los requerimientos externos igualan a los de otras especies que se adaptan a suelos ácidos e infértiles como *Andropogon gayanus* CIAT 621 y *Brachiaria decumbens* CIAT 606. Además, Arosemena *et. al.* (1996) resaltaron que la relación hoja:tallo del pasto Ratana es menor de 1.0, lo cual es un atributo no deseable de este ya que combinado a su porte bajo debe incidir en el bajo consumo en pastoreo debido a una limitación en el tamaño del bocado en los animales.

Existe poca información sobre la respuesta del pasto Ratana a la fertilización nitrogenada. En Costa Rica, fue realizada una investigación en donde se aplicaron 4 dosis de nitrógeno (0, 75, 150 y 225 kg N/ha/año) en forma de NH_4NO_3 después de un pastoreo intensivo (2.8 U.A./ha) cada 35 días y una fertilización adicional de 50 kg de P_2O_5 ha/año. En esta ocasión, la producción de forraje no fue afectada por los tratamientos. El contenido de MS en el forraje ofrecido fue de 20.8% y el contenido de MS estimado en el forraje consumido fue de 18.3%, disminución que se presentó aun más en la época de mayor precipitación y en los tratamientos fertilizados. La eficiencia en el uso del N aplicado disminuyó de 15.9 a 6.8% según la fertilización incrementó de 75 a 225 kg N/ha/año. El contenido de proteína cruda en el pasto aumento de 8.9% (testigo) a 14.6% (150 kg N/ha/año) mientras que la digestibilidad no se vio afectada (58.7% promedio). Los autores consideraron que el rendimiento de Ratana, independientemente del tratamiento, fue moderadamente aceptable lo que se atribuyó a la buena fertilidad del suelo y alto contenido de humedad la mayor parte del año. Se concluyó en este trabajo que la fertilización nitrogenada no ofrecía una alternativa viable para el aumento de la producción y consecuente carga animal en las pasturas de Ratana (Villarreal y Bustamante 1996).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización, clima y suelo

La investigación se realizó en dos sitios ubicados en dos distritos de la región Huetar Norte:

- Sitio Monterrey: Finca del señor Ronald Villegas, ubicada en Santo Domingo del distrito de Monterrey, cantón de San Carlos, provincia de Alajuela, a 10°33' latitud norte y 84°38' latitud oeste y a 250 m.s.n.m
- Sitio La Balsa: Finca “La Balsa” del Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos, ubicada en el caserío La Balsa, cantón de San Ramón, provincia de Alajuela, a 10°27' latitud norte y 84°31' latitud oeste y a 24 m.s.n.m.

La zona de vida donde se sitúan los sitios se clasifica como “bosque muy húmedo premontano”, de acuerdo a Holdridge (1987), tiene una larga época lluviosa que se ve interrumpida por una época de menor precipitación en los meses de marzo y abril, totalizando una precipitación promedio anual de 1991 al 2002 de 3623 mm en la estación meteorológica Santa Clara. La precipitación registrada en esa estación durante el período de estudio es mostrada en la Figura 1, que se caracterizó por tener un mes de febrero más lluvioso de lo usual.

Los sitios experimentales presentaban pasturas de Ratana (*Ischaemum indicum*) de más de diez años de establecidas; dichos suelos nunca habían sido encalados ni fertilizados y han sido utilizadas bajo sistemas de pastoreo.

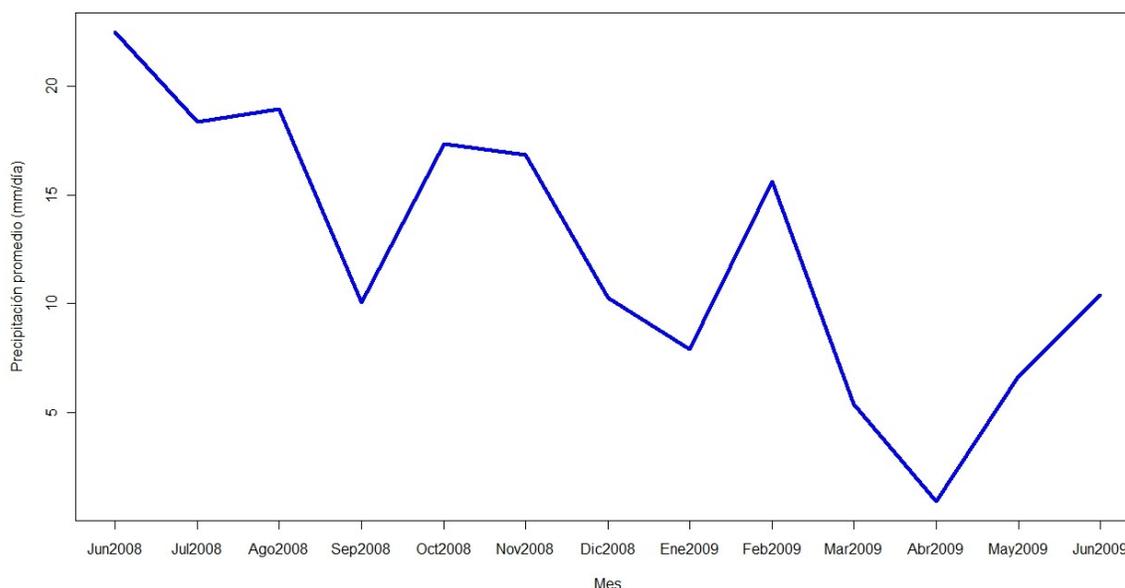


Figura 1: Precipitación media mensual en el período experimental.

Además, se realizó un análisis químico de los suelos en los dos sitios, con muestras de suelo de 0-15 cm de profundidad, realizadas con la metodología KCl-Olsen modificado en el Laboratorio de Suelos y Foliareos del Centro de Investigaciones Agronómicas de la UCR (Cuadro 1).

Cuadro 1: Análisis químico de suelos de los sitios experimentales.

Sitio	pH	cmol(+)/L					%		mg/L				
	H ₂ O	Acidez	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn	
Monterrey	5.3	0.28	6.16	0.93	0.54	7.91	4	4	4.8	7	142	62	
La Balsa	5.5	0.21	17.21	7.03	0.20	24.65	1	2	2.5	7	80	67	
NC	(5.5)	(0.50)	(4)	(1)	(0.2)	(5)	(10)	(10)	(2)	(2)	(10)	(5)	

NC= Nivel crítico (Bertsch 1995) CICE = Capacidad de Intercambio de Cationes Efectiva SA = Porcentaje de saturación de acidez

El pH de ambos sitios es ácido, pero esto se podría deber a niveles altos de materia orgánica en el suelo, ya que los otros indicadores de acidez se mantienen en buenos niveles: la acidez intercambiable es baja, la suma de bases está dentro de los niveles medios (5 - 25 cmol(+)/L) y la saturación de acidez también es baja.

Sin embargo, a pH bajos como estos los sitios presentan bajos niveles de fósforo y altos niveles de Mn, los cuales no se consideran problema para el Ratana. Por otra parte, las relaciones entre bases para el sitio Monterrey son ligeramente altas para la relación Ca/Mg y baja para Mg/K, debido principalmente a la baja cantidad de Mg presente que altera esas relaciones, en cambio, en el sitio LaBalsa, el K está en nivel crítico por lo que las relaciones Ca/K, Mg/K y Ca+Mg/K son más altas de lo debido. La secuencia de problemas en el sitio Monterrey es pH > P > Mg. En el sitio La Balsa es pH > P > K (Bertsch 1995).

3.2 Período experimental

El período experimental se extendió desde el 12 de junio de 2008 al 11 de junio de 2009, con una duración total de un año.

3.3 Tratamientos

Se evaluó el efecto de cuatro dosis de fertilización nitrogenada (NH_4NO_3 aplicado manualmente al suelo) sobre el rendimiento del pasto Ratana sometido a tres edades de rebrote con un total de doce tratamientos producto de un arreglo factorial completo 3 x 4 (Cuadro 2).

Cuadro 2: Componentes de los tratamientos.

Edad de rebrote (semanas)	Niveles de fertilización (kg N/ha/año)
4	0
6	150
8	300
	450

T₁ = 4 semanas, sin fertilización

T₂ = 4 semanas, 150 kg N/ha/año

T₃ = 4 semanas, 300 kg N/ha/año

T₄ = 4 semanas, 450 kg N/ha/año

T₅ = 6 semanas, sin fertilización

T₆ = 6 semanas, 150 kg N/ha/año

T₇ = 6 semanas, 300 kg N/ha/año

T₈ = 6 semanas, 450 kg N/ha/año

T₉ = 8 semanas, sin fertilización

T₁₀ = 8 semanas, 150 kg N/ha/año

T₁₁ = 8 semanas, 300 kg N/ha/año

T₁₂ = 8 semanas, 450 kg N/ha/año

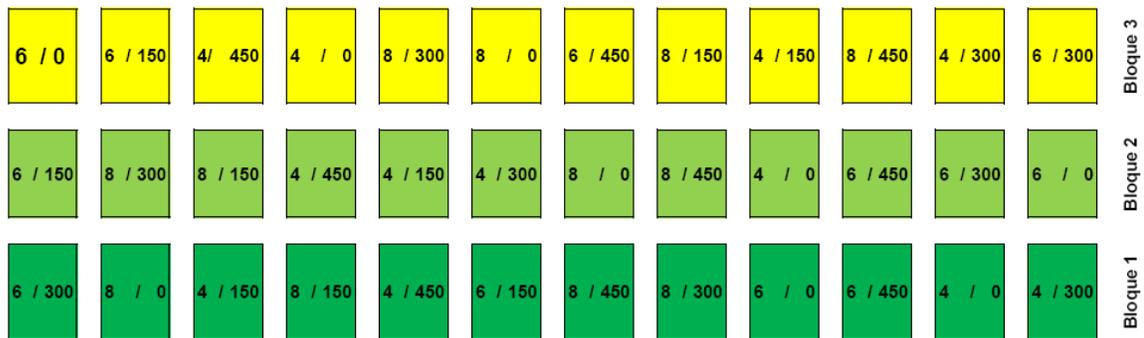
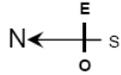


Figura 3: Distribución de tratamientos en el Sitio La Balsa.

En la semana inicial de la investigación, al sitio Monterrey se procedió a realizar un corte de uniformización e inmediata aplicación de las primeras fertilizaciones, mientras que en el sitio LaBalsa no se realizó el corte de uniformización, debido a un reciente pastoreo, pero si se aplicaron las primeras fertilizaciones.

Las edades de rebrote fueron calculadas a partir de la semana cero, correspondiente al 12 de junio de 2008, mientras que las fertilizaciones, tanto las de nitrógeno como las de fósforo, se aplicaron después de hecho el corte de uniformización posterior a la toma de la muestra. Las dosis de fertilizantes nitrogenados se dividieron en 13, 8 y 6 partes iguales para las 4, 6 y 8 semanas de rebrote, respectivamente, para lograr una aplicación uniforme a través del experimento.

3.4 Toma de muestras

En cada unidad experimental (parcela) se cosechó una muestra de pasto utilizando un marco de 0.5 m² (0,5 x 1 m) y utilizando corte mecánico, con un cortasetos, a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo. Las muestras de pasto se recolectaron entre las 07:00 a.m. y las 11:00 am. Se procuró colocar el marco de muestreo en un área cercana al centro de la parcela para evitar el efecto del borde aunque esto no fue posible en todas las ocasiones. Luego del corte de la muestra,

esta se colocó en bolsas plásticas debidamente identificadas, y con ayuda de una motoguadaña, equipada con cuchilla, se realizó un corte de uniformización a la misma altura en que se cortó la muestra; el pasto cortado se retiró de la superficie de las parcelas y se sacó del área experimental. La altura del corte de uniformización fue mayor (aproximadamente 7-10 cm) en la segunda mitad del período experimental. Tal decisión fue tomada en virtud de la pérdida de condición progresiva mostrada por las parcelas experimentales, aspecto que se discutirá en el capítulo respectivo. Posterior a la limpieza de las parcelas se procedió a distribuir manualmente el fertilizante.

Con el transcurso del experimento la condición de algunas parcelas (cobertura de Ratana) se vio fuertemente comprometida debido al ataque de algunas plagas (*Blissus* sp.) y presumiblemente al efecto del corte mecánico de uniformización. En aquellos casos donde tanto la cobertura (<25%) como proporción (<60%) de Ratana no fueron representativos del tipo de pastura en estudio, tal unidad experimental no fue muestreada. Sin embargo, el corte de uniformización y la dosis de fertilización correspondiente siempre fueron aplicados para permitir capacidad de recuperación de la parcela bajo las condiciones generales del manejo del ensayo.

Las muestras se transportaron al Laboratorio de Agrostología del ITCR, Sede San Carlos, donde se procedió al pesaje, secado, molienda y almacenamiento.

3.5 Variables de respuesta

3.5.1 Producción de forraje anual (kgMS/año)

La producción de forraje anual (kgMS/año) se calculó de la siguiente forma:

$$kgMS / año = (\overline{kgMS})(n)$$

Siendo \overline{kgMS} el promedio de la producción de forraje por corte (kgMS) en la parcela experimental de todos los cortes y n=13 para los tratamientos con edad de

rebrote de 4 semanas, n=8.7 para las parcelas de 6 semanas y n=6.5 para las parcelas de 8 semanas.

La kgMS en kg MS/ha se calculó de la siguiente forma para cada parcela:

$$kgMS = (PV)(MS)(0,2)$$

Siendo PV el peso verde de la muestra y MS el contenido de materia seca de esta. PV (en gramos) se determinó pesando la muestra recolectada en el campo y la determinación de MS se detalla más adelante.

3.5.2 Producción de forraje promedio por corte (kgMS)

Estas producciones de forraje fueron agrupadas por épocas. Primero se determinaron las épocas de máxima y mínima precipitación de acuerdo a la Figura 1. Se determinó que los muestreos correspondientes a los meses de marzo, abril y mayo del 2009 como la época de mínima precipitación y los restantes se asignaron a la época de máxima precipitación. De esta manera, la producción de forraje por corte en la época de máxima precipitación y mínima precipitación (kgMSE), corresponden al promedio de producción de kgMS según el número de muestreos realizados en la época respectiva, lo que dependió a su vez de la edad de rebrote.

3.5.3 Tasa de crecimiento diario (Tc)

Las tasas de crecimiento diario (Tc) en kg MS/día, se calcularon de la siguiente forma, siendo E la edad de rebrote en semanas:

$$Tc = \frac{kgMS}{E * 7}$$

3.5.4 Contenido de Materia Seca (%MS)

Los contenidos de materia seca en las épocas de máxima y mínima precipitación se calcularon a partir de los contenidos de materia seca (MS) promedio para cada una de las épocas definidas en el apartado 3.5.2.

Los MS de cada tratamiento se determinaron en dos pasos, según la siguiente fórmula:

$$\%MS = (MS_{55})(MS_{105})(100)$$

El primer paso fue determinar el contenido de materia seca parcial (MS_{55}); que se calculó de la siguiente forma:

$$MS_{55} = \frac{PS_{55}}{PV}$$

Siendo PV el peso verde de una submuestra, de aproximadamente 150 a 400 g, separada de cada muestra recolectada en el campo y depositada en bolsas de papel.

PS_{55} se determinó pesando la submuestra después de 72 h de secado en un horno de aire forzado a 55 °C y se permitió un tiempo de 12 h a temperatura ambiente para lograr que la submuestra se equilibrara con la humedad relativa ambiental.

El segundo paso (MS_{105}), fueron utilizadas muestras fraccionadas en un molino Wiley con criba de 1 mm. Así, a muestras de aproximadamente 2 g se les determinó el contenido de materia seca en horno de aire forzado a 105°C por 12 horas según la siguiente fórmula:

$$MS_{105} = \frac{PS_{105}}{PS_{55}}$$

Siendo PS_{105} el peso de la muestra secada a 105°C y PS_{55} el peso seco de la muestra antes de ingresar al horno. Ambos pesos fueron determinados en balanza analítica, se realizaron dos repeticiones para cada muestra y se promediaron, siempre y cuando la diferencia entre las mismas fuera de menos del 0.4%, en el caso de que la diferencia fuera mayor se repitió la determinación de MS_{105} hasta que la diferencia fuera menor de 0.4%.

3.5.5 Eficiencia de utilización de N (KMSKN)

Las eficiencias en la utilización de N, expresada como los kgMS por kg N aplicado (KMSKN), en las épocas de máxima y mínima precipitación se calcularon a partir de los KMSKN de cada una de las épocas definidas en el apartado 3.5.2.

Las KMSKN, fueron calculadas según la siguiente fórmula:

$$KMSKN = \frac{kgMS_F - kgMS_T}{(N_F / n)}$$

Siendo $kgMS_F$ la kgMS de los tratamientos fertilizados con nitrógeno, $kgMS_T$ la de los tratamientos no-fertilizados con nitrógeno de la misma edad de rebrote y bloque; N_F la cantidad de nitrógeno aplicada en los tratamientos fertilizados por año (kg/ha/año) y n adquiere los mismos valores que en el apartado 3.5.1. Esta variable solo se calculó a los tratamientos fertilizados.

3.5.6 Fibra detergente neutro (FDN)

La FDN fue determinada según metodología de Van Soest et al. (1991) y Komarek (1993) utilizando el equipo Analizador de fibra ANKOM 2000 del laboratorio de agrostología del ITCR, Sede San Carlos. Se analizaron sólo los muestreos del 28 de noviembre del 2008, representativo de la época de máxima precipitación y del 14 de mayo del 2009, representativo de la época de mínima precipitación. Se realizaron los análisis por duplicado y se repitieron todos aquellos que tuvieran una diferencia mayor de 4.0% entre duplicados.

3.5.7 Fibra detergente ácido (FDA)

La FDA fue determinada con el mismo equipo, muestreos y criterios que FDN, solamente variaron los reactivos utilizados.

3.6 Análisis estadísticos

El efecto de los tratamientos sobre los promedios de las variables kgMS/año fueron ajustados a modelos de efectos mixtos, determinados mediante el PROC MIXED de SAS, con sitio y bloque(sitio) como factores aleatorios. El modelo utilizado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + \beta_j(S_i) + N_k + E_l + (N \times E)_{kl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijk}	= Respuesta de la unidad experimental
μ	= Media general
S_i	= Efecto del i-ésimo sitio
$\beta_j(S_i)$	= Efecto del j-ésimo bloque dentro del i-ésimo sitio
N_k	= Efecto del k-ésimo nivel del factor fertilización nitrogenada
E_l	= Efecto del l-ésimo nivel del factor edad de rebrote
$(N \times E)_{jk}$	= Efecto de la interacción fertilización x edad de rebrote
ε_{ijkl}	= Error experimental

La estimación de las medias y las diferencias entre estas se realizaron por medio de mínimos cuadrados (instrucción LSMEANS dentro de PROC MIXED). Las medias de los niveles de nitrógeno, de la edad de rebrote también fueron comparadas utilizando la instrucción CONTRAST dentro de PROC MIXED.

Por otra parte, para las restantes variables: kgMS, Tc, %MS, KMSKN, FDN y FDA también se utilizó modelos de efectos mixtos, con sitio y bloque(sitio) como factores aleatorios. El modelo utilizado para estas variables fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + \beta_j(S_i) + N_k + E_l + P_m + (N \times E)_{kl} + (N \times P)_{km} + (E \times P)_{lm} + (N \times E \times P)_{klm} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijk}	= Respuesta de la unidad experimental
μ	= Media general
S_i	= Efecto del i-ésimo sitio
$\beta_j(S_i)$	= Efecto del j-ésimo bloque dentro del i-ésimo sitio
N_k	= Efecto del k-ésimo nivel del factor fertilización nitrogenada
E_l	= Efecto del l-ésimo nivel del factor edad de rebrote

- P_m = Efecto de la m-ésima época
 $(N \times E)_{jk}$ = Efecto de la interacción fertilización x edad de rebrote
 $(N \times P)_{km}$ = Efecto de la interacción fertilización x época
 $(E \times P)_{lm}$ = Efecto de la interacción época x edad de rebrote
 $(N \times E \times P)_{klm}$ = Efecto de la interacción fertilización x edad de rebrote x época
 ε_{ijklm} = Error experimental

Al igual que los modelos anteriores, la estimación y ajuste de medias y las diferencias entre estas se realizaron por medio de mínimos cuadrados.

En todos los modelos se utilizó el cálculo de grados de libertad de Kenward-Roger de SAS.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Producción de forraje anual (kgMS/año)

La producción de forraje anual fue estimada a partir del valor promedio obtenido para cada tratamiento considerando el número de cosechas realizadas según la edad de rebrote. Este valor promedio fue extrapolado a una base anual multiplicándolo por los valores 13, 8.7 y 6.5 para las edades de rebrote de 4, 6 y 8 semanas respectivamente.

La producción de forraje anual fue afectada únicamente por el factor fertilización nitrogenada (Cuadro 1A). La principal diferencia ocurre entre los tratamientos no fertilizados y los fertilizados ($P < 0.05$) (Cuadro 3 y 2A). El análisis de tendencias de contrastes ortogonales muestra solamente una tendencia lineal ($P < 0.05$) (Cuadro 3A). Sin embargo, esta respuesta no es tan alta como la de otra gramínea típica de la zona, estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), con la cual Rodríguez-Carrasquel (1977), obtuvo respuestas de aproximadamente 30 t/ha/año con solamente 46 kg N/ha/año, para frecuencias de corte de 4, 6 y 8 semanas. Los porcentajes de incremento en producción de MS de los distintos tratamientos fertilizados con respecto al testigo no fertilizado fueron de 29.1, 34.8 y 46.4% para 150, 300 y 450 kgN/ha/año, respectivamente.

Cuadro 3: Estimados de producción de forraje anual según nivel de fertilización nitrogenada.

Nitrógeno (kg N/ha/año)	Producción de forraje (kg MS/ha/año)
0	13024 c
150	16813 b
300	17562 a b
450	19065 a

Nota: Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$). Error standard de 1271.22 kgMS/ha/año (Cuadro 2A).

4.2 Producción de forraje promedio por corte (kgMS)

Para el análisis de la producción de forraje por corte, los valores correspondientes a cada tratamiento y en cada fecha de muestreo no fueron

extrapolados a una base anual. Los valores kg MS/ha/corte fueron agrupados en dos categorías según la época en que el muestreo fue hecho (máxima y mínima precipitación). Aquellos muestreos ocurridos en los meses de junio, julio, agosto y setiembre, noviembre y diciembre del 2008, así como enero, febrero y julio del 2009, fueron clasificados en la categoría de “época de máxima precipitación”, mientras que aquellos ocurridos en los meses de marzo, abril y mayo del 2009 fueron considerados en la “época de mínima precipitación”. De esta forma, la estimación de rendimiento promedio de forraje por corte fue diferenciado según época (máxima y mínima precipitación).

La producción de forraje por corte (Cuadro 4A) presentó diferencias debido a la edad de rebrote, dosis de fertilización nitrogenada y a la interacción doble entre época y edad de rebrote ($P < 0.05$). No obstante la interacción indicada, cabe señalar que las producciones según edad de rebrote fueron diferentes todas entre sí. La principal diferencia debido a fertilización nitrogenada se presentó al comparar los tratamientos no fertilizados vs los fertilizados (Cuadro 5A). El análisis por contrastes ortogonales corrobora lo anterior al mostrar tendencias lineales para la edad de rebrote y el nitrógeno ($P < 0.05$)(Cuadro 6A), aunque el valor de P para la tendencia cuadrática del efecto fertilización fue de 0,075.

Con respecto a la influencia de la edad de rebrote, hay una tendencia creciente de mayor producción a mayor edad (Cuadro 4). Los estimados a 6 y 8 semanas de edad de rebrote son mayores que los reportados por Villarreal y Chávez (1991), los cuales reportaron que el Ratana no superó los 1000 kg/ha/corte en las edades de rebrote de 3, 6, 9 y 12 semanas. Por otra parte el estimado a 4 semanas, coincide con lo reportado por la literatura (Villareal 1992a). Comparado a otras gramíneas, Ratana tiene una producción menor, con edades de rebrote de 4 semanas, *Panicum maximum*, *Digitaria eriantha*, *Andropogon gayanus*, *Cynodon nlemfuensis* y *Brachiaria* híbrido Mulato logran producciones 3282, 1823, 1602, 3430 y 4007 kg MS/ha/corte en El Zamorano, Honduras (Hidalgo 2004).

Cuadro 4: Estimados de producción de forraje por corte debido a la edad de rebrote.

Edad de rebrote (semanas)	Producción de forraje (kg MS/ha/corte)
4	1355 c
6	1860 b
8	2449 a

Nota: Estimados con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$). Error standard de 109.26 kg MS/ha/corte (Cuadro 5A).

La influencia del nivel de fertilización nitrogenada se comportó de la misma manera que en la producción de forraje anual (Cuadro 5); se presentaron diferencias entre el no fertilizado y los fertilizados ($P < 0.05$), sin diferencias entre los distintos niveles de fertilización ($P > 0.05$), en este caso, las variaciones con respecto al no fertilizado fueron de 30.9, 34.6 y 41.4%, para 150, 300 y 450 kg N/ha/año. Comparado con *Brachiaria* híbrido Mulato, Ratana vuelve a quedar atrás, ya que este logra rendimientos de 3259, 3825, 3926 y 3948 kg MS/ha/corte para 0, 100, 200 y 300 kg N/ha/año, diferencias de 17.4, 20.5, 21.1% con respecto al no fertilizado, pero si hay que destacar que en esta investigación tampoco se encontraron diferencias estadísticas en la producción de MS entre los distintos niveles de fertilización nitrogenada (Hidalgo 2004).

Cuadro 5: Estimados de producción de forraje por corte debido al nivel de fertilización nitrogenada.

Nitrógeno (kg N/ha año)	Producción de forraje (kg MS/ha/corte)
0	1490 b
150	1950 a
300	2005 a
450	2107 a

Nota: Estimados con la misma letra no difieren estadísticamente ($P < 0.05$). Error standard de 121.93 kg MS/ha/corte (Cuadro 5A).

La interacción entre edad de rebrote y época (Cuadro 6) permite apreciar que la única diferencia en la producción entre épocas ($P < 0.05$) se da a la edad de rebrote de 8 semanas donde se encuentra el valor más alto a las 8 semanas en la

época de máxima precipitación, mientras que la producción a las 8 semanas en la época de mínima precipitación es similar a las producciones a las 6 semanas. Lo anterior sugiere que debido al comportamiento de Ratana de entrar en floración durante la época de mínima precipitación, permitir mayor período de recuperación en esta época no produce el mismo efecto que aquel ejercido durante la época de máxima precipitación.

Cuadro 6: Estimados de producción de forraje por corte y por época debido a la época y a la edad de rebrote.

Edad de rebrote (semanas) en diferentes épocas (máx, mín)	Producción de forraje (kg MS/ha/corte)
4 máx	1302 c
4 mín	1408 c
6 máx	1865 b
6 mín	1855 b
8 máx	2773 a
8 mín	2126 b

Nota: Estimados con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$). Error standard de 140.88 kg MS/ha/corte (Cuadro 5A).

4.3 Tasa de crecimiento diario (Tc)

La tasa de crecimiento se calculó dividiendo la producción de forraje entre el número de días según la frecuencia de corte en cuestión. Estos valores, al igual que la variable anterior, fueron ordenados en épocas de máxima y mínima precipitación.

Esta variable fue afectada principalmente por el nivel de fertilización nitrogenada y de la interacción entre edad de rebrote y época (Cuadro 7A).

La influencia del nivel de fertilización se comporta de la misma manera que las variables anteriores, creciente pero sin diferencias entre los distintos niveles de fertilización ($P > 0.05$; Cuadro 7 y Cuadro 8A). El análisis de tendencias es significativo para el efecto lineal ($P < 0.001$), aunque también es importante la tendencia cuadrática ($P = 0.05$; Cuadro 9A), lo cual corrobora la observación de

que la principal diferencia ocurre entre los tratamientos fertilizados vs los no fertilizados, siendo mínimas las diferencias cuando se comparan los niveles de fertilización de 150, 300 y 450 kg N. Paredes (2001), tampoco encontró diferencias entre tres niveles de fertilización: 200, 300 y 500 kg N/ha/año, para los pastos *Cynodon nlemfuensis*, *Digitaria eriantha*, *Pennisetum purpureum* y *Panicum maximum*, pero estos pastos obtuvieron tasas de crecimiento diario mayores que las alcanzadas por este experimento (entre 62.4 y 97.5 kg MS/ha/día). Hidalgo (2004), encontró la misma tendencia en *Brachiaria* híbrido Mulato; trabajó con niveles de fertilización 0, 100, 200 y 300 kg N/ha/año produjo 116.4, 136.6, 140.2 y 141.0 kg MS/ha/día sin diferencias estadísticas entre los tratamientos fertilizados.

Cuadro 7: Tasas de crecimiento diario estimadas de acuerdo al nivel de fertilización nitrogenada.

Nitrógeno (kg N/ha año)	Tasa de crecimiento (kgMS/ha/día)
0	35.41 b
150	46.74 a
300	48.50 a
450	51.30 a

Nota: Estimados con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$).
Error standard de 2.62 kg MS/ha/día (Cuadro 8A).

La interacción entre la edad de rebrote y la época (Cuadro 8) se debe nuevamente a la diferencia entre épocas a la edad de rebrote de 8 semanas ($P = 0.0026$), donde se puede apreciar la menor tasa de crecimiento de 8 * mín, probablemente debido a la entrada al estado fenológico de floración.

Cuadro 8: Tasas de crecimiento diario estimadas de acuerdo a la época y a la edad de rebrote.

Edad de rebrote (semanas) en diferentes épocas (máx, mín)	Estimado de Tc (kg/ha/día)
4 * máx	46.49 a
4 * mín	50.38 a
6 * máx	44.42 a b
6 * mín	44.16 a b
8 * máx	49.51 a
8 * mín	37.98 b

Nota: Estimados con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$).
Error standard de 3.03 kg MS/ha/corte (Cuadro 8A).

Paredes (2001), en su revisión de literatura, afirma que la tasa de crecimiento de las gramíneas en el trópico se encuentra entre 80-120 kg MS/ha/día, por lo que Ratana claramente se ubica como una gramínea de producción baja para el trópico. Villarreal y Chávez (1991), confirmaron la baja producción de Ratana en época de máxima precipitación (8.1 kg MS/ha/día) en comparación a *Andropogon gayanus* (cv. Veranero), *Brachiaria decumbens* (local), *B. decumbens* (cv. Basilisk), *B. humidicola* (CIAT-6369), *Hemarthria altissima* (cv. Limpo), *Panicum maximum* (CIAT-622) y *P. maximum* (CIAT-673) con producciones de 77.8, 65.6, 78.0, 60.4, 96.8, 61.7 y 93.6 kg MS/ha/día; y también en la época de mínima precipitación, Ratana produjo 13.2 kg MS/ha/día en comparación a *A. gayanus* (cv. Veranero), *Axonopus micay*, *Brachiara brizantha* (CIAT-6387), *B. brizantha* (cv. Marandú), *B. decumbens* (local), *B. decumbens* (cv. Basilisk), *B. dictyoneura* (CIAT-6133), *B. ruzizensis* (local), *Cynodon nlemfuensis* (local), *Hemarthria altissima* (cv. Limpo), *P. maximum* (CIAT-673), *P. maximum* (cv. Tobiatá) y *Setaria sphacelata* (cv. San Juan) con producciones de 77.1, 57.0, 35.5, 24.0, 43.6, 41.8, 40.1, 47.0, 25.8, 56.3, 30.0, 23.3 y 70.3 kg MS/ha/día.

4.4 Contenido de materia seca (%MS)

El contenido de materia seca dependió solamente de los efectos simples de edad de rebrote, nivel de fertilización nitrogenada y época (Cuadro 10A).

A la edad de rebrote de 8 semanas el pasto Ratana presentó un menor contenido de MS respecto a las edades de rebrote de 4 y 6 semanas ($P < 0.05$; Cuadro 9; Cuadro 11A). Además, los dos mayores niveles de fertilización, 300 y 450 kg N/ha, también presentaron bajos contenidos de MS con respecto a 0 y 150 kg N/ha ($P < 0.05$; Cuadro 10). Por otra parte, en época de máxima precipitación se presentó el menor contenido de MS ($P < 0.05$) respecto al valor obtenido en mínima precipitación (Cuadro 11). La edad de rebrote y el nitrógeno mostraron una tendencia lineal según el análisis de tendencias por contrastes ortogonales ($P \leq 0.0004$)(Cuadro 12A).

Mientras que el efecto del nivel de fertilización y época sobre el contenido de MS presentados coinciden con las tendencias esperadas, en primer lugar debido a una mayor acumulación de material succulento producto de la fertilización, y en segundo lugar por la cosecha de forraje con altos contenidos de humedad en meses más lluviosos, se obtuvo un efecto de edad de rebrote contrario al esperado. Usualmente, conforme aumenta la edad de rebrote, se acumula material más maduro y fibroso y por consiguiente, aumenta el contenido de MS.

Sánchez *et al.* (1998), reportaron contenidos de MS más altos en pasto Ratana, de 20.0 y 28.3% MS, en la época de máxima y mínima precipitación, respectivamente. Por otra parte, el efecto de época en otros pastos (*Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria ruziziensis*, *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum americanum*, *Setaria anceps* y *Pennisetum clandestinum*) en la misma zona de estudio, han presentado contenidos de MS que rondan entre 13.7-27.9 y 11.7-20.1 % MS para las estaciones de mínima precipitación y máxima precipitación, respectivamente (Sánchez y Soto 1996).

En la revisión de literatura hecha por Sánchez y Soto (1996), se menciona que el consumo de MS en rumiantes se deprime 337g por cada unidad porcentual por debajo del 18% MS, lo cual ocurre en el caso de Ratana a las 8 semanas de edad de rebrote (Cuadro 9), a 300 y 450 kg N/ha anual de nivel de fertilización (Cuadro 10) y en la época de mínima precipitación (Cuadro 11).

Cuadro 9: Contenido (%) de materia seca según edad de rebrote.

Edad de rebrote (semanas)	% MS
4	19.0 a
6	18.9 a
8	17.4 b

Nota: Estimados con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$).
Error standard de 2.20 % PV (Cuadro 11A).

Cuadro 10: Contenido (%) de materia seca según nivel de fertilización nitrogenada.

Nitrógeno (kg N/ha/año)	% MS
0	19.6 a
150	18.8 a
300	17.7 b
450	17.6 b

Nota: Estimados con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$).
Error standard de 2.20 % PV (Cuadro 11A).

Cuadro 11: Contenido (%) de materia seca según época.

Época (máx, mín)	% MS
Máxima	15.4 b
Mínima	21.4 a

Nota: Estimados con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$).
Error standard de 2.19 % PV (Cuadro 11A).

4.5 Eficiencia de utilización de N (KMSKN)

La eficiencia en la utilización de nitrógeno fue afectada únicamente por el nivel de fertilización nitrogenada ($P < 0.05$; Cuadro 13A). La mayor eficiencia se obtuvo con el nivel de fertilización de 150 kg N/ha anual, mientras que no existió diferencia ($P > 0.05$; Cuadro 14A) entre los niveles de fertilización superiores (300 y 450 kg N/ha/año). El análisis de tendencias por contrastes ortogonales (Cuadro 15A) mostró una tendencia lineal debido al nitrógeno ($P = 0.0014$). Esta eficiencia sugiere que para el pasto Ratana, niveles de fertilización nitrogenada superiores a

150 kg N/ha anual no ofrecen mayores ventajas pues no solo las producciones obtenidas son similares sino que, además, la eficiencia en utilización decrece más allá de este nivel.

Los valores obtenidos en este trabajo (Cuadro 12) revelan bajas eficiencias en utilización del fertilizante nitrogenado. En comparación, la variedad mejorada *Brachiaria* híbrido Mulato, presenta aprovechamientos más altos, 73.7, 43.4 y 29.9 kg MS/kg N para niveles de fertilización de 100, 200 y 300 kg N/año (Hidalgo 2004). Se podría argumentar que Ratana es un pasto con poco potencial genético para aprovechar la fertilización nitrogenada, algo que no es de extrañar ya que nunca ha sido sujeto a un proceso de mejoramiento genético.

Cuadro 12: Estimados de eficiencia de utilización de N debido al nivel de fertilización nitrogenada.

Nitrógeno (kg N/ha/año)	KMSKN (kg MS / kg N)
150	27.3 a
300	15.4 b
450	12.3 b

Nota: Estimados con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$). Error standard de 4.47 kg MS/kg N (Cuadro 14A).

4.6 Fibra detergente neutro (FDN)

La FDN fue afectada por la edad de rebrote, el nivel de fertilización nitrogenada, la época y por la interacción entre edad y época (Cuadro 16A). Según NRC (2001), valores superiores a 25% FDN, base MS, disminuyen el consumo de MS en ganado lechero a excepción de dietas con alto contenido energético, en donde el consumo de MS no se ve afectado por valores de FDN situados entre 25 y 42%; por tanto, se recomiendan valores de FDN en el forraje entre 18-25%, los cuales son valores bastante inferiores a aquellos obtenidos en este trabajo (Cuadro 13, 14, 15 y 16).

Los efectos principales muestran que las principales diferencias ($P < 0.05$) se presentaron entre la edad de 4 semanas de rebrote y las otras dos edades (6 y 8

semanas). De igual forma, los tratamientos no fertilizados y los que recibieron la dosis de N menor (150 kg/ha/año) fueron diferentes ($P < 0.05$) de aquellos que recibieron las dosis de N mayores (300 y 450 kg/ha/año) (Cuadro 17A).

La edad de rebrote presentó una tendencia lineal decreciente (Cuadro 18A; Cuadro 13). Paredes (2001), encontró valores mayores de FDN en los pastos *Cynodon nlemfuensis*, *Digitaria eriantha* y *Panicum maximum*, conforme su edad de rebrote pasó de 21 a 35 días, tendencia contraria a la mostrada por Ratana en esta investigación; sin embargo, esta tendencia contraria a lo que indica la literatura, puede deberse a una mayor sensibilidad estadística ya que las diferencias en los contenidos de FDN del Ratana fueron de sólo 0.9%. En el caso de la investigación de Paredes (2001), los incrementos en FND entre 21 y 35 días de rebrote fueron de 4.7, 6.2 y 5.3 unidades porcentuales para las especies mencionadas, respectivamente.

Cuadro 13: Contenido de FDN según edad de rebrote.

Edad de rebrote (semanas)	FDN (% base MS)
4	54.7 a
6	53.8 b
8	53.9 b

Nota: Estimados con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$).
Error standard de 0.25% MS (Cuadro 17A).

Las diferencias debido a la fertilización nitrogenada responden a una tendencia lineal (Cuadro 18A) aunque en términos prácticos, las diferencias entre los valores obtenidos son mínimas (Cuadro 14); así, los valores extremos, 0 y 450 kg N/ha, mostraron diferencias de solo 0.9%. Paredes (2001), tampoco encontró diferencias debido a la fertilización nitrogenada (200, 300 y 500 kg N/ha/año) en *Cynodon nlemfuensis*, *Digitaria eriantha*, *Pennisetum purpureum* y *Panicum maximum*. Johnson et al. (2001), en cambio, sí encontraron disminución de FDN con el incremento de la fertilización de 0 a 157 kg/ha*corte en *Cynodon dactylon*, *Cynodon nlemfuensis* y *Paspalum notatum*.

Cuadro 14: Contenido de FDN según fertilización nitrogenada.

Nitrógeno (kg N/ha/año)	FDN (% base MS)
0	54.52 a
150	54.45 a
300	54.01 a b
450	53.65 b

Nota: Estimados con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$).
Error standard de 0.29% MS (Cuadro 17A).

Los valores de FDN de acuerdo a la época (Cuadro 15), siguen la tendencia de ser más altos en la época de máxima precipitación con respecto a la época de mínima como lo reporta la literatura (Sánchez et al. 1998)(Sánchez y Soto 1999). Esta tendencia también es manifiesta en *Brachiaria humidicola* según Vergara y Araujo (2006), con valores de 75.95 y 70.61 %FDN en las épocas lluviosa y seca respectivamente.

Cuadro 15: Contenidos de FDN según época.

Época (máx, mín)	FDN (% base MS)
Máxima	54.84 a
Mínima	53.48 b

Nota: Estimados con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$).
Error standard de 0.22% MS (Cuadro 17A).

No obstante los efectos simples de la edad de rebrote y época, la interacción entre estos factores (Cuadro 16) señala una tendencia a disminuir el contenido de FDN conforme la edad de rebrote aumenta en época de mínima precipitación, y una tendencia a incrementar el contenido de FDN con la edad de rebrote en época de máxima precipitación. Por otra parte, las diferencias entre épocas tienden a ser mayores conforme la edad de rebrote aumenta.

Cuadro 16: Contenido de FDN según época y edad de rebrote.

Edad de rebrote (semanas) en diferentes épocas (máx, mín)	FDN(% , base MS)
4 * máx	54.27 b
4 * mín	55.12 a
6 * máx	54.71 a b
6 * mín	52.99 b c
8 * máx	55.54 a
8 * mín	52.32 c

Nota: Estimados con la misma letra no difieren estadísticamente (P > 0.05).
Error standard de 0.33% MS (Cuadro 17A).

4.7 Fibra detergente ácido (FDA)

El contenido de FDA fue afectado por la época (Cuadro 19A y Cuadro 17), de forma similar a FDN: en la época de mínima precipitación se presentaron los valores más bajos, lo que implica una muy leve mejoría de la calidad del pasto, aunque no a niveles como los recomendados por el NRC (2001), los cuales son de 19-22% de la MS de la ración. Vergara y Araujo (2006), encontraron tendencias similares en el trópico seco de Venezuela, con valores de FDA de 40.50 y 37.91 % de la MS en la época lluviosa y seca respectivamente.

Cuadro 17: Contenidos de FDA según época.

Época (máx, mín)	FDA (%, base MS)
Máxima	31.58 a
Mínima	30.28 b

Nota: Estimados con la misma letra no difieren estadísticamente (P > 0.05).
Error standard de 0.21% MS (Cuadro 20A).

5 CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló esta investigación, se concluye que:

- La producción de forraje anual es mayor cuando el Ratana es fertilizado con respecto al no fertilizado, pero no hay diferencias en la producción entre los distintos niveles de fertilización nitrogenada. La producción de forraje por corte y la tasa de crecimiento diario presentaron el mismo comportamiento, mientras que el contenido de materia seca presentó una tendencia contraria, fue mayor en los tratamientos de 0 y 150 kg N/ha con respecto a 300 y 450 kg N/ha.
- La edad de rebrote solamente tuvo influencia en la producción de forraje por corte, en donde aumentó conforme aumentó la edad; y en el contenido de materia seca y FDN, donde disminuyeron sus valores conforme aumentó la edad.
- La época influyó en el valor nutritivo del Ratana. Al pasar de la época de máxima precipitación a la de mínima precipitación, disminuyeron los valores de FDN y FDA y aumentó el contenido de MS.
- Los crecientes niveles de fertilización nitrogenada solamente cambiaron el contenido de materia seca y los valores de FDN, disminuyéndolos, aunque con una diferencia entre los dos niveles extremos de fertilización de de cerca de 1.2 y 0.8 unidades porcentuales, respectivamente.
- Solo hubo diferencias en la FDN en función de la edad de rebrote, la cual disminuyó en 0.9 unidades porcentuales entre 4 y 8 semanas.
- Las únicas interacciones entre factores se dieron entre la edad de rebrote y la época, en la producción de forraje por corte, tasa de crecimiento diario y FDN. En estas tres variables se dio un aumento de estos conforme aumentaba la edad de rebrote en la época de máxima precipitación, y una tendencia contraria en la época de mínima precipitación.
- La eficiencia en la utilización de nitrógeno disminuyó conforme aumentaron los niveles de fertilización, lo que indica que el Ratana no tiene potencial genético para aprovecharlos como lo tienen otros pastos mejorados actuales.

6 RECOMENDACIONES

- Se recomiendan niveles de fertilización nitrogenada igual o inferior a 150 kg N/ha al año. Niveles superiores no presentan diferencias en productividad y tienen una eficiencia de utilización de nitrógeno muy bajas.
- La edad de rebrote recomendada para el Ratana depende de la época. En la época de máxima precipitación se recomiendan edades de rebrote de 6 u 8 semanas y en la época de mínima precipitación se recomienda edades entre 4 y 6 semanas.
- Para futuras investigaciones se recomienda disminuir los niveles de nitrógeno por debajo de 150 kg N/ha/año y determinar la edad de rebrote a la que florece el Ratana en la época de mínima precipitación, para tratar de establecer cuando se da la disminución en la tasa de crecimiento y la palatabilidad debido a esta floración.

7 BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, S. 1993. Estudio sobre producción y valor nutritivo de pasturas dominadas por Ratana (*Ischaemum indicum*) y mejoradas mediante la introducción de gramíneas y leguminosas. Tesis Bach. Santa Clara, CR, ITCR. 83p.

Argel, P. 1992. Consideraciones forrajeras sobre el pasto Ratana (*Ischaemum ciliare*) y alternativas para mejorar su productividad. In: Memorias del Seminario-Taller El Pasto Ratana (*Ischaemum indicum*) en Costa Rica, ¿Alternativa o problemática en nuestra ganadería? Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. Ciudad Quesada, abril 1992.

Arosemena, E. y Pezo, D. 1992. Mecanismos de interferencia del pasto Ratana (*Ischaemum indicum*) sobre otras especies. In: Memorias del Seminario-Taller El Pasto Ratana (*Ischaemum indicum*) en Costa Rica, ¿Alternativa o problemática en nuestra ganadería? Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. Ciudad Quesada, abril 1992.

Arosemena, E.; Pezo, D.; Kass, D. y Argel, P. 1996. Requerimientos externos e internos de fósforo en pasto Ratana (*Ischaemum indicum* (Houtt.) Merrill) y *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. Pasturas Tropicales 18(1): 34-40.

Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Segunda Reimpresión.

Komarek, A.R. 1993. A filter bag procedure for improved efficiency of fiber analysis. J. Dairy Sci. 76(1): 250

Hidalgo, J. G. 2004. Producción de materia seca y contenido de proteína cruda y fibra neutro detergente del pasto *Brachiaria* híbrido Mulato. Tesis Lic. Zamorano, Honduras. 24p. Consultado 3 dic. 2009. Disponible en http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2004/T1883.pdf

Holdridge, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. Traductor: Jiménez, H. Tercera reimpresión. IICA, San José. 216 p.

Hunter, J. 1987. Some observations on *Ischaemum indicum* (Poaceae: Panicoideae: Andropogoneae) a recent aggressive introduction to Costa Rican pastures lands (en línea). Turrialba 37(1): 71-76. Consultado 16 jun. 2008. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/reprodoc/A0786e/A0786e01.html>

Johnson, C.R., Reiling, B.A., Mislevy P. y Hall, M. B. 2001. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. J. Anim. Sci 79:2439-2448. Disponible en jas.fass.org/cgi/reprint/79/9/2439.pdf

National Research Council (NRC). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Sétima edición. National Academy Press. Washington D. C.

Paredes, J. F. 2001. Efecto de tres niveles de fertilización nitrogenada y tres edades de corte sobre la calidad de cuatro gramíneas forrajeras en Zamorano (en línea). Proyecto especial, Zamorano, Honduras. 18p. Consultado 3 dic. 2009. Disponible en http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2004/T1253.pdf

Ramírez, J. 1991. Estudio sobre el establecimiento y producción de especies gramíneas y leguminosas introducidas en sustitución parcial de una pastura a base de Ratana (*Ischaemum ciliare*). Tesis Bach. Santa Clara, CR, ITCR. 83p.

Rodríguez-Carrasquel, S. y Mortelo D. E. 1977. Influencia de la frecuencia de corte y fertilización sobre el rendimiento y composición química de *Cynodon nlemfuensis*. Agronomía Tropical 27(6): 613-619. Consultado 3 dic. 2009. Disponible en http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at2706/arti/rodriguez_s.htm

Sánchez, J. y Piedra, L. 1992. El valor nutritivo del pasto Ratana. In: Memorias del Seminario-Taller El Pasto Ratana (*Ischaemum indicum*) en Costa Rica,

¿Alternativa o problemática en nuestra ganadería? Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. Ciudad Quesada, abril 1992.

_____, _____ y Soto, H. 1998. Calidad nutricional de los forrajes en zonas con niveles bajos de producción de leche, en la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* (22)1: 69-76.

_____ y Soto, H. 1996. Estimación de la Calidad Nutricional de los Forrajes del Cantón de San Carlos. I. Materia Seca y Componentes Celulares. *Nutrición Animal Tropical*. 3(1): 3-18. Disponible en http://www.feednet.ucr.ac.cr/servicios/publicacion/vol_3/3_1.pdf

_____ y _____. 1999. Calidad nutricional de los forrajes de una zona con niveles medios de producción de leche, en el trópico húmedo del norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 23(2): 165-171.

Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA). 1990. Encuesta ganadera nacional. San José: SEPSA, 1990.

Soleibe, K. 1993. Estudio sobre alternativas para el mejoramiento de pasturas dominadas por *Ischaemun indicum* (pasto Ratana). Tesis Bach. Santa Clara, CR, ITCR. 60p.

Solera, R. y Weiss, F. 1983. Encuesta nacional de ganado bovino. San José : SEPSA, 1983.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.L. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3538-3597.

Vergara, J y Araujo, O. 2006. Producción, composición química y degradabilidad ruminal in situ de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick en el bosque seco tropical. *Revista Científica FCV-LUZ* 16(3): 239-248. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0798-22592006000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=

Villarreal, M. 1992a. Experiencias con el pasto Ratana (*Ischaemum indicum*): Producción de forraje, valor nutritivo y alternativas de manejo. In: Memorias del Seminario-Taller El Pasto Ratana (*Ischaemum indicum*) en Costa Rica, ¿Alternativa o problemática en nuestra ganadería? Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. Ciudad Quesada, abril 1992. 12 p.

_____. 1992b. Evaluación comparativa de Ratana (*Ischaemum indicum*) como especie forrajera (en línea). Agronomía Costarricense 16(1):37-44. Consultado 16 jun. 2008. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_agr/v16n01_037.pdf

_____. 1994. Valor nutritivo de gramíneas y leguminosas forrajeras en San Carlos, Costa Rica. Pasturas Tropicales 16(1): 27-31.

_____ y Bustamante, J. 1996. Respuesta del pasto Ratana (*Ischaemum indicum*) a la fertilización nitrogenada. Memoria X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, III Congreso Nacional de Fitopatología, II Congreso Nacional de Suelos. Vol. 3. San José, Costa Rica. EUNED, EUNA. pp.165

_____ y Chávez, O. 1991. Adaptación y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en San Carlos, Costa Rica. Pasturas Tropicales 13(2): 31-38.

8 ANEXOS

Cuadro 1A: Modelo de efectos mixtos para la variable kgMS/ha/año.

Efecto	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Valor de F	Pr > F
Edad	2	55	0.76	0.4723
Nitrógeno	3	55	12.81	<0.0001
Edad*Nitrógeno	6	55	0.26	0.9539

Cuadro 2A: Diferencias de medias de mínimos cuadrados para la variable kgMS/ha/año.

Efecto	Tratamientos comparados	Estimado	Error standard	GL	Valor de t	Pr > t
Nitrógeno	0 vs. 150	-3789.06	1016.12	55	-3.73	0.0005
Nitrógeno	0 vs. 300	-4538.22	1016.12	55	-4.47	<.0001
Nitrógeno	0 vs. 450	-6041.44	1016.12	55	-5.95	<.0001
Nitrógeno	150 vs. 300	-749.17	1016.12	55	-0.74	0.4641
Nitrógeno	150 vs. 450	-2252.39	1016.12	55	-2.22	0.0308
Nitrógeno	300 vs. 450	-1503.22	1016.12	55	-1.48	0.1447

Cuadro 3A: Prueba de contrastes ortogonales para la variable kgMS/ha/año.

Variable y tendencia	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Valor de F	Pr > F
Edad lineal	1	55	0.68	0.4133
Edad cuadrática	1	55	0.84	0.3630
Nitrógeno lineal	1	55	34.50	<0.0001
Nitrógeno cuadrático	1	55	2.53	0.1174
Nitrógeno cúbico	1	55	1.39	0.2428

Cuadro 4A: Modelo de efectos mixtos para la variable kgMS/corte.

Efecto	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Valor de F	Pr > F
Edad	2	113	39.86	<0.0001
Nitrógeno	3	113	7.51	0.0001
Época	1	113	3.39	0.0684

Edad*Nitrógeno	6	113	0.10	0.9960
Edad*Época	2	113	5.47	0.0054
Nitrógeno*Época	3	113	0.12	0.9456
Edad*Nitrógeno*Época	6	113	0.18	0.9818

Cuadro 5A: Diferencias de medias de mínimos cuadrados para la variable kgMS/corte.

Efecto	Tratamientos comparados	Estimado	Error standard	GL	Valor de t	Pr > t
Edad	4 vs. 6	-505.40	121.93	113	-4.15	<0.0001
Edad	4 vs. 8	-1094.62	122.72	113	-8.92	<0.0001
Edad	6 vs. 8	-589.22	121.93	113	-4.83	<0.0001
Nitrógeno	0 vs. 150	-459.44	139.88	113	-3.28	0.0014
Nitrógeno	0 vs. 300	-515.12	139.88	113	-3.68	0.0014
Nitrógeno	0 vs. 450	-616.45	142.27	113	-4.33	<0.0001
Nitrógeno	150 vs. 300	-55.6750	139.88	113	-0.40	0.6914
Nitrógeno	150 vs. 450	-157.00	142.27	113	-1.10	0.2721
Nitrógeno	300 vs. 450	-101.33	142.27	113	-0.71	0.4778
Edad * Época	4 máx vs. 6 máx	-563.72	171.32	113	-3.29	0.0013
Edad * Época	4 máx vs. 8 máx	-1471.23	171.32	113	-8.59	<0.0001
Edad * Época	4 máx vs. 4 mín	-106.38	173.53	113	-0.61	0.5411
Edad * Época	4 máx vs. 6 mín	-553.47	171.32	113	-3.23	0.0016
Edad * Época	4 máx vs. 8 mín	-824.39	173.53	113	-4.75	<0.0001
Edad * Época	6 máx vs. 8 máx	-907.51	171.32	113	-5.30	<0.0001
Edad * Época	6 máx vs. 4 mín	457.34	173.53	113	2.64	0.0096
Edad * Época	6 máx vs. 6 mín	10.2542	171.32	113	0.06	0.9524
Edad * Época	6 máx vs. 8 mín	-260.67	173.53	113	-1.50	0.1358
Edad * Época	8 máx vs. 4 mín	1364.85	173.53	113	7.87	<0.0001
Edad * Época	8 máx vs. 6 mín	917.76	171.32	113	5.36	<0.0001
Edad * Época	8 máx vs. 8 mín	646.83	173.53	113	3.73	0.0003
Edad * Época	4 mín vs. 6 mín	-447.09	173.53	113	-2.58	0.0113
Edad * Época	4 mín vs. 8 mín	-718.02	175.75	113	-4.09	<0.0001
Edad * Época	6 mín vs. 8 mín	-270.93	173.53	113	-1.56	0.1213

Cuadro 6A: Prueba de contrastes ortogonales para la variable kgMS/corte.

Variable y tendencia	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Valor de F	Pr > F
Edad lineal	1	113	79.56	<0.001
Edad cuadrática	1	113	0.16	0.6919
Nitrógeno lineal	1	113	17.99	<0.001
Nitrógeno cuadrático	1	113	3.22	0.0753
Nitrógeno cúbico	1	113	1.03	0.3126

Cuadro 7A: Modelo de efectos mixtos para la variable Tasa de crecimiento diario.

Efecto	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Valor de F	Pr > F
Edad	2	113	1.89	0.1562
Nitrógeno	3	113	10.54	<0.0001
Época	1	113	1.50	0.2231
Edad*Nitrógeno	6	113	0.42	0.8621
Edad*Época	2	113	4.56	0.0125
Nitrógeno*Época	3	113	0.15	0.9272
Edad*Nitrógeno*Época	6	113	0.24	0.9609

Cuadro 8A: Diferencias de medias de mínimos cuadrados para la variable Tasa de crecimiento diario.

Efecto	Tratamientos comparados	Estimado	Error standard	GL	Valor de t	Pr > t
Nitrógeno	0 vs. 150	-11.3250	3.0148	113	-3.76	0.0003
Nitrógeno	0 vs. 300	-13.0806	3.0148	113	-4.34	<.0001
Nitrógeno	0 vs. 450	-15.8880	3.0662	113	-5.18	<.0001
Nitrógeno	150 vs. 300	-1.7556	3.0148	113	-0.58	0.5615
Nitrógeno	150 vs. 450	-4.5630	3.0662	113	-1.49	0.1395
Nitrógeno	300 vs. 450	-2.8074	3.0662	113	-0.92	0.3618
Edad * Época	4 máx vs. 6 máx	2.075	3.6923	113	0.56	0.5752
Edad * Época	4 máx vs. 8 máx	-3.0208	3.6923	113	-0.82	0.415
Edad * Época	4 máx vs. 4 mín	-3.8886	3.7401	113	-1.04	0.3007
Edad * Época	4 máx vs. 6 mín	2.3292	3.6923	113	0.63	0.5294

Edad * Época	4 máx vs. 8 mín	8.515	3.7401	113	2.28	0.0247
Edad * Época	6 máx vs. 8 máx	-5.0958	3.6923	113	-1.38	0.1703
Edad * Época	6 máx vs. 4 mín	-5.9636	3.7401	113	-1.59	0.1136
Edad * Época	6 máx vs. 6 mín	0.2542	3.6923	113	0.07	0.9452
Edad * Época	6 máx vs. 8 mín	6.44	3.7401	113	1.72	0.0878
Edad * Época	8 máx vs. 4 mín	-0.8678	3.7401	113	-0.23	0.8169
Edad * Época	8 máx vs. 6 mín	5.35	3.6923	113	1.45	0.1501
Edad * Época	8 máx vs. 8 mín	11.5359	3.7401	113	3.08	0.0026
Edad * Época	4 mín vs. 6 mín	6.2178	3.7401	113	1.66	0.0992
Edad * Época	4 mín vs. 8 mín	12.4036	3.7879	113	3.27	0.0014
Edad * Época	6 mín vs. 8 mín	6.1859	3.7401	113	1.65	0.1009

Cuadro 9A: Prueba de contrastes ortogonales para la variable Tasa de crecimiento diario.

Variable y tendencia	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Valor de F	Pr > F
Edad lineal	1	113	3.15	0.0788
Edad cuadrática	1	113	0.63	0.4295
Nitrógeno lineal	1	113	26.06	<0.0001
Nitrógeno cuadrático	1	113	3.92	0.0500
Nitrógeno cúbico	1	113	1.24	0.2684

Cuadro 10A: Modelo de efectos mixtos para la variable contenido MS

Efecto	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Valor de F	Pr > F
Edad	2	117	8.59	0.0003
Nitrógeno	3	117	7.04	0.0002
Época	1	117	275.68	<.0001
Edad*Nitrógeno	6	117	0.24	0.9612
Edad*Época	2	117	2.63	0.0765
Nitrógeno*Época	3	117	2.27	0.0842
Edad*Nitrógeno*Época	6	117	0.18	0.9806

Cuadro 11A: Diferencias de medias de mínimos cuadrados para la variable contenido MS

Efecto	Tratamientos comparados	Estimado	Error standard	GL	Valor de t	Pr > t
Edad	4 vs. 6	0.06044	0.4365	117	0.14	0.8901
Edad	4 vs. 8	1.6025	0.4392	117	3.65	0.0004
Edad	6 vs. 8	1.5421	0.4365	117	3.53	0.0006
Nitrógeno	0 vs. 150	0.7972	0.5009	117	1.59	0.1142
Nitrógeno	0 vs. 300	1.875	0.5009	117	3.74	0.0003
Nitrógeno	0 vs. 450	2.0005	0.5093	117	3.93	0.0001
Nitrógeno	150 vs. 300	1.0778	0.5009	117	2.15	0.0335
Nitrógeno	150 vs. 450	1.2033	0.5093	117	2.36	0.0198
Nitrógeno	300 vs. 450	0.1255	0.5093	117	0.25	0.8058
Época	máx vs. min	-5.9303	0.3572	117	-16.6	<0.0001

Cuadro 12A: Prueba de contrastes ortogonales para la variable contenido MS.

Variable y tendencia	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Valor de F	Pr > F
Edad lineal	1	117	13.31	0.0004
Edad cuadrática	1	117	3.86	0.0519
Nitrógeno lineal	1	117	19.38	<0.0001
Nitrógeno cuadrático	1	117	0.88	0.3490
Nitrógeno cúbico	1	117	0.60	0.4387

Cuadro 13A: Modelo de efectos mixtos para la variable KMSKN

Efecto	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Valor de F	Pr > F
Edad	2	87	2.38	0.0989
Nitrógeno	2	87	6.17	0.0031
Época	1	87	1.79	0.1844
Edad*Nitrógeno	4	87	0.26	0.9044
Edad*Época	2	87	0.86	0.4281
Nitrógeno*Época	2	87	0.51	0.6018
Edad*Nitrógeno*Época	4	87	0.54	0.7045

Cuadro 14A: Diferencias de medias de mínimos cuadrados para la variable KMSKN.

Efecto	Tratamientos comparados	Estimado	Error standard	GL	Valor de t	Pr > t
Nitrógeno	150 vs. 300	11.8864	4.4737	87	2.66	0.0094
Nitrógeno	150 vs. 450	15.0504	4.5504	87	3.31	0.0014
Nitrógeno	300 vs. 450	3.1640	4.5504	87	0.70	0.4887

Cuadro 15A: Prueba de contrastes ortogonales para la variable KMSKN.

Variable y tendencia	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Valor de F	Pr > F
Edad lineal	1	87	3.56	0.0625
Edad cuadrática	1	87	1.19	0.2777
Nitrógeno lineal	1	87	10.94	0.0014
Nitrógeno cuadrático	1	87	1.25	0.2661

Cuadro 16A: Modelo de efectos mixtos para la variable FDN.

Efecto	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Valor de F	Pr > F
Edad	2	108	5.21	0.0069
Nitrógeno	3	107	2.88	0.0392
Época	1	107	33.95	<0.0001
Edad*Nitrógeno	6	107	1.75	0.1165
Edad*Época	2	107	25.60	<0.0001
Nitrógeno*Época	3	107	0.84	0.4759
Edad*Nitrógeno*Época	6	107	1.80	0.1058

Cuadro 17A: Diferencias de medias de mínimos cuadrados para la variable FDN.

Efecto	Tratamientos comparados	Estimado	Error standard	GL	Valor de t	Pr > t
Edad	4 vs. 6	0.8427	0.2862	107	2.94	0.0040
Edad	4 vs. 8	0.7619	0.2890	108	2.64	0.0096
Edad	6 vs. 8	-0.08082	0.2855	107	-0.28	0.7776

Nitrógeno	0 vs. 150	0.06250	0.3221	107	0.19	0.8465
Nitrógeno	0 vs. 300	0.5066	0.3251	107	1.56	0.1221
Nitrógeno	0 vs. 450	0.8606	0.3352	107	2.57	0.0116
Nitrógeno	150 vs. 300	0.4441	0.3279	107	1.35	0.1784
Nitrógeno	150 vs. 450	0.7981	0.3372	107	2.37	0.0197
Nitrógeno	300 vs. 450	0.3540	0.3396	107	1.04	0.2995
Época	máx vs. mín	1.3633	0.2340	107	5.83	<0.0001
Edad * Época	4 máx vs. 6 máx	-0.4451	0.4131	107	-1.08	0.2837
Edad * Época	4 máx vs. 8 máx	-1.2741	0.4143	108	-3.08	0.0027
Edad * Época	4 máx vs. 4 mín	-0.8525	0.4082	107	-2.09	0.0391
Edad * Época	4 máx vs. 6 mín	1.2780	0.4039	107	3.16	0.0020
Edad * Época	4 máx vs. 8 mín	1.9454	0.4088	107	4.76	<0.0001
Edad * Época	6 máx vs. 8 máx	-0.829	0.4106	107	-2.02	0.0460
Edad * Época	6 máx vs. 4 mín	-0.4075	0.4057	107	-1.00	0.3175
Edad * Época	6 máx vs. 6 mín	1.7230	0.4012	107	4.29	<0.0001
Edad * Época	6 máx vs. 8 mín	2.3904	0.4057	107	5.89	<0.0001
Edad * Época	8 máx vs. 4 mín	0.4216	0.4067	108	1.04	0.3023
Edad * Época	8 máx vs. 6 mín	2.5521	0.4018	107	6.35	<0.0001
Edad * Época	8 máx vs. 8 mín	3.2195	0.4057	107	7.94	<0.0001
Edad * Época	4 mín vs. 6 mín	2.1305	0.3961	107	5.38	<0.0001
Edad * Época	4 mín vs. 8 mín	2.7979	0.4012	107	6.97	<0.0001
Edad * Época	6 mín vs. 8 mín	0.6674	0.3961	107	1.68	0.0950

Cuadro 18A: Prueba de contrastes ortogonales para la variable FDN.

Variable y tendencia	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Valor de F	Pr > F
Edad lineal	1	108	6.95	0.0096
Edad cuadrática	1	107	3.51	0.0639
Nitrógeno lineal	1	107	8.18	0.0051
Nitrógeno cuadrático	1	107	0.39	0.5354
Nitrógeno cúbico	1	107	0.21	0.6506

Cuadro 19A: Modelo de efectos mixtos para la variable FDA.

Efecto	Grados de	Grados de	Valor de F	Pr > F
--------	-----------	-----------	------------	--------

	libertad del numerador	libertad del denominador		
Edad	2	107	0.32	0.7254
Nitrógeno	3	107	0.70	0.5518
Época	1	107	37.35	<0.0001
Edad*Nitrógeno	6	107	1.07	0.3863
Edad*Época	2	107	0.36	0.6981
Nitrógeno*Época	3	107	1.99	0.1193
Edad*Nitrógeno*Época	6	107	1.90	0.1335

**Cuadro 20A: Diferencias de medias de mínimos cuadrados para la variable
FDA.**

Efecto	Tratamientos comparados	Estimado	Error standard	GL	Valor de t	Pr > t
Época	máx vs. min	1.3000	0.2127	107	6.11	<0.0001