

INTERSEDES

Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica



Vista aérea de manglar de Sierpe. Boca Zarate.

Productividad del pasto *Brachipará (b.arrecta x b.mutica)* con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en Guanacaste, Costa Rica

Roberto Cerdas

Eithel Vallejos

www.intersedes.ucr.ac.cr

ISSN 2215-2458

Vol. XIV, N°27 (2013)

Consejo Editorial Revista InterSedes

Director de la Revista:
Dr. Edgar Solano Muñoz. Sede de Guanacaste

Consejo Editorial:

M.Sc. Jorge Bartels Villanueva. Sede del Pacífico. Economía
M.Sc. Oriester Abarca. Sede del Pacífico. Derecho. Filosofía
Dra. Ethel García. Sede de Occidente. Historia.
Dra. Magdalena Vásquez. Sede Occidente. Literatura
M.L. Guillermo González . Sede Atlántico. Filología
M.Ph. Jimmy Washburn. 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: Sigrid Orellana Villafuerte. Sede Guanacaste

Fotografía de caratula: Manglar Boca de Sierpe. Cortesía Omar Lizano.

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.



Productividad del pasto Brachipará (*b.arrecta x b.mutica*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en Guanacaste, Costa Rica ¹

Productivity of Brachipara grass (*B. arrecta x B. mutica*) under different nitrogen fertilizer doses and harvest frequencies in Guanacaste, Costa Rica

Roberto Cerdas ²

Eithel Vallejos ³

Recibido: 04.05.12.

Aceptado: 29.06.12

Resumen

Esta investigación realizó un ensayo en pasto Brachipará (Tangola), en Santa Cruz, Guanacaste, localidad situada a 54 m de altitud y con una precipitación anual de 1834 mm. Dicho estudio evaluó la producción de fitomasa verde, la fitomasa seca, el crecimiento del pasto y la densidad del forraje del pasto Brachipará sometido a tres dosis de fertilización nitrogenada (0,100 y 200 kg.ha⁻¹.año⁻¹) por año y tres edades de corte (30, 60 y 90 días). La producción de fitomasa seca incrementó con las dosis de nitrógeno en 2997,90 kg, 4708,33 kg y 6583,33 kg MS.ha⁻¹, cuando se aportaron cantidades anuales de 0, 100 y 200 kgN.ha⁻¹. El rendimiento de fitomasa seca por hectárea fue afectada por la edad, reportando valores de 2227,08 kg a los 20 días, 5031,25 a los 40 días y de 7031,25 kg a los 60 días de edad. También, el pasto Brachipará mostró una densidad del forraje de 26,88 kg, 32,93 kg y 45,87 kg MS.ha⁻¹.cm⁻¹, con la aplicación de 0 kg, 100 kg ó 200 kg ha⁻¹.año⁻¹, respectivamente. Se calcularon ecuaciones múltiples para algunas variables evaluadas. Por lo tanto, se recomienda en pasto Brachipará la aplicación de 200 kg N.ha⁻¹.año⁻¹.

Palabras clave: B.arrecta x B.mutica, Brachipará, fitomasa, nitrógeno, frecuencias de corte

Abstract:

A trail on Brachipará (Tangola) grass was conducted in Santa Cruz, Guanacaste which is located 54 masl and has an annual rainfall precipitation of 1,834 mm. The production of green and dry phytomass, as well as grass growth and forage density, were evaluated for the Brachipara grass under three dosage levels of nitrogen fertilizer (0, 100 y 200 kg.ha⁻¹.year⁻¹) per year and three different harvest frequencies (30, 60 y 90 days). The production of dry phytomass increased with higher nitrogen doses: 2,997.90 kg with 0 kgN.ha⁻¹, 4,708.33 kg with 100 kgN.ha⁻¹ and 6,583.33 kg MS.ha⁻¹ with 200 kgN.ha⁻¹ application. The Brachipará grass likewise exhibited a similar pattern in relation to forage density and nitrogen fertilizer applications. In this manner, the 0 kgN application yielded 26,88 kg MS.ha⁻¹.cm⁻¹ where the 100 kg application yielded 32,93 kg MS.ha⁻¹.cm⁻¹ and the 200 kg dosage produced 45,87 kg MS.ha⁻¹.cm⁻¹. Furthermore, the performance of dry phytomass per

¹ Los autores desean agradecer al MSc. Carlos Echandi, de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica, por el apoyo en los análisis estadísticos.

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

³ Costarricense. Agrónomo. Docente e investigador de la Universidad de Costa Rica. Sede Guanacaste. Email: eithel_vr@hotmail.com

hectare was affected by age, reporting values of 2227,08 kg at 20 days, 5031,25 at 40 days and 7031,25 kg at 60 days of age respectively. Multiple equations were calculated for some of the variables under evaluation and it was concluded that for Brachipará grass, it is recommendable to apply 200 kg N.ha⁻¹.year⁻¹.

Keywords: B.arrecta x B. mutica, Brachipara grass, phytomass, nitrogen, harvest frequencies

Introducción

En la provincia de Guanacaste se encuentran varias zonas de bajura con suelos de baja fertilidad y permeabilidad, anegados varios meses del año. Estos terrenos se dedican a la producción animal de doble propósito (algo de leche y algo de carne) y los pastos mejorados no han tenido un comportamiento productivo adecuado.

El pasto Brachipará (Tangola) parece adaptarse muy bien a estos ecosistemas, que incluyen algunas parcelas en los asentamientos con riego, como es el caso de una finca de leche en Cañas, Guanacaste, que mantiene un sistema rotacional de potreros de Brachipará, desde hace 8 años, con buenos resultados (Sirias, 2012).

El pasto Brachipará (*B. arrecta x B. mutica*) es un híbrido natural entre el pasto Tanner (*Brachiaria arrecta* (Dur y Schinz) Stent) y el pasto Pará (*Brachiaria mutica* (Forssk) Stapf) y fue descubierto por Cristóbal Lemos en 1968, en su finca compuesta de los pastos Tanner y Pará, en el norte del estado de Río Janeiro, la clasificación y el nombre se debe a un estudio citológico realizado en Brasil (Andrade et. al., 2009b).

La clasificación taxonómica del material vegetativo utilizado en el presente ensayo fue confirmada en la sección de pastos de la facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica, como pasto Brachipará (*B. arrecta x B. mutica*) o Tangola como se conoce en América del Sur (Montiel y Villalobos, 2012).

Este pasto es una gramínea perenne, estolonífera, que produce muchas raíces en los nudos en contacto con el suelo y en los potreros alcanza alturas de 0.5 a 1.0 metros. Tiene hojas cortas y anchas parecidas a las del pasto Tanner. El Brachipará presenta características de ambas especies progenitoras con hojas glabras, nudos más o menos peludos, las inflorescencias en panículas abiertas. Es una forrajera, muy agresiva, adaptada a suelos poco fértiles y crece bien tanto en ambientes secos como en lugares húmedos o inundados parte del año (Andrade et.al., 2009b).

Embrapa-Acre, en Brasil, realizó un estudio de caracterización del pasto Brachipará (Tangola) y sus progenitores, Tanner y Pará (Cuadro A1) para diferenciarlos. Esta investigación

encontró que los pastos Brachipará y Tanner presentan culmos verde-purpúreos, mientras que en el Pará el culmo es verde; la cara inferior de la lámina foliar del pasto Tanner es glabra, pero los otros dos poseen algunos pelos (Figuras A1 y A2). El Pará tiene muchos pelos en la vaina foliar y un denso collar piloso en los nudos del culmo, el Brachipará posee pocos pelos en la vaina y los nudos y el Tanner es glabro en la vaina y los nudos (citado en Andrade et.al., 2009b). Por otra parte, las espiguillas de la inflorescencia se encuentran agrupadas en el raquis en el Pará, mientras que en el Brachipará y Tanner la inserción de las espiguillas es simple (Keller-Grein, Maass y Hanson, 1998).

Los pastos Tanner, Pará y Brachipará pueden sobrevivir tanto en tierra firme como en terrenos anegados. La apertura de los estomas y otras actividades fisiológicas del *B. mutica* no fueron afectadas por las inundaciones. Esa mayor tolerancia a los terrenos pantanosos puede ser atribuido a una mayor difusión de oxígeno a las raíces a través de los estolones huecos, al desarrollo de raíces adventicias que compensan la reducción de oxígeno en el suelo y permiten el mantenimiento de la actividad radicular (Baruch, 1994b). Debido a lo anterior, todos los pastos estoloníferos son más resistentes a las inundaciones (Baruch, 1994a).

Aunado a esto, al comparar varios parámetros de adaptación al medio del pasto Brachipará con sus parientes, se encontró que era más resistente a la sequía que el Tanner y el Pará; superior al Pará e igual al Tanner en resistencia al fuego; igual que el Pará y el Tanner en resistencia a la sombra, más resistente a la acidez del suelo que el Pará e igual al Tanner (Andrade et.al., 2009b; Guenni, 2002).

Posiblemente las mismas plagas que atacan a las brachiarias, ataquen al Brachipará. Algunas de las reportadas son Spodoptera, Blissus (Valerio, 1999), Moci y la principal la “baba de culebra” o “salivazo” (*Aeneolamia postica*, *Zulia vilior* y *Prosapia bicincta* presentes en Guanacaste). En Guanacaste esta última plaga ha sido controlada eficientemente con Thiamethoxam (Sirias, 2012) y *Metarhizium anisopliae* (Sáenz, 1999) ya que si no se controla a tiempo puede dañar (quemar) todo el forraje de la finca (Fazolin et.al, 2009).

Durante las sequías prolongadas (y otros factores medioambientales que afectan la planta), los nitratos se acumulan en cantidades anormalmente altas en los tejidos. Cuando se presentan las lluvias o cuando se aplica riego a los potreros, el nitrógeno se moviliza y se convierte en proteína, en el proceso normal de transformación del nitrógeno en la planta. El peligro de intoxicación se presenta al ofrecer a los animales forrajes que todavía tienen concentraciones muy altas de nitratos y nitritos en los tejidos (Bernal y Espinosa, 2003), especialmente, en la base de los tallos y los estolones que tienen mayor contenido de nitratos, lo cual depende de la actividad de la enzima nitrato reductasa, la principal limitante de la asimilación del nitrógeno exógeno en las plantas (Srivastava, 1980).

El pasto Tanner pariente directo del Brachipará, es considerado una planta acumuladora de nitratos, que puede alcanzar niveles tóxicos en algunas condiciones (Tokarnia y Dobereiner, 2002). En evaluaciones realizadas en Brasil (Andrade, Hessel y Valentim, 2009c), se encontraron niveles de nitratos en el pasto Brachipará sin fertilizar, muy inferiores (106 mg.kg^{-1} de MS) al límite seguro de consumo de plantas forrajeras (de 1000 mg.kg^{-1} a 1200 mg.kg^{-1} de materia seca). Pero, cuando se fertilizó el pasto Brachipará con 100 kg de nitrógeno por hectárea, se presentaron contenidos promedios de $304 \text{ mg NO}_3.\text{kg}^{-1}$ de materia seca del pasto, por lo que se recomienda cautela con el uso de altas dosis de nitrógeno en pasto Brachipará, durante períodos de estrés de la planta (Marinho, 2009).

Acosta (1995) recomienda no excederse al fertilizar con nitrógeno de 100 kg N por hectárea en una sola aplicación, para evitar la intoxicación por nitratos, mientras Cabalceta (1999) indica que la dosis máxima debería ser inferior a 40 kg de nitrógeno por hectárea en cada aplicación.

Debido a los datos indicados anteriormente, existen muchas preguntas sobre el manejo del pasto Brachipará que no han sido solucionadas y poca investigación e información desarrollada en este pasto. Este trabajo tiene el propósito de determinar el nivel más adecuado de fertilización y la mejor edad para pastorear el Brachipará en las condiciones edafoclimáticas de Guanacaste.

Materiales y métodos

Ubicación y caracterización del área experimental

La Finca Experimental de Santa Cruz de la Universidad de Costa Rica, donde se plantó este ensayo, se encuentra a una altitud de 54 msnm ; posee una precipitación promedio de 1834 mm.año^{-1} , temperatura media anual de $27,9 \text{ }^\circ\text{C}$, con evaporación media diaria de $6,8 \text{ mm}$. y radiación solar global diaria de $18,7 \text{ MJ}$. Esta zona presenta valores pluviométricos mínimos de diciembre a abril y dos períodos lluviosos de mayo a junio y de agosto a noviembre (Instituto Meteorológico Nacional, 2011). 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 2009.

Cuadro 1. Condiciones edáficas del ensayo en Santa Cruz, Guanacaste, 2009-2010 (Cafesa, 2009)

H_2O	%	$cmol(+).L^{-1}$					$mg.L^{-1}$			
pH	MO	K	Ca	Mg	AcE	P	Fe	Cu	Zn	Mn
6.0	3.02	0.52	16.51	5.80	0.13	7	53	13	2.2	44

Establecimiento del pasto

El pasto Brachipará (Tangola) se sembró con semilla vegetativa utilizando 3000 kg.ha⁻¹ de estolones, distribuidos en forma continua dentro de surcos de 10 centímetros de profundidad. Se sembró a una distancia entre surcos de 0,4 metros, y los surcos se taparon con poca tierra, dejando cerca de la mitad de los meristemos de crecimiento descubiertos.

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 arvenses 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 tierra antes de colocar los estolones. Para el cálculo de fertilizante, se realizó un análisis del suelo (Cuadro 1).

En el período de establecimiento, se aplicaron 26 kg de nitrógeno y 34 kg de fósforo por hectárea. Además, se adicionaron 5,0 kg de potasio y 10 kg de N por hectárea en banda, 22 días después de la siembra.

A los 45 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). A los 3 meses de establecidas las parcelas, se resembraron las áreas de terreno con poca cobertura.

Manejo del experimento

El experimento inició con el corte de uniformidad a 15 cm de suelo, luego de 12 meses de la siembra del pasto, en la entrada de las segundas lluvias del año (agosto). La fertilización se realizó a los 7 días del corte con los tratamientos de nitrógeno. Además del N, se hizo una aplicación adicional de 100 kg de fósforo por hectárea por año, con el propósito de corregir las deficiencias del suelo y satisfacer las necesidades de nutrientes del pasto Brachipará. Las cantidades

anteriores se dividieron en cinco fracciones iguales durante el año para su aplicación, sin embargo para este ensayo se evaluó solo un corte durante la época lluviosa. El nitrógeno se aplicó como nitrato de amonio, según el tratamiento, el fósforo como triple superfosfato y se aportó cloruro de potasio, para suplir una pequeña cantidad de este elemento, ya que el suelo presentaba niveles altos de potasio.

Tratamientos evaluados

Se evaluaron tres dosis de fertilizante nitrogenado: 0, 100 y 200 kg por hectárea durante el año y tres edades de corte, a los 20, 40 y 60 días. Luego del corte de uniformidad se realizó la cosecha según la edad del tratamiento a 15 cm del suelo. Se sembraron cuatro repeticiones por tratamiento y la unidad experimental fue de 36 m², rodeada de callejones de 2 metros de ancho. Para el muestreo, se pesaron sólo 16 metros cuadrados del centro de la parcela y se eliminaron los bordes. Asimismo, se realizaron cuatro medidas de altura de cada parcela, hacia los 4 puntos cardinales.

Las muestras de follaje se secaron en una estufa para forrajes a 65 °C durante 72 horas. Alrededor del grupo de parcelas de cada fuente de nitrógeno, se excavó un surco de 30 cm de profundidad, para evitar la contaminación por arrastre de los fertilizantes.

Diseño experimental y análisis estadístico

El ensayo se planteó en el campo como un diseño irrestricto, al azar, con un arreglo de tratamientos factorial en parcelas divididas, donde el factor edades de corte correspondió a la parcela grande y las dosis de nitrógeno y la interacción, a la parcela pequeña.

Los datos de las variables evaluadas a saber, producción de fitomasa verde, producción de fitomasa seca, crecimiento de fitomasa, altura de planta y densidad de fitomasa se analizaron mediante el correspondiente análisis de varianza (InfoStat 2002) y el análisis se basó en la comparación de las medias de los tratamientos combinados, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). De igual forma, en vista de que los factores principales presentaron niveles crecientes de nitrógeno y edades de corte, se utilizó una división de la variabilidad a partir de pruebas comparativas de un grado de libertad mediante el empleo de coeficientes polinomiales (Gómez y Gómez 1984). Esta aproximación permitió dividir la correspondiente variabilidad a la interacción siguiendo los criterios anteriores dentro de los factores principales, de modo que permitiese estimar los parámetros de un análisis de regresión múltiple a partir de las fuentes de variación significativas.

Resultados y discusión

Producción de biomasa verde

La producción de forraje verde mostró diferencias significativas cuando se aplicó nitrógeno (N), con las diferentes edades de corte del pasto Brachipará (E) y con la interacción de Nx E, ($p \leq 0,0001$). Todas las dosis de fertilizante utilizadas incrementaron significativamente la producción de fitomasa verde ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) del pasto Brachipará como se muestra en el Cuadro 2. El incremento en forraje verde por hectárea fue 88% superior cuando se fertilizó sin la aplicación de fertilizante, aunque esta superioridad se distribuyó en un incremento de 57% entre 0 y $100 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ y de 40% entre 100 y $200 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$.

En el manejo del pasto Brachipará se debe tener cuidado con el uso de dosis altas de nitrógeno, la fuente de nitrógeno, la época del año y cualquier estrés que la planta esté sufriendo en el momento de la fertilización. Por lo que se indica que, en pastos de producción moderada, no se debe utilizar más de $40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ por aplicación o rotación y que antes de la época de verano no se debe aplicar urea, mejor utilizar nitrato de amonio como fuente de nitrógeno o una fórmula completa, para evitar la intoxicación con nitratos (Bernal y Espinosa, 2003). En el pasto Tanner, y posiblemente en su pariente natural el Brachipará, las hojas presentan una actividad de la enzima “nitrato reductasa” dos o tres veces mayor en las hojas que en los tallos y estolones (Cazetta y Villela, 2004); lo que explica la mayor concentración de nitrato sin convertir en estas estructuras. El pasto Brachipará posee el doble de tallos que hojas y con bajas presiones de pastoreo la cantidad de tallos aumenta (Perozo, González y Ortega, 2009) y se incrementa el riesgo.

Cuadro 2. Producción de fitomasa verde del pasto Brachipará en Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2010

<i>Efecto</i>	<i>Fitomasa Verde kg.ha⁻¹</i>
<i>Dosis de N kg.ha⁻¹.año⁻¹</i>	
0	2997,92 c
100	4708,33 b
200	6583,33 a
<i>Edad, días</i>	
20	2227,08 c
40	5031,25 b
60	7031,25 a

a, b, c muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher .

En el Cuadro 2, se observa un aumento significativo en la producción de fitomasa verde, conforme el pasto Brachipará se utiliza a mayor edad (20, 40 y 60 días). El mayor incremento de fitomasa ocurrió al cosechar a los 60 días, con 7031,25 kg.ha⁻¹, El aumento entre las cosechas fue de 126% entre 20 y 40 días y de 40% entre los 40 y 60 días.

Aunque no se realizaron análisis de valor nutritivo del pasto, parece que la edad adecuada de cosecha se encuentra entre 20 y 40 días ya que en las parcelas de 60 días se observó mayor cantidad de estolones, más material senescente y algo de floración al momento de la cosecha.

También, se realizó un análisis de regresión y se calculó una ecuación múltiple de producción de fitomasa verde (Ec.1), que podrían utilizarse para predecir la producción de forraje verde en Santa Cruz, Guanacaste (Cuadro A 2), bajo las condiciones edafoclimáticas indicadas.

Ec.1 Forraje verde del Brachipará, Santa Cruz, Guanacaste.

$$FV_b = -836,806 - 8,604N + 95,182E + 1,243NE - 0,0124NE^2 \quad R^2 = 0,998 \quad (p \leq 0,000001)$$

donde: FV_b = fitomasa verde de Brachipará kg. ha⁻¹, N = dosis de nitrógeno en kg.ha⁻¹.año⁻¹ y E = edad en días.

Todos los coeficientes de la ecuación 1, fueron significativos ($p \leq 0,01$).

Producción de fitomasa seca

El pasto Brachipará presentó en este ensayo valores de fitomasa seca diferentes con la aplicación de nitrógeno (N), con las diferentes edades de corte del pasto (E) y con la interacción de NxE, ($p \leq 0,0001$). Como se indica en el Cuadro 3, todas las dosis de nitrógeno aplicadas al pasto afectaron significativamente la producción de fitomasa seca en kilogramos por hectárea. La magnitud del incremento fue de 54% entre 0 y 100 kgN. ha⁻¹. año⁻¹ y de 46% entre 100 y 200 kgN. ha⁻¹. año⁻¹ al compararlo con la producción de las parcelas donde no se adicionó nitrógeno.

Cuadro 3. Producción de fitomasa seca del pasto Brachipará en Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2010

<i>Efecto</i>	<i>Fitomasa Seca</i> <i>kg.ha⁻¹</i>
<i>Dosis de N</i>	
<i>kg.ha⁻¹.año⁻¹</i>	
0	1317,53 c
100	2023,43 b
200	2950,57 a
<i>Edad, días</i>	
20	825,23 c
40	2063,09 b
60	3403,22 a

a, b, c muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher

Según Bernal y Espinosa (2003), el efecto más notable de la fertilización de pastos es el incremento en el rendimiento de materia seca; esta respuesta es la que generalmente se analiza para demostrar los beneficios obtenidos con la fertilización. Pero la aplicación de nutrientes afecta también la calidad de los forrajes, que se miden al evaluar diferentes parámetros como el contenido de proteína. El tercer efecto se manifiesta en el animal con un aumento en la producción de carne y leche o por un incremento en la capacidad de carga del potrero.

La producción de fitomasa seca del pasto Brachipará fue de 2023,43 kg y 2950,57 kg de MS.ha⁻¹, cuando se asignaron a las parcelas experimentales 100 kg y 200 kgN.ha⁻¹.año⁻¹, respectivamente, como promedio de las diferentes edades de corte. Andrade et.al (2009a) reportaron producciones del pasto Brachipará de 2250 kg y 2910 kg MS.ha⁻¹ con la aplicación de 100 kg y 250

kg de N.ha⁻¹.año⁻¹, en períodos de 35 días, similares a los encontrados en este trabajo. Sin embargo, otros autores indicaron rendimientos superiores de 3784 kgMS.ha⁻¹, con períodos de descanso de 28 días, en Brachipará (Duarte et. al, 2005).

La producción de forraje seco aumentó significativamente conforme incrementó la edad de cosecha (Cuadro 3). Este aumento fue de 150% y 65% con cosechas de los 20 a los 40 días y de los 40 a los 60 días, respectivamente.

A pesar de que no se realizaron análisis de valor nutritivo, es posible que el forraje producido a los 60 días sea de baja calidad, ya que se observó mayor cantidad de estolones, algo de floración y más material senescente, al momento de cosechar las parcelas de 60 días.

Otro hecho, que apoya la hipótesis anterior, fue que los tratamientos de 60 días presentaron contenidos de materia seca (%), significativamente superiores a los tratamientos de 20 y 40 días (38%*c*, 41%*b* y 48%*a*, para 20, 40 y 60 días respectivamente).

Homen, Entrenan y Arriojas (2010), en Venezuela, indicaron valores de producción del pasto Tanner, pariente muy cercano del Brachipará, de 659 kg (a los 21 días), 5032 kg (a los 42 días) y de 5669 kg MS.ha⁻¹ (a los 56 días), cuando se fertilizó con 30 kg N, 60 kg P₂O₅ y 30 kg de K₂O por hectárea.

Además, se realizó un análisis de regresión y se calculó una ecuación múltiple de producción de fitomasa verde (Ec.2), para predecir la producción de forraje seco (Cuadro A 3), bajo las condiciones edafoclimáticas de Santa Cruz, Guanacaste.

Ec.2 Forraje seco del Brachipará, Santa Cruz, Guanacaste.

$$FS_b = -544,308 + 0,6349N + 45,624E + 0,1883NE \quad R^2 = 0,994 \quad (p \leq 0,00001)$$

donde: FS_b = fitomasa seca de Brachipará kg. ha⁻¹, N = dosis de nitrógeno en kg.ha⁻¹.año⁻¹ y E = edad en días.

Todos los coeficientes de la ecuación 1, fueron significativos ($p \leq 0,01$).

Crecimiento diario de fitomasa

Al analizar las medias de crecimiento de fitomasa diario en kilogramos de materia seca por hectárea y por día (Cuadro 4), se observan diferencias estadísticas para las dosis de nitrógeno (N) y la edad (E) del corte ($p \leq 0,0001$), pero no para la interacción NxE.

Cuadro 4. Crecimiento diario de fitomasa del pasto Brachipará en Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2010

<i>Efecto</i>	<i>Crecimiento Fitomasa</i> <i>kg MS.ha⁻¹.día⁻¹</i>
<i>Dosis de N</i>	
<i>kg.ha⁻¹.año⁻¹</i>	
0	30,30 c
100	47,87 b
200	71,39 a
<i>Edad, días</i>	
20	41,26 c
40	51,58 b
60	56,72 a

a, b, c muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher.

La fertilización nitrogenada incrementó el crecimiento diario de biomasa. Este incremento fue 97% superior respecto del testigo sin fertilizante, como promedio de los aumentos de 58% y 49% entre 0-100 y 100-200 kg N.ha⁻¹.año⁻¹.

Segundo Souto (1978, citado por Andrade, 2009b), al estudiar 25 brachiarias, durante el período lluvioso en suelos de baja permeabilidad, indicó que la mejor tasa de crecimiento fue la del Brachipará con 52,2 kg MS.ha⁻¹.día⁻¹, valor similar a los encontrados en este ensayo. Además, el pasto presentó una rápida cobertura del potrero y durante la época seca el crecimiento fue de 14,0 kg MS.ha⁻¹.día⁻¹.

El nuevo crecimiento de los pastos tropicales que acumulan sus reservas por encima de la superficie del suelo, es estimulado tanto por el área foliar remanente luego del pastoreo, como por la acumulación de carbohidratos no estructurales (solubles) y el mejor crecimiento se presenta cuando ambos son altos (Bernal y Espinosa, 2003).

El efecto de la edad del corte, sobre el crecimiento del pasto fue inferior a menor edad, con valores de 41,26 kg, 51,58 kg y 56,72 kg MS.ha⁻¹.día⁻¹ para los 20, 40 y 60 días, como lo señala el Cuadro 4. Este comportamiento anormal se debe en parte al incremento de fitomasa madura y senescente, inicio de la floración y un gran contenido de estolones presentes en las parcelas de 60 días. Por falta de análisis del valor nutritivo del pasto, no se pudo cuantificar la calidad de esa fitomasa; pero el contenido de materia seca (%) del forraje fue significativamente mayor a los 60 días de cosecha (48%), que a los 20 y 40 días.

Al definir el momento de corte del forraje, es necesario considerar el estado de desarrollo y la altura de la planta, porque este busca que el aumento en el contenido de N compense por la reducción en la producción de materia seca, para maximizar la producción de proteína (Bernal y Espinoza, 2003).

Altura del pasto

Los muestreos de altura del pasto, en centímetros señalan diferencias estadísticas (Cuadro 5), para las dosis de nitrógeno (N) y la edad (E) del corte ($p \leq 0,0001$), pero no para la interacción NxE.

Cuadro 5. Altura del pasto Brachipará en Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2010

<i>Efecto</i>	<i>Altura, cm</i>
<i>Dosis de N</i>	
<i>kg.ha⁻¹.año⁻¹</i>	
0	46,33 b
100	59,71 a
200	62,54 a
<i>Edad, días</i>	
20	50,08 c
40	56,08 b
60	62,42 a

a, b, c muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher.

Todas las dosis de fertilizante utilizadas incrementaron significativamente la altura (cm) del pasto como se muestra en el mismo Cuadro 5. El incremento en la altura de la planta fue 32%

superior cuando se fertilizó, que sin la aplicación de fertilizante, aunque no hubo diferencia entre aplicar 100 kg de N ó 200 kg N.ha⁻¹.año⁻¹, sobre la altura de la planta.

Al observar solo el parámetro de altura, la dosis por aplicar debería ser de 100 kgN.ha⁻¹.año⁻¹, o una dosis intermedia entre 100 kg y 200 kg N.ha⁻¹.año⁻¹, incluyendo todos los aspectos analizados anteriormente.

Varios investigadores han encontrado alturas inferiores a las del Cuadro 5, al evaluar pasto Brachipará en pastoreo, con varios niveles de fertilización del orden de 32 cm y 35 cm, cuando aportaron 100 kg y 250 kg N.ha⁻¹.año⁻¹, similares a los obtenidos con el pasto *Digitaria sp.* de 33 cm y 35 cm para las mismas dosis, en un período de 35 días (Andrade et. al, 2009a). También, Duarte et.al. (2005) reportan una altura promedio de 42 cm y cobertura del potrero de 81% en pasto Brachipará, al compararlo con *B. humidícola* que mostró una altura de 32 cm y cobertura de 72% en descansos de 28 días.

Luego de varias evaluaciones del pasto Brachipará en Brasil (Andrade et.al, 2009b), se recomienda ingresar los animales a los potreros cuando el pasto tenga una altura de 45 cm y sacarlo cuando el residuo tenga una altura de 25 cm en la época lluviosa, pero en la época seca esos valores deben ser de 35 cm y 20 cm, para la entrada y la salida respectivamente. Otra sugerencia es que este pasto se maneje en forma rotacional, utilizando de 5 a 10 apartos, con un descanso de 28 a 35 días y de 3 a 7 días de ocupación.

La edad de cosecha afectó significativamente la altura de la planta (Cuadro 5) conforme incrementó la cosecha a los 20, 40 y 60 días. A los 60 días, se notó una mayor cantidad de material muerto en las parcelas. Lo anterior hace suponer una caída del valor nutritivo y de la relación hoja-tallo de la plantas en ese tratamiento. A pesar de que no se realizaron los análisis necesarios para comprobar la hipótesis, el pasto Brachipará manifiesta proporciones promedios de hojas y tallos, de 31% de hojas y 69% de estolones (Duarte et.al, 2005) y relaciones hoja-tallo de 0,72 que representa cerca de 42% de hojas y 58% de estolones (Andrade et. al, 2009a). Los datos anteriores demuestran que el pasto Brachipará presenta el doble de estolones que hojas, lo que limita el valor nutritivo de la planta y el consumo por parte del animal.

Densidad de forraje

Las medias de densidad de forrajes mostraron diferencias significativas ($p \leq 0,0001$), cuando se aplicó nitrógeno (N), con las diferentes edades de corte del pasto Brachipará (E) y con la interacción de Nx E, ($p \leq 0,005$).

La densidad de forraje es un parámetro que se calcula dividiendo el rendimiento de forraje seco por hectárea, por la altura de la parcela; en teoría, es el promedio de cortar la parcela en

estratos de un centímetro de grosor y extrapolarlo a una hectárea. Este dato indica que tan denso o compacto es el forraje presente en el potrero.

Todas las dosis de fertilizante utilizadas incrementaron significativamente la densidad del forraje ($\text{kg MS} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) del pasto Brachipará como se observa en el Cuadro 6. El incremento en forraje verde por hectárea fue 147% superior cuando se fertilizó, que sin la aplicación de fertilizante. Esta superioridad en densidad de forraje se distribuyó en un incremento de 23% entre 0 y 100 $\text{kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ y de 39% entre 100 y 200 $\text{kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$.

Cuadro 6. Densidad del pasto Brachipará en Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2010

<i>Efecto</i>	<i>Densidad</i> <i>kg MS.ha⁻¹.cm⁻¹</i>
<i>Dosis de N</i>	
<i>kg.ha⁻¹.año⁻¹</i>	
0	26,88 c
100	32,93 b
200	45,87 a
<i>Edad, días</i>	
20	16,10 c
40	35,76 b
60	53,83 a

a,b,c,d muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher.

Entre los beneficios de fertilizar forrajes se puede observar una mayor producción de biomasa y un incremento en la altura de la planta, relación hoja-tallo, densidad, contenido de nitrógeno (proteína) y digestibilidad del forrajes. Además, se obtiene un ligero aumento en el consumo del pasto y en 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 son pocos (Cerdas, 2010).

La densidad de forraje aumentó significativamente conforme incrementó la edad de cosecha (Cuadro 6) y muestra valores de 16,10 kg, 35,76 kg y 53,83 $\text{kgMS} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ con cosechas a los 20, 40 y 60 días respectivamente. Rivas (1990) reportó densidades promedio de 32 $\text{kg MS} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$, en pasto Transvala (*Digitaria eriantha*), con el uso de 150 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, a los 35 días en Santa Cruz.

A pesar de que no se realizaron análisis de valor nutritivo, es posible que el forraje producido a los 60 días sea de baja calidad y límite en consumo del animal en pastoreo. Las observaciones durante el ensayo, parecen sugerir una edad de cosecha inferior a los 40 días, aunque todos los parámetros fueron superiores a los 60 días. Es posible que a los 60 días el valor nutritivo del Brachipará sea muy bajo, porque se han reportado (Andrade, Hessel y Valentim, 2009c) valores de proteína cruda en el pasto Brachipará inferiores al 13%, de fibra neutra detergente de 68,45% y de fibra ácida detergente de 34,5% en potreros con períodos de descanso entre 28 y 35 días.

Conclusiones y recomendaciones

El análisis de los datos expuestos anteriormente y las observaciones adicionales durante este ensayo permiten concluir que se debe utilizar una dosis de fertilizante inferior a 200 kgN. ha⁻¹. año⁻¹, en pasto Brachipará en Santa Cruz, Guanacaste.

A pesar de los datos superiores obtenidos a los 60 días, el análisis de los datos y las observaciones adicionales sugieren realizar un ensayo que evalúe el contenido de proteína y relación hoja-tallo a diferentes edades de este pasto, para recomendar el momento óptimo de cosecha.

Referencias bibliográficas

Acosta, R. (1995). **Fertilizantes y pastoreo rotacional: dos técnicas para alta producción de leche y carne.** CAFESA. San José, Costa Rica. 75 p.

Andrade A. et.al. (2009a) **Adubacao nitrogenada e irrigacao dos capins Tangola (*Brachiaria* sp.) e Digitaria (*Digitaria* sp): Massa de forragem e recuperacao de nitrogenio.** Rev. Cient.Prod. Anim., 11(1):1-14.

Andrade C.et.al. (2009b) **Capim Tangola: gramínea forrajera recomendada para solos de baixa permeabilidade do Acre.** Embrapa – Acre, Ríó Branco, Brasil. 63p.

Andrade C., Hessel C., Valentim J. (2009c) **Valor nutritivo e fatores antinutricionais nos capins estrela-africana, tangola e tanner-grass nas condicoes ambientais do Acre.** Amazonia: Ci. &Desenv., Brasil, 4(8):273-286.

Baruch Z. (1994a) **Responses to drought and flooding in tropical forage grasses I. Biomass allocation, leaf growth and mineral nutrients.** Plant and Soil 164(1):87-96.

Baruch Z. (1994b) **Responses to drought and flooding in tropical forage grasses II. Leaf water potential, photosynthesis rate and alcohol dehydrogenase activity.** Plant and Soil 164(1):97-105.

Bernal J., Espinosa J. (2003) **Manual de nutrición y fertilización de pastos.** Potash and Phosphate Institute of Canada. 94p.

Cabalceta G. (1999) **Fertilización y nutrición de forrajes de altura**. XI Congreso Agronómico Nacional, III Congreso de Suelos. UCR, San José, Costa Rica. 16p.

Cafesa (2009) **Reporte de análisis de suelo de la Finca Experimental de Santa Cruz**, Guanacaste. 1p.

Cazetta J., Villela L. (2004) **Nitrate reductase activity in leaves and stems of tanner grass (*brachiaria radicans*, napper)**. Sci. Agric. (Piracicaba, Brasil.), 61(6):640-648.

Cerdas R., (2010) **Fertilización de forrajes**. Sede de Guanacaste, Universidad de Costa Rica, Liberia, Costa Rica. 8p.

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. 83 p.

Duarte M. et.al. (2005) **Avaliacao de tres gramíneas forrageiras sob pastejo em solo de várzea**. FAPEMIG/EPAMIG, Brasil. 6p.

Fazolin, M. et.al. (2009) **Levantamento de insetos associados a os capins tanner-grass, tangola e estrela-africana no Acre**. Amazonia: Ciencia & Desenvolvimento 4(8): 527-529.

Gómez K., Gómez A. (1984) **Statistical procedures for agricultural research**. Ed. J. Wiley & Sons Inc. USA. 704 p.

Guenni O., Marín D., Baruch Z. (2002) **Responses to drought of five *Brachiaria* species. I. Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality**. Plan and Soil 243(2):229-241.

Homen M., Entrena I., Arriojas L. (2010) **Biomasa y valor nutritivo de tres gramíneas forrajeras en diferentes períodos del año en la zona de bosque húmedo tropical, Barlovento, estado Miranda**. Zootecnia Trop., 28(1): 115-127.

InfoStat (2002) **Software estadístico**. CD.Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Instituto Meteorológico Nacional (2011) **Datos meteorológicos de Liberia y Santa Cruz 2007-2010**, Guanacaste. 10p.

Keller-Grein G., Maass B., Hanson J. (1998) **Variación natural en brachiaria y banco de germoplasma existentes**. En. Miles J., Maass B., do Valle C., Kumble V. Brachiaria: Biología, agronomía y mejoramiento. Cali, Colombia, Embrapa-CIAT. 312p.

Marinho T. (2009) **Avaliação do teor de nitrato em pastagens de capim-tangola (*Brachiaria mutica* x *Brachiaria radicans*)**. Dpt. De Zootecnia, Universidad Federal de Paraná, Brasil 1p.

Montiel M., Villalobos L. (2012) **Clasificación taxonómica del Brachipará**. Escuela de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, UCR. 2p.

Perozo A., González B., Ortega J. (2009) **Efecto de la presión de pastoreo y la suplementación estratégica sobre la composición de la materia seca del pasto tanner (*Brachiaria arrecta*) antes y después del pastoreo**. Rev. Fac. Agron. (LUZ), 26(1): 39-58.

Rivas V. (1990) **Gramíneas de pastoreo bajo fertilización durante la época lluviosa en Guanacaste**. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 71 p.

Sáenz C. et.al. (1999) **Manejo integrado del salivazo, *Aeneolamia* sp. y *Prosapia* sp.** En las regiones cañeras de Costa Rica. XI Congreso Nacional Agronómico, V Congreso Nacional de Entomología. 155-159.

Sirias F. (1012) **Manejo de una finca lechera con pasto Brachipará**. Cañas, Guanacaste. 2p.

Srivastava H. (1990) **Regulation of nitrate reductase activity in higher plants**. Phytochemistry, 19(5):725-733.

Tokarnia C., Dobereiner C., Peixoto P. (2002) **Poisonous plants affecting livestock in Brazil**. Toxicon 40(12):1635-1660.

Valerio J., Vieira J., Valle L. (1999) **Ocorrência de *Blissus antillus* Leonard (Hemiptera: Lygaeidae: Blissinae) em pastagem no estado de Mato Grosso do Sul**. An.Soc. Entomol. Bras. 28 (3):527-529.

Anexos

Cuadro A1. Descripción morfológica de los pastos Tanner, Brachipará y Pará

(adaptado de Andrade et.al., 2009b)

<i>Característica</i>	<i>Tanner</i>	<i>Brachipará Tangola</i>	<i>o</i>	<i>Pará</i>
Longitud media del entrenudo, cm	7.6	8.9		6.5
Diámetro medio del entrenudo, mm	Mayor	3.9	4.1	3.9
Diámetro medio del entrenudo, mm	Menor	3.2	3.3	3.4
Color del culmo	verde-purpúreo	verde-purpúreo		verde
Longitud media de la lámina foliar, cm	9.1	13.9		17
Ancho medio de la lámina foliar, cm	1.8	1.5		1.5
Pilosidad de la lámina foliar	cara inferior glabra y superior con pocos pelos	cara inferior y superior con pocos pelos		cara inferior y superior con pocos pelos
Largo medio de la vaina, cm	6.3	8.8		8.6
Pilosidad de la vaina foliar	glabra	pocos pelos		muchos pelos
Pilosidad del nudo	glabra	pocos pelos		denso collar de pelos

Longitud media del racimo basal, cm	4.6	5.2	6.3
Números medios de racimos en la inflorescencia	8	9	11
Longitud media de las espiguilla, mm	4.6	3.1	6.3
Color de las espiguillas	verde o verde-purpúreo	verde o verde-purpúreo	verde o verde-purpúreo
Color del estigma	púrpura	púrpura	púrpura
Disposición de las espiguillas en el raquis	simples, aisladas	simples, aisladas	pareadas o agrupadas
Tipo de propagación	vegetativa	vegetativa	vegetativa

Cuadro A2. Predicción de la producción de fitomasa verde del pasto Brachipará en Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica 2010

<i>Aplicación de Nitrógeno; kg.ha⁻¹.año⁻¹</i>					
<i>Corte</i>	0	50	100	150	200
<i>días</i>	<i>Disponibilidad de Fitomasa Verde por hectárea por corte, en kilogramos</i>				
20	1067	1632	2196	2761	3326
25	1543	2279	3015	3751	4487
30	2019	2895	3771	4658	5524
35	2495	3480	4466	5451	6437
40	2971	4034	5098	6162	7226
45	3446	4557	5669	6780	7891
50	3922	5050	6177	7304	8432
55	4398	5511	6223	7736	8848
60	4874	5941	7008	8075	9141

$$FV_6 = -836,806 - 8,604N + 95,182E + 1,243NE - 0,0124NE^2 \quad R^2 = 0,998 \quad (p \leq 0,000001)$$

Cuadro A3. Predicción de la producción de fitomasa seca del pasto Brachipará en Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica 2010

<i>Aplicación de Nitrógeno; kg.ha⁻¹.año⁻¹</i>					
<i>Corte</i>	0	50	100	150	200
<i>días</i>	<i>Disponibilidad de Fitomasa Seca por hectárea por corte, en kilogramos</i>				
20	368	588	808	1028	1248
25	596	863	1131	1398	1665
30	824	1139	1453	1767	2081
35	1053	1414	1775	2136	2498
40	1281	1689	2097	2506	2914
45	1509	1964	2420	2875	3331
50	1737	2239	2742	3244	3747
55	1965	2515	3064	3614	4163
60	2193	2790	3386	3983	4580

$$FS_b = -544,308 + 0,6349N + 45,624E + 0,1883NE \quad R^2 = 0,994 \quad (p \leq 0,00001)$$



Figura A1. Características morfológicas de los pastos Pará, Brachipará y Tanner
(Andrade et.al., 2009b)

PARÁ

BRACHIPARÁ

TANNER



Pilosidad en el nudo y la vaina foliar

PARÁ

BRACHIPARÁ

TANNER



Inserción de las espiguillas en el ráquis.

Figura A2. Diferencias morfológicas de los pastos Pará, Brachipará y Tanner (Andrade et.al., 2009b)