

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y CALIDAD NUTRICIONAL DEL PASTO SUAZI (*Digitaria swazilandensis*) A DIFERENTES EDADES DE CORTA, NIVELES CRECIENTES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU COMPORTAMIENTO EN CONDICIONES DE PASTOREO.

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales para optar por el grado y título de Maestría Académica en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales con énfasis en Nutrición Animal.

JUAN JOSÉ CAMPOS ZÚÑIGA

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2024

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación es el reflejo de un esfuerzo familiar y lleno de mucho sacrificio por parte de mi esposa Jackelin Díaz Guerrero y mis hijos, Santiago Campos Díaz y Emma Campos Díaz, a los cuales dedico este humilde logro esperando que les sirva como ejemplo.

Además, incluyo en esta dedicatoria a mi madre Myriam Cecilia Zúñiga Sanchún quien siempre ha sido apoyo incondicional y motivación para mí en aventuras académicas como esta. También está dedicado mi padre Jorge Arturo Campos Villegas con quien comparto la pasión implacable del cuidado de animales a partir de un buen forraje, a sabiendas de que este insumo es la base de los sistemas productivos en los que nos desarrollamos.

A mi abuela Práxedes Villegas Enríquez quien sigue siendo un pilar fundamental a sus 83 años en los proyectos ganaderos y de producción de heno en los que me desenvuelvo, al igual que lo fueron en su momento mis abuelos José Campos Quesada, Ricardo Zúñiga Mora y Marlene Sanchún Cárdenas.

También quisiera mencionar a mi hermana Alejandra Campos Zúñiga y a mi sobrino Marcelo Arce Campos esperando que nunca abandonen el legado y el arraigo que se ha tratado de mantener en las tierras que por 4 generaciones hemos venido trabajando.

A mi tío el MVZ Freddy Solís Rodríguez quien sabe bien que ha sido un mentor para mí, dándome siempre el ejemplo de trabajo constante y la oportunidad de crecer como productor en conjunto con mi tía Marlen Zúñiga Sanchún.

A parte de las personas puntuales que antes mencione también quisiera dedicarle esto a todo el resto de mi enorme familia, hermanos, tíos, primos, suegra, y a todos los productores ganaderos que saben lo que es partirse el lomo en una actividad tan llena de momentos lindos, la cual nos da de comer a nosotros y a muchas personas más alrededor del mundo

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mi director de tesis el PhD. Luis Villalobos Villalobos por sacar de su tiempo para guiarme en todo el proceso de esta investigación, desde la consecución de fondos, el trabajo de campo y principalmente en la elaboración de este documento.

A mis asesores de tesis MSc. Luis Pineda Cordero y Raúl Botero Botero quienes facilitaron el proceso para poder llegar hasta el final de este posgrado, siempre anuentes a colaborar con mi formación por lo cual estoy muy agradecido.

A todos los profesionales y funcionarios del Centro de Investigación en Nutrición Animal, la Escuela de Zootecnia y el Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica.

En especial al profesor MSc. Augusto Rojas Bourillon de quien me llevo el principal conocimiento técnico aplicado, quizás por su facilidad de aterrizar su amplio conocimiento teórico a la realidad práctica que vivimos los productores pecuarios de Costa Rica.

“Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Académica en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales con énfasis en Nutrición Animal”.



Ph.D. Eugenia Corrales Aguilar
**Representante de la Decana
Sistema de Estudios de Posgrado**



Ph.D. Luis Villalobos Villalobos
Director de Tesis



M.Sc. Luis Pineda Cordero
Asesor



M.Sc. Raúl Botero Botero
Asesor



Ph.D. Catalina Salas Durán
Directora

Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales



Juan José Campos Zúñiga
Candidato

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	2
Forrajes tropicales.....	2
Características del pasto Swazi	3
Descripción	3
Adaptación.....	3
Potencial productivo.....	3
Producción de materia seca	3
Análisis bromatológico	4
Análisis nutricionales por química húmeda.....	4
Contenido nutricional del pasto Suazi	5
Contenido proteico.....	5
Componentes de la pared celular (FDN, FDA y Lignina)	5
Digestibilidad	6
Contenido mineral	7
JUSTIFICACIÓN	7
OBJETIVOS	8
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8
RESULTADOS	9
Capítulo 1. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la calidad bromatológica del pasto Suazi (<i>Digitaria swazilandensis</i>) en Nicoya, Guancaste, Costa Rica. ..	9
Resumen	9
Abstract.....	10
Introducción	10
Materiales y métodos.....	11

Resultados.....	13
Discusión	18
Conclusión.....	21
Bibliografía.....	22
Capítulo 2. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la cantidad y calidad bromatológica del pasto (<i>Digitaria swazilandensis</i>) a diferentes edades de corta en Costa Rica.	25
Resumen	25
Abstract.....	26
Introducción	27
Materiales y métodos.....	28
Resultados.....	30
Discusión	42
Conclusión.....	47
Bibliografía.....	48
Capítulo 3. Efecto del pastoreo sobre la cantidad, calidad y consumo voluntario del heno de pasto Suazi (<i>Digitaria swazilandensis</i>) en Costa Rica.....	51
Resumen	51
Abstract.....	52
Introducción	53
Materiales y métodos.....	54
Resultados.....	59
Discusión	62
Conclusión.....	64
Bibliografía.....	64
ANEXOS	66
Anexo 1. Análisis de suelo de Finca Varillal.....	66
Anexo 2. Distribución anual de las lluvias en mm para la península de Nicoya.	66

RESUMEN

Se evaluó la producción de biomasa y la calidad nutricional del pasto Suazi (*Digitaria swazilandensis*) a diferentes edades de corta, niveles crecientes de fertilización nitrogenada y su comportamiento en condiciones de pastoreo. La primera etapa se cosechó a 35 días de rebrote y se evaluaron cuatro dosis incrementales de nitrógeno (0 [control], 100, 200 y 300 kg de N ha⁻¹) a base de urea. Las variables cuantificadas fueron materia seca (MS), proteína cruda (PC), digestibilidad in vitro de la MS (DIVMS), fibra detergente neutra (α FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina detergente ácida (LDA), extracto etéreo (EE) y cenizas (Ce). El tratamiento control fue significativamente diferente ($p < 0,05$) respecto a los tratamientos 2, 3 y 4 en las variables MS, PC, LDA y Ce, viéndose estos parámetros influenciados por la aplicación de nitrógeno. Las variables DIVMS, FDN, FDA y EE no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) por efecto de los tratamientos. En la segunda etapa se evaluó el efecto de 2 edades de corta (35 días y 70 días de rebrote) con las mismas 4 dosis incrementales de N para conocer el efecto sobre la cantidad de biomasa y la calidad nutricional del pasto. Las variables evaluadas fueron producción materia fresca (MF), biomasa seca, contenido MS, PC, FDN, FDA, LDA, DIVMS, digestibilidad *in vitro* de la FDN (DIVFDN), EE y Ce. Las variables de producción de biomasa, contenido de PC, LDA y DIVFDN se vieron influenciadas de forma significativa ($p < 0,05$) por los factores de edad de corta, dosis de N aplicado y su interacción. Los contenidos de FDN, FDA, DIVMS y Ce solamente se vieron afectados significativamente por la edad de corta; mientras que el contenido de MS y el EE únicamente presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en respuesta al factor de fertilización. En la tercer y última etapa, se evaluó el efecto del pastoreo sobre la productividad, la calidad nutricional y el consumo voluntario del heno de pasto Suazi. Se comparó heno convencional con 120 días de rebrote sin haberse expuesto a pastoreo frente a heno de pasto sometido a pastoreo durante 60 días y con 60 días posteriores de recuperación. Tanto el heno convencional como el heno de pastoreo fueron sometidos a pruebas de consumo con terneras confinadas en etapa post destete. Las variables evaluadas fueron cantidad de pacas de heno producidas por ha, contenido nutricional del heno, producción de carne en pie por ha, porcentaje de aprovechamiento forrajero de los animales en pastoreo y consumo voluntario de los 2 tipos de heno con animales estabulados. La producción de pacas fue mayor para el tratamiento de heno convencional con 358 pacas de 18 kg ha⁻¹ comparado con las 322 pacas ha⁻¹ producidas en el tratamiento de heno sometido a pastoreo. Los 22 animales en pastoreo tuvieron un aprovechamiento del 23,66% de la pastura, equivalente a un consumo de 6,16 kg de MS animal⁻¹ día⁻¹, equivalente a un 1,74% del peso vivo. Su peso inicial fue de 353 kg y obtuvieron un peso final de 406 kg en 60 días de evaluación equivalente a una ganancia de peso promedio de 883 gr animal⁻¹ día⁻¹, con un suplemento proteico de 2,25 kg MS animal⁻¹ día⁻¹. La cantidad de carne producida en las 10 hectáreas pastoreadas y posteriormente henificadas fue de 1166 kg, es decir 116,6 kg de carne en pie ha⁻¹. La calidad del heno producido de manera convencional tuvo valores promedio de 90,10% MS; 4,05% PC; 63,40% FDN; 30,20% FDA; 2,90% LDA; 60,40% DIVMS y 38,00% DIVFDN, mientras el heno de pastoreo presentó 89,50% MS; 10,42% PC; 66,00% FDN; 32,20% FDA; 3,10% LDA; 60,90% DIVMS y 40,70% DIVFDN. En cuanto al consumo voluntario de heno con animales estabulados fue mayor el consumo del heno de pastoreo con 60 días posteriores de recuperación, obteniéndose un consumo de MS de 3,01 kg animal⁻¹ día⁻¹ equivalente a un 1,68% del PV de los animales. Mientras que los animales que consumieron heno convencional sin pastorear con 120 días de recuperación tuvieron un consumo voluntario de 2,86 kg animal⁻¹ día⁻¹ equivalente a un 1,59% del PV. Ambos grupos fueron suplementados con 2 kg de alimento balanceado adicional al heno, obteniendo ganancias diarias de peso de 420 g para los que consumieron heno de pastoreo y 365 g para los que se les ofreció heno convencional. Se concluye que el manejo de la edad de rebrote, la dosis de nitrógeno y inclusión de pastoreo juegan un papel determinante en la cantidad, calidad y el consumo voluntario del pasto Suazi tanto en fresco como henificado.

ABSTRACT

The biomass production and nutritional quality of Suazi grass (*Digitaria swazilandensis*) were evaluated at different cutting ages, increasing levels of nitrogen fertilization, and their behavior under grazing conditions. In the first stage, grass was harvested at 35 days of regrowth, and four incremental doses of nitrogen (0 [control], 100, 200, and 300 kg of N ha⁻¹) were evaluated using urea. Quantified variables included dry matter (DM), crude protein (CP), in vitro dry matter digestibility (IVDMD), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL), ether extract (EE), and ash (Ash). The control treatment was significantly different ($p < 0.05$) from treatments 2, 3, and 4 in DM, CP, ADL, and Ash, with these parameters being influenced by nitrogen application. Variables IVDMD, NDF, ADF, and EE showed no significant differences ($p > 0.05$) due to treatments. In the second stage, the effect of two cutting ages (35 days and 70 days of regrowth) with the same four incremental doses of N was evaluated to understand their effect on biomass quantity and nutritional quality. Evaluated variables included fresh matter production (FM), dry matter biomass, DM content, CP, NDF, ADF, ADL, IVDMD, in vitro digestibility of NDF (IVDNDF), EE, and Ash. Biomass production variables, CP content, ADL, and IVDNDF were significantly influenced ($p < 0.05$) by cutting age, applied N dose, and their interaction. NDF, ADF, IVDMD, and Ash contents were only significantly affected by cutting age, while DM content and EE only showed significant differences ($p < 0.05$) in response to fertilization. In the third and final stage, the effect of grazing on productivity, nutritional quality, and voluntary intake of Suazi grass hay was evaluated. Conventional hay with 120 days of regrowth not exposed to grazing was compared to grazed grass hay for 60 days followed by 60 days of recovery. Both types of hay were tested for intake with post-weaning confined calves. Evaluated variables included hay bale production per ha, hay nutritional content, live weight gain per ha, grazing animal forage utilization percentage, and voluntary intake of both hay types by confined animals. Bale production was higher for conventional hay treatment with 358 bales of 18 kg ha⁻¹ compared to 322 bales ha⁻¹ produced in the grazed hay treatment. The 22 grazing animals utilized 23.66% of the pasture, equivalent to a consumption of 6.16 kg DM animal⁻¹ day⁻¹, which is 1.74% of their live weight. Their initial weight was 353 kg, and they achieved a final weight of 406 kg in 60 days, equivalent to an average daily weight gain of 883 g animal⁻¹ day⁻¹, with a protein supplement of 2.25 kg DM animal⁻¹ day⁻¹. The amount of meat produced on the 10 grazed and subsequently hayed hectares was 1166 kg, or 116.6 kg of live weight gain per ha. Conventional hay quality had average values of 90.10% DM; 4.05% CP; 63.40% NDF; 30.20% ADF; 2.90% ADL; 60.40% IVDMD; and 38.00% IVDNDF, while grazed hay showed 89.50% DM; 10.42% CP; 66.00% NDF; 32.20% ADF; 3.10% ADL; 60.90% IVDMD; and 40.70% IVDNDF. Regarding voluntary intake of hay by confined animals, consumption of grazed hay with 60 days of recovery was higher, with an intake of 3.01 kg DM animal⁻¹ day⁻¹, equivalent to 1.68% of their live weight. Animals consuming conventional hay without grazing with 120 days of recovery had a voluntary intake of 2.86 kg DM animal⁻¹ day⁻¹, equivalent to 1.59% of their live weight. Both groups were supplemented with 2 kg of additional balanced feed alongside hay, resulting in daily weight gains of 420 g for grazed hay consumers and 365 g for those offered conventional hay. It is concluded that the management of regrowth age, nitrogen dose, and grazing inclusion play a decisive role in the quantity, quality, and voluntary intake of Suazi grass, both fresh and hayed.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de biomasa expresada en toneladas por hectárea a diferentes dosis de fertilización nitrogenada.	13
Cuadro 2. Contenido nutricional del pasto Suazi fertilizado con cuatro dosis incrementales de nitrógeno.	15
Cuadro 3. Producción de biomasa fresca y seca expresada en toneladas por hectárea a dos edades de corta y diferentes dosis de fertilización nitrogenada. ..	30
Cuadro 4. Contenido nutricional del pasto Suazi a dos edades de corta y fertilizado con cuatro dosis incrementales de nitrógeno.	33
Cuadro 5. Composición nutricional del alimento balanceado utilizado durante el periodo de pastoreo.	56
Cuadro 6. Composición nutricional del alimento balanceado utilizado durante el periodo de confinamiento.	58
Cuadro 7. Contenido Nutricional de los 2 tipos de heno de pasto Suazi en áreas sometidas a pastoreo y bajo manejo convencional.	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de biomasa expresada en toneladas de materia fresca por hectárea a niveles crecientes de fertilización nitrogenada.	14
Figura 2. Producción de biomasa expresada en toneladas de materia seca por hectárea a niveles crecientes de fertilización nitrogenada.	15
Figura 3 Comportamiento de las variables nutricionales evaluadas según dosis de N aplicada.	18
Figura 4. Producción de biomasa expresada en toneladas de materia fresca por hectárea a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.	31
Figura 5. Producción de biomasa expresada en toneladas de materia seca por hectárea a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.	32
Figura 6. Contenido de materia seca del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.	34
Figura 7. Porcentaje de proteína cruda del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.	35
Figura 8. Porcentaje de fibra detergente neutra del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.	36
Figura 9. Porcentaje de fibra detergente ácida del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.	37
Figura 10. Porcentaje de lignina detergente ácida del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.	38
Figura 11. Porcentaje de digestibilidad in-vitro de la materia seca del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.	39
Figura 12. Porcentaje de digestibilidad in-vitro de la fibra detergente neutro del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.	40
Figura 13. Porcentaje de extracto etéreo del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.	41
Figura 14. Porcentaje de ceniza del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.	42

INTRODUCCIÓN

Dentro de las gramíneas de piso con características idóneas para pastoreo y conservación en condiciones tropicales encontramos el pasto Suazi o *Digitaria swazilandensis* (Paredes *et al.* 2005). En Costa Rica el género *Digitaria* es muy común principalmente para la producción de heno en la región Pacífico Norte del país, donde se presenta un patrón de lluvias que favorece la posibilidad de ejecutar esta práctica de conservación de forraje. Sin embargo, este aprovechamiento implica solamente 2 cortas al año en la mayor parte del territorio, la primera durante los meses de julio y agosto mientras que la segunda se da en diciembre y enero, lo cual repercute en la calidad y cantidad de forraje que se cosecha en total al año.

Una de las preguntas frecuentemente planteadas aun carentes de respuesta es la dosis adecuada de nitrógeno que se debe emplear en los pastos con el fin de conservación, específicamente para *Digitaria swazilandensis*, el cual tiene la versatilidad de poder conservarse en forma de heno, de ensilaje o de henilaje.

Además, existe un vacío de información referente a la relación que existe entre la fertilización que se aplica y la composición bromatológica de pastos del género *Digitaria* que se comercializan en Costa Rica. Parte de ello se debe al costo de los análisis químicos de laboratorio y los periodos extensos para obtener los resultados. Tampoco se conoce con exactitud la interacción que puede haber entre el aprovechamiento en forma de pastoreo y la cosecha mecánica sobre el rendimiento y la calidad del pasto Suazi al combinar ambos factores.

Con el fin de maximizar el uso del recurso suelo se evaluaron diferentes niveles de fertilización a base de nitrógeno tomando en cuenta que este es uno de los principales nutrientes relacionados con cantidad y calidad de biomasa producida a frecuencias de corte más intensiva que la corta bianual que se practica actualmente en la región Pacífico Norte de Costa Rica.

REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

Forrajes tropicales

Los sistemas de producción de carne y leche en el trópico se basan en una alimentación a base de forrajes, siendo las gramíneas la principal familia de plantas utilizadas para este fin, bajo esquemas de pastoreo extensivo y/o intensivo.

La estacionalidad de las lluvias en regiones tropicales, ha marcado a la ganadería en términos de disponibilidad de forraje, presentándose fluctuaciones a nivel productivo o en los rendimientos de los animales. Para minimizar estos altibajos es necesario conservar los forrajes en épocas de sobreproducción para luego utilizarlos en momentos de escasez.

Dentro de las técnicas más comunes de conservación de forrajes se puede encontrar el ensilaje, henilaje y la henificación. Esta última permite conservar forrajes con un alto contenido de materia seca y manteniendo valores nutricionales cercanos a los iniciales previos al proceso de secado al que se someten, con mermas muy bajas durante el tiempo que el forraje está conservado (López *et al.* 2017).

Morales (2006) reporta para Costa Rica una producción de más de 400 mil pacas de heno en forma anual con un peso promedio de 18 kg, siendo el pasto Transvala (*Digitaria decumbens*) el predominante para este método de conservación. Sin embargo, en la última década se ha venido dando una transformación paulatina de las áreas destinadas a henificación principalmente en la provincia de Guanacaste hacia la utilización del pasto Suazi.

La razón por la que muchos productores han migrado a esta especie es principalmente por su mayor persistencia. Su comportamiento agresivo en términos de un rebrote más invasor y decumbente, logra una menor afectación de plantas invasoras tanto de hoja ancha como gramíneas (jaragua y angleton) siendo de las ventajas principales reportadas por los productores (Turcio, 2002).

La alta persistencia del pasto Suazi es una de las razones por la que se está utilizando de forma más común, asimismo, su comportamiento a resistir el pastoreo

de los animales sin afectar la persistencia lo hacen un forraje de doble propósito que puede ser empleado en sistemas donde se requiera aprovechar ya sea en forma de forraje conservado o pastoreo directo (Paredes *et al*, 2005).

Características del pasto Swazi

Descripción

Esta planta herbácea perenne con hábitos rastreros, es conocida comúnmente como Swazi, es originaria de África del sur, cuenta con crecimiento estolonífero y sus tallos tienen la capacidad de enraizar rápidamente permitiéndole formar follajes densos con alturas que pueden alcanzar hasta los 40 cm.

Sus tallos ramificados, semi erectos con múltiples rebrotes presentan su periodo de floración en los meses de junio y julio en regiones tropicales, sin embargo, al no producir semillas sexuales fértiles se debe de reproducir de forma vegetativa.

Adaptación

Esta planta se adapta mejor a suelos fértiles y de buen drenaje con pH de 5,5 a 6,5. Crece desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm con rangos de temperatura entre los 21°C hasta 34°C y con precipitaciones entre 1000 a 3000 mm, tolerando períodos largos de poca o nula precipitación además del pisoteo intensivo.

Potencial productivo

Producción de materia seca

Rodríguez (1996) y sus colaboradores evaluaron el pasto Suazi y su respuesta a fertilización nitrogenada en Venezuela durante el año 1988 y 1989, obteniendo los mejores resultados al aplicar 150 kg N/ha/año con una edad de rebrote de 42 días donde lograron rendimientos de 1,01 t MS/ha/corte. En este estudio se determinó que el contenido de proteína cruda (PC) más alto se reflejaba al aplicar 200 o 250 kg de N/ha/año obteniendo prácticamente un 7% de PC, cuyos valores presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,01$) al ser comparadas con las dosificaciones de 50, 100 y 150 kg N/ha/año.

En El Salvador, Alfaro (1990) obtuvo los mejores rendimientos de biomasa con una dosis de 240 kg N/ha/año para una producción de 3,2 t MS/ha/corte a los 35 días

de recuperación. En esta misma evaluación el tratamiento testigo sin aplicación de N y con igual tiempo de rebrote se logró 1,68 t/ha/corte.

En Honduras se ha investigado la productividad del pasto Suazi en años más recientes; Garcés (2001) reportó rendimientos de 1,32 t MS/ha/corte con una frecuencia de corte de 28 días con una aplicación de 100 kg N/ha/año. Nuñez (2001) aportando 327 kg N/ha/año documentó una producción de 1,68 t MS/ha/corte, con igual edad de cosecha. Ambos datos son comparables con los de Turcios (2002) quien con 200 kg N/ha/año logró 2,21 t MS/ha/corte.

Venezuela probablemente sea uno de los lugares que más ha generado información acerca de esta gramínea, en la Universidad Central, Paredes *et al*, (2005) reportaron rendimientos de hasta 3 t MS/ha/corta en intervalos de 45 días con aplicaciones de 500 kg de lombricompost. No se evidenciaron efectos entre 7 tratamientos (0, 125, 250, 500, 750 kg/ha de lombricompost, 125 kg/ha de lombricompost + 700 kg/ha de 15-15-15 y 750 kg/ha de lombricompost + 350 kg/ha de 15-15-15, respectivamente).

Desde un panorama más general, Peters *et al* (2010) dicen que para asegurar la calidad del pasto Suazi se necesita aprovechamientos cada 28 a 35 días. Esto permite cargas entre 2 a 4 animales/ha en época lluviosa con la fertilización necesaria según el tipo de suelo, pudiendo alcanzar producciones entre 9 a 20 toneladas de MS/ha/año.

Análisis bromatológico

Análisis nutricionales por química húmeda

La determinación de la calidad nutricional de un forraje u otro alimento para animales juega un factor clave en el éxito que puedan llegar a tener los productores que apuntan a un sector agropecuario más preciso y sostenible. El componente nutricional de los pastos es principalmente expresado bajo los parámetros de su contenido de humedad. Para ello se debe definir su porcentaje de materia seca para expresar el resto de nutrientes en base a la materia seca. Entre estos están la proteína cruda y sus distintos fraccionamientos, los componentes fibrosos dividiéndose en fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), los carbohidratos no fibrosos (CNF), la parte de grasa cruda expresada como extracto

etéreo y el contenido de cenizas que abarca la proporción mineral que contiene el forraje.

Contenido nutricional del pasto Suazi

Contenido proteico

Alfaro (1990) logró contenidos de proteína cruda de 9,95%, al aplicar 240 kg N/ha/año como dosificación máxima a los 35 días de cosecha. Rodríguez (1996) calculó que se pueden alcanzar valores superiores a 7% de PC.

Peters et al (2010) concluyen que los contenidos de proteína cruda en el pasto Suazi pueden oscilar entre 9% durante la época seca y 14% en estación lluviosa al aplicar fertilización nitrogenada. Estos últimos datos reflejan de mejor manera la posible mayor respuesta que puede llegar a tener el Suazi en comparación a otras especies del género *Digitaria*.

El sistema de información de recursos para alimentación animal del INRA en 2016 reporta valores promedio de proteína cruda de 9,9% en base seca para la parte aérea del forraje fresco, mientras que para material henificados el valor de PC disminuye a 9,5%.

Martínez (2018) encontró valores de 16,4% de PC en condiciones de pastoreo a edad de corta entre 20 a 30 días, 5,7% de PC entre los 30 a 40 días y a más de 40 días el valor de PC promedio fue de 7,7%.

Componentes de la pared celular (FDN, FDA y Lignina)

Assoumaya *et al* (2009) encontraron en pasto Transvala valores de fibra detergente neutra (FDN) de 72% y 74,2% a 21 y 35 días de rebrote en praderas fertilizadas, respectivamente. En el caso de la fibra detergente ácida (FDA) obtuvieron 37,7% y 40,0% bajo las mismas condiciones mientras que la lignina se mantuvo en 7% indiferentemente del tiempo de recuperación de la pastura.

Mata (1989) reportó valores para el pasto Suazi de 78,1% de FDN, 47,0% de FDA, 9,9% de lignina, evidenciando que existen valores similares entre las especies del género *Digitaria*.

Sauvant (2013) publicó contenidos de FDN de 62,5% y 31,9% para FDA, mientras que el valor de lignina fue de 3,6% para Suazi fresco. Por otro lado, esta misma entidad encontró que al ser henificado estos valores aumentan a 67,8%, 38,1% y 5,0% para FDN, FDA y lignina, respectivamente.

Martínez (2018) para los componentes de la pared celular también los subdivide según la edad de corta, obteniendo valores de FDN tratada con amilasa de 58,8% entre 20 a 30 días, 61,8% entre 30 a 40 días y 64,2% a más de 40 días. Para el caso de la FDA se encontró 35,2% entre 20 a 30 días, 32,4% entre 30 a 40 días y 33,7% a más de 40 días. Mientras que para lignina detergente ácida los valores encontrados fueron de 3,2% y 2,9%, 3,1% respectivamente.

Digestibilidad

Rodríguez (1996) reporta datos de digestibilidad “*in sacco*” pasando de un 39,5% de digestibilidad al no aplicar N y llegando hasta valores de 51,8% con 200 kg N/ha/año. Por otro lado, Peters et al (2010) presentan datos de digestibilidad que varían entre 51% a 63% dependiendo del manejo que se le dé relacionado a frecuencia de corte y fertilización.

La FAO (1990) presentó datos de digestibilidad de la materia seca para *Digitaria decumbens* de 54% pudiendo llegar a valores de 62% con la aplicación de fertilizantes nitrogenados. Al respecto, se indica que no hubo diferencias significativas entre la digestibilidad de la materia seca de este pasto al compararse hojas y tallos.

Assoumaya et al (2009) evaluaron la digestibilidad total del tracto en pasto transvala encontrando valores de 79,6%, 81,0% y 74,3% para FDN, FDA y proteína cruda respectivamente a los 21 días de rebrote, siendo estos valores de digestibilidad total más altos al compararlos con los datos de 35 días de recuperación.

Martínez (2018) nos aporta datos específicos para Suazi de digestibilidad *in vitro* de la materia seca entre 30 a 40 días de 25,4% en condiciones de pastoreo en Costa Rica.

Contenido mineral

Rodríguez (1996) encontró que el contenido de fósforo osciló entre el 0,15 y 0,17% en base seca con aplicaciones de 0 hasta 250 kg N/ha/año. Alrededor de la mitad del porcentaje encontrado por Paredes en 2005 (0,28% de P/kg MS).

Este mismo investigador midió las concentraciones de minerales evidenciando que existen diferencias significativas ($P < 0,01$) entre los valores de S, obteniendo el porcentaje más alto de 0,57% de S/kg MS con una aplicación de 500 kg/ha de lombricompost. Para el contenido de N, P y K no se obtuvieron diferencias significativas presentándose valores máximos de 1,17%; 0,28% y 1,96% respectivamente por kg/MS.

JUSTIFICACIÓN

La técnica de henificación es una de las más utilizadas a nivel país para la conservación de forrajes en términos de kg de materia seca (MS). Sin embargo, se conoce que dicha materia seca tiene un aporte nutricional bajo y una baja digestibilidad debido a condiciones de manejo en las edades de cosecha y fertilización (Paredes *et al*, 2005). Para mejorar parámetros nutricionales los mismos deben ser medidos, cosa que en la actualidad no se realiza por parte del productor y solo ocasionalmente por parte del usuario o consumidor incurriendo en un costo elevado y tiempos prolongados para obtener los resultados.

Con el fin de maximizar el uso del recurso suelo se evaluaron diferentes niveles de fertilización a base de nitrógeno y dos edades de cosecha. Tomando en cuenta que ambos factores influyen en el potencial aporte de nutrientes en la biomasa producida y la calidad de la misma, es que se propuso un sistema de utilización con una frecuencia de corte más intensiva que la corta bianual que se practica actualmente en la región Pacífico Norte de Costa Rica.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada sobre la cantidad y calidad del pasto *Digitaria swazilandensis*.

Objetivos específicos

Comparar el efecto de las edades de corta y dosis de N sobre la cantidad de biomasa producida por el pasto Suazi en materia fresca y materia seca.

Conocer la calidad nutricional del pasto a diferentes edades de corta y dosis de N.

Contrastar la producción de biomasa de un sistema de producción de heno con inclusión de pastoreo versus el sistema tradicional de producción de heno.

Evaluar el consumo voluntario del pasto Suazi henificado a 2 edades de corta con animales estabulados.

RESULTADOS

Capítulo 1. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la calidad bromatológica del pasto Suazi (*Digitaria swazilandensis*) en Nicoya, Guancaste, Costa Rica.

Juan José Campos Zúñiga¹, Luis Villalobos Villalobos^{2,3}.

¹Posgrado en Ciencias Agrícolas y Manejo de los Recursos Naturales con Énfasis en Nutrición Animal. Escuela Zootecnia, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

²Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

³ Centro de Investigación en Nutrición Anima (CINA), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Resumen

Se evaluó el efecto de 4 dosis de fertilización nitrogenada sobre la calidad nutricional del pasto Suazi (*Digitaria swazilandensis*) en la zona Pacífico Norte de Costa Rica. Este forraje tiene el potencial de ser utilizado tanto para pastoreo como para conservación, dando versatilidad a los sistemas ganaderos de las regiones tropicales secas. Se cosechó a 35 días de rebrote, con cuatro dosis incrementales de nitrógeno (0 [control], 100, 200 y 300 kg de N ha⁻¹) a base de urea. Las variables evaluadas fueron materia seca (MS), proteína cruda (PC), digestibilidad in vitro de la MS (DIVMS), fibra detergente neutra (α FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina detergente ácida (LDA), extracto etéreo (EE) y cenizas (Ce). El tratamiento control fue significativamente diferente ($p < 0,05$) respecto a los tratamientos 2, 3 y 4 en las variables MS, PC, LDA y Ce, viéndose estos parámetros influenciados por la aplicación de nitrógeno. Las variables DIVMS, FDN, FDA y EE no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) por efecto de los tratamientos evaluados. El principal hallazgo de esta investigación fue el incremento en el contenido de PC en el pasto Suazi con dosis mayores de nitrógeno, alcanzando valores de hasta 16% con el tratamiento 4. Los valores de PC encontrados en este estudio son superiores

a otras especies de forrajes utilizados para pastoreo y conservación en condiciones de trópico seco, como el Pacífico Norte de Costa Rica.

Palabras claves: pasturas, pasto suazi, fertilización, nitrógeno, recuperación, contenido nutricional.

Abstract

The effect of 4 doses of nitrogen fertilization on the nutritional quality of Swazi grass (*Digitaria swazilandensis*) in the Northern Pacific region of Costa Rica was evaluated. This forage species has the potential to be used for both grazing and conservation, making it versatile for livestock systems in dry tropical regions. Swazi grass was harvested at 35-days regrowth, with four increasing rates of nitrogen (0, 100, 200 and 300 kg of N ha⁻¹) using urea as fertilizer. The variables evaluated were dry matter (DM), crude protein (CP), in vitro digestibility of DM (IVDMD), neutral detergent fiber (α NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL), ether extract (EE) and ashes. The control treatment was significantly different ($p < 0.05$) compared to treatments 2, 3 and 4 for DM, CP, ADL and, ash, being these parameters influenced by the application of nitrogen. IVDMD, α NDF, ADF and EE were not influenced ($p > 0.05$) by the treatments evaluated. The main finding of this research was the increase in CP concentration in Swazi grass when increasing nitrogen rates, reaching values up to 16% with treatment 4. The CP concentrations found in this study were greater than those of forage species used for grazing and conservation in dry tropical conditions, such as the North Pacific of Costa Rica.

Keywords: pastures, Swazi grass, fertilization, nitrogen, recovery, nutritional concentration.

Introducción

El pasto Suazi (*Digitaria swazilandensis*) es una gramínea con características idóneas para pastoreo y conservación en condiciones tropicales (Paredes *et al.* 2005). En Costa Rica el género *Digitaria* es utilizado principalmente para la producción de heno en la zona Pacífico Norte del país, donde se presenta un patrón de lluvias estacional que favorece la posibilidad de ejecutar esta práctica de

conservación de forraje (Araya *et al*, 2010). En sistemas de producción de heno bajo secano (sin riego), este aprovechamiento implica solamente 2 cortes al año en la mayor parte del territorio, la primera durante los meses de julio y agosto mientras que la segunda se realiza en diciembre y enero, lo cual repercute en la calidad y cantidad de forraje que se cosecha en total al año (Morales *et al*, 2003).

Existe poca información acerca del impacto que tiene la fertilización nitrogenada sobre la composición nutricional de pastos del género *Digitaria*, específicamente del pasto Suazi que se comercializa en Costa Rica (Morales *et al*, 2006). La fertilización nitrogenada al suelo es conocida por generar un efecto positivo en las pasturas en el cual ellas se desarrollan (Camaro *et al*, 2004). Entre los beneficios se mencionan aumento de la cantidad de kg de materia seca por cosecha de un forraje y mejoras en el contenido nutricional, principalmente a nivel proteico por su relación directa con el nitrógeno (Tully *et al*, 2013).

Según Turcios (2002) en el género *Digitaria* se ha encontrado valores de proteína cruda (PC) que oscilan desde 2,85% hasta 13,00% dependiendo de la dosis de nitrógeno proporcionada vía fertilización, además de valores máximos de 24,5% de materia seca (MS); 64,10% de fibra detergente neutra (FDN); 35,40% de fibra detergente ácida (FDA); 6,10% de lignina y 2,00% de extracto etéreo (EE).

Con el fin de maximizar el uso del recurso suelo en pasturas de *Digitaria swazilandensis* se evaluó 4 dosis incrementales de fertilización nitrogenada (0, 100, 200, 300 kg ha⁻¹) tomando en cuenta que este es uno de los principales nutrientes relacionados con la calidad de biomasa producida. Todo esto a una frecuencia de corte intensiva (35 días) que la corta bianual que se practica actualmente en la región Pacífico Norte de Costa Rica.

Materiales y métodos

Las parcelas experimentales de esta investigación se ubicaron en la localidad de Curime en el cantón de Nicoya de la provincia de Guanacaste, Costa Rica. Específicamente en Finca Salitral a 189 msnm, cuya topografía es ondulada facilitando un adecuado drenaje, donde predominan suelos del orden Alfisol con

propiedades físicas estables con buenas estructuras granulares, con una precipitación promedio anual de 2065 mm (Araya *et al*, 2010).

Diseño Experimental:

Se estableció un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos de dosis incrementales de fertilización nitrogenada (T1= 0, T2= 100, T3= 200 y T4= 300 kg N ha⁻¹) a base de Urea (46-0-0). Cada tratamiento contó con 4 repeticiones para un total de 16 parcelas, distribuidas aleatoriamente en un lote 2000 m² y la frecuencia de corte fue de 35 días para un total de 16 muestras analizadas.

Se realizó un corte de homogenización al inicio de la época lluviosa y a partir de ese momento se esperó 35 días para realizar la cosecha de las muestras. Dicha homogenización se realizó con el fin de estandarizar las condiciones del forraje y asegurar las condiciones de humedad necesarias para realizar prácticas de fertilización.

Recolección y manejo de muestras:

Cada parcela contó con un tamaño de 3x3 m² (9 m² /parcela) en un lote de *Digitaria swazilandensis* con 2 años de haberse establecido. Los muestreos de cada parcela fueron de la totalidad del material forrajero y a partir de un cuarteo se extrajo una muestra compuesta entre 1,0-1,5 kg de forraje fresco para análisis de laboratorio. Cada muestra fue colocada en una bolsa plástica rotulada y mantenida en un congelador a 3 °C hasta ser posteriormente trasladadas al laboratorio del Centro de Investigaciones en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Los muestreos se realizaron de forma mecánica con el uso de una podadora de gasolina con una altura de corte 5 cm del suelo, siendo similar a la de una máquina segadora utilizada para la cosecha del forraje para henificación.

Análisis bromatológico:

Las muestras de pasto Suazi se analizaron por metodologías de química húmeda considerando las variables materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo

(EE) y cenizas siguiendo las metodologías oficiales de AOAC (2002). Se determinó además los componentes de la pared celular que incluyeron el contenido de fibra detergente neutra (α FDN) fibra detergente ácida (FDA), lignina detergente ácida (LDA) y digestibilidad *in-vitro* de la materia seca (DIVMS) siguiendo los métodos de referencia de Van Soest *et al.* (1991).

Análisis estadístico:

La información de las variables nutricionales reportadas por el laboratorio en base seca se incluyó en una base de datos. A esta información se le realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) y para las comparaciones múltiples entre medias se utilizó la prueba Tukey para determinar efectos significativos entre los tratamientos con un nivel de significancia de 0,05.

Resultados

Producción de biomasa:

La producción de forraje fresco sin la aplicación de fertilización nitrogenada tuvo un valor promedio de 12,67 ton ha⁻¹, pasando a 25,08 ton ha⁻¹ cuando se aplicó 100 kg de N ha⁻¹ prácticamente duplicando la cantidad de forraje disponible. Sin embargo, cuando se pasó a dosis de 200 y 300 kg N ha⁻¹ la productividad no subió sustancialmente manteniéndose en valores de 25,24 t ha⁻¹ y 25,28 t ha⁻¹ respectivamente (cuadro 1.)

Cuadro 1. Producción de biomasa expresada en toneladas por hectárea a diferentes dosis de fertilización nitrogenada.

Variable de Interés	kg N ha ⁻¹			
	0	100	200	300
Materia Fresca (t ha ⁻¹)	12,67 ^a	25,08 ^b	25,24 ^b	25,28 ^b
Materia Seca (t ha ⁻¹)	3,97 ^a	7,32 ^b	6,75 ^b	7,08 ^b

El contenido promedio de materia seca de cada tratamiento tuvo un comportamiento muy similar al de materia fresca. El tratamiento 1 tuvo una producción de 3,97 ton ha⁻¹ pasando a 7,32; 6,75; y 7,08 ton ha⁻¹ para los tratamientos 2, 3 y 4 respectivamente.

La productividad del pasto Suazi expresada en toneladas de materia fresca por hectárea presentó diferencias estadísticamente significativas, al pasar de no aplicar nitrógeno (T1: 0 kg N ha⁻¹) a fertilizar con 100 kg N ha⁻¹ (T2). Sin embargo, el análisis de varianza no evidenció diferencias significativas al pasar de 100 a 200 y 300 kg N ha⁻¹ (Figura 1).

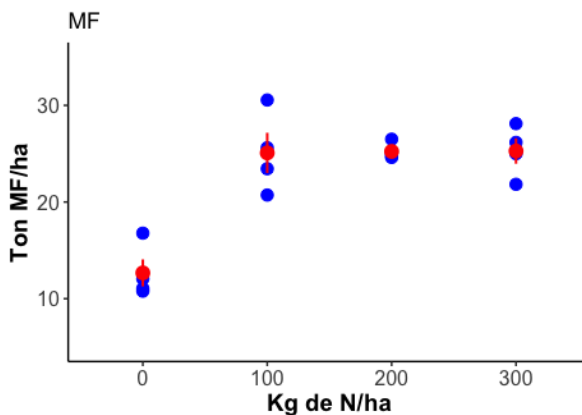


Figura 1. Producción de biomasa expresada en toneladas de materia fresca por hectárea a niveles crecientes de fertilización nitrogenada.

El mismo comportamiento estadístico se manifestó en el contenido de materia seca, presentándose diferencias significativas únicamente respecto al control que no recibió nitrógeno contra las tres dosis aplicadas de este nutriente (Figura 2). Es importante recalcar que entre las 3 dosis de nitrógeno evaluadas no hubo diferencia en términos de productividad forrajera.

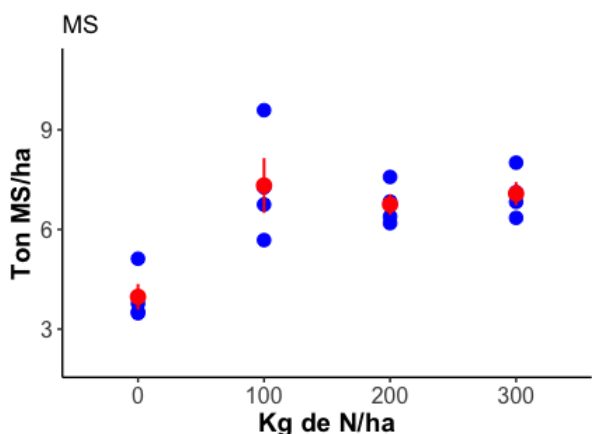


Figura 2. Producción de biomasa expresada en toneladas de materia seca por hectárea a niveles crecientes de fertilización nitrogenada.

Composición nutricional:

El análisis de varianza presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) en las variables correspondientes a MS, PC, LDA y Ce (Cuadro 2). No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en las variables DIVMS, FDN, FDA y EE por efecto de aplicar fertilización nitrogenada en forma de urea, más allá de las dosis evaluadas.

Cuadro 2. Contenido nutricional del pasto Suazi fertilizado con cuatro dosis incrementales de nitrógeno en Guanacaste, Costa Rica.

Variable nutricional	kg N ha ⁻¹			
	0	100	200	300
Materia Seca (%)	31,99 ^b	30,39 ^{ab}	27,93 ^a	27,95 ^a
Proteína Cruda (%)	6,87 ^a	13,29 ^b	14,63 ^b	15,86 ^b
Fibra Detergente Neutra (%)	66,51	65,44	65,20	65,40
Fibra Detergente Ácida (%)	35,65	35,69	35,44	35,30
Lignina Detergente Ácida (%)	3,38 ^a	4,13 ^b	4,16 ^b	3,96 ^b
Digestibilidad <i>in-vitro</i> Materia Seca (%)	67,03	65,63	66,54	67,11
Extracto Etéreo (%)	2,77	2,91	2,86	3,24
Cenizas (%)	12,43 ^b	10,56 ^a	10,50 ^a	10,41 ^a

*Columnas con diferentes superíndices fueron estadísticamente diferentes ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey de separación de medias.

Contenido de materia seca (MS)

El contenido de materia seca fue mayor ($p < 0,05$) cuando no se aplicó fertilización nitrogenada (Figura 3a) con un promedio de 31,99% disminuyendo conforme la dosis de nitrógeno aumentó llegando a valores promedio de 27,95% para la dosis de N más alta (300 kg/ha).

El tratamiento 1 presentó diferencias significativas con respecto al tratamiento 3 y 4, sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos 2, 3 y 4, ni entre los tratamientos 1 y 2 (Figura 3a).

Contenido de proteína cruda (PC)

El contenido de proteína cruda fue incrementando a medida que la dosis de nitrógeno fue mayor (Figura 3b), encontrándose diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre el tratamiento 1 con 6,87% de PC/kg de MS contra los tratamientos 2, 3 y 4 que presentaron valores promedio de 13,29%; 14,63% y 15,86%, respectivamente. Estos últimos 3 tratamientos no mostraron diferencias significativas entre ellos.

Contenido de fibra detergente neutra (α FDN)

Los contenidos de fibra detergente neutra disminuyeron numéricamente cuando se aplicó el fertilizante nitrogenado (Figura 3c), sin embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Los valores de FDN para el tratamiento 1 fueron de 66,51% en promedio, mientras que los demás tratamientos a los que se les aplicó fertilizante presentaron en promedio un contenido menor al testigo por una mínima diferencia de 1 punto porcentual.

Contenido de fibra detergente ácida (FDA)

La fibra detergente ácida mantuvo un comportamiento similar en todos los tratamientos (Figura 3d), evidenciando que este parámetro no se vio influenciado

por la dosis de fertilizante nitrogenado ($p>0,05$), los valores estuvieron entre 35,30–35,69%.

Contenido de lignina detergente ácida (LDA)

El contenido de lignina mostró diferencias significativas ($p<0,05$) entre el control (3,38%) y las tres dosis de nitrógeno evaluadas (Figura 3e), siendo estas similares para los tres tratamientos lo cual indica que valores crecientes de nitrógeno tiene poco impacto sobre dicha variable en el pasto Suazi.

Digestibilidad *in-vitro* de la materia seca (DIVMS)

Al evaluar la digestibilidad *in-vitro* de la materia seca es notable que este rubro no varió significativamente ($p>0,05$) según la dosis de nitrógeno aplicada (Figura 3f) oscilando entre 65% y 67%. Ninguno de los 4 tratamientos presentó diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$). Encontrándose valores mínimos en el tratamiento 2 (100 kg N/ha) con 65,63% y valores máximos en el tratamiento 4 (300 kg N/ha) con un 67,11% de DIVMS.

Contenido de Extracto Etéreo (EE)

El contenido de extracto etéreo en el pasto Suazi osciló entre 2,77% y 3,24% (Figura 3g) siendo el tratamiento 1 el de menor contenido y el tratamiento 4 el mayor, sin embargo, no se evidenciaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre tratamientos.

Contenido de Cenizas

El contenido de cenizas presentó un comportamiento inversamente proporcional a la dosis de nitrógeno (Figura 3h), mostrando diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) entre el tratamiento 1 (12,43%) contra los tratamientos 2, 3 y 4 (Tabla 2). Entre estos últimos tratamientos no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$).

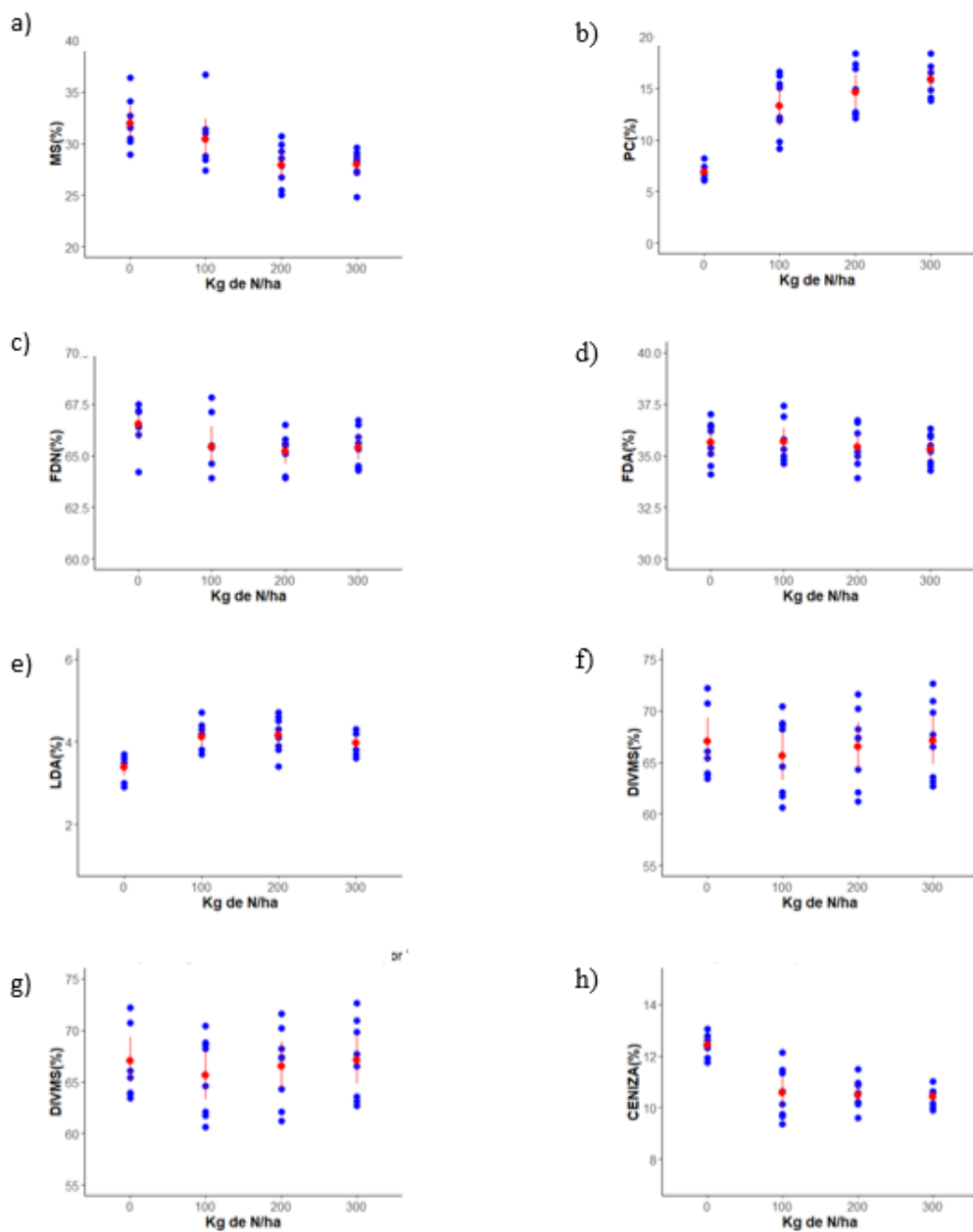


Figura 3 Comportamiento de las variables nutricionales evaluadas según dosis de N aplicada.

Discusión

El nitrógeno ha sido ampliamente aceptado como un factor determinante y clave en la productividad neta por unidad de área en pastos (Fay *et al*, 2015). Esta afirmación queda constatada en esta investigación en términos del aumento en la producción de materia fresca y materia seca al aplicar N al pasto Suazi.

La productividad en este caso prácticamente se duplicó, pasando de 12,67 ton de MF ha⁻¹ sin la aplicación de N a obtener 25,08 ton de MF ha⁻¹ cuando se agregaron 100 kg de N ha⁻¹ al suelo en forma de urea granular. Conforme las dosis de N se fueron aumentando a 200 y 300 kg de N ha⁻¹, la respuesta en productividad fue menor, presentándose rendimientos de 25,24 ton de MF ha⁻¹ y 25,28 t de MF ha⁻¹, respectivamente.

Estos resultados reflejan pautas que se pueden trasladar al manejo de nutrientes aplicados a pasturas de Suazi enfocadas en maximizar la producción de biomasa bajo conceptos económicos de rentabilidad por unidad área. La afirmación anterior toma aún mayor peso ya que el comportamiento en producción de MS fue muy similar, pasando de 3,97 t de MS ha⁻¹ sin agregar N al suelo, hasta obtener 7,32; 6,75 y 7,08 t de MS ha⁻¹ al aplicar 100, 200 y 300 kg de N ha⁻¹.

En cuanto la composición nutricional del pasto Suazi con 35 días de rebrote con niveles crecientes de fertilización nitrogenada a base de urea sobresalen niveles altos de materia seca y proteína cruda. El contenido fibroso se mantuvo dentro de los parámetros de referencia para pasturas tropicales (Navarro *et al*, 1992), al igual que la digestibilidad y el porcentaje de extracto etéreo. Se encontró que la materia seca y las cenizas disminuyeron conforme incrementó la dosis aplicada mientras que la lignina tuvo un comportamiento inverso en el forraje evaluado.

El mayor contenido de materia seca se presentó en el tratamiento testigo con 31,99%, muy por arriba del 24,50% de MS encontrado por Castillo (2002) en las mismas condiciones de 0 kg de fertilización a base de nitrógeno. Estas diferencias se pueden atribuir a que la presente investigación se realizó a los 35 días de rebrote mientras que los datos reportados por Castillo fueron con 21 días de recuperación. Este mismo autor encontró que al adicionar 300 kg de N ha⁻¹ el valor de MS se redujo a 20,20% contrastado con un 27,95% alcanzado bajo la misma dosificación en esta evaluación. La reducción en el contenido de MS en ambas investigaciones fue de alrededor del 4,00%, lo que indica que dosis crecientes de N influyen sobre el contenido de MS del forraje.

La correlación directa entre la adición de fertilizantes a base de N y la productividad de las pasturas también se logra ver reflejada en el contenido proteico, más haya que pueda haber pérdidas de hasta un 50% del N aplicado al suelo vía fertilización (Contreras, 2022). Para el género *Digitaria* se pueden encontrar valores sumamente bajos de hasta 2,45% de PC en forrajes que han sido conservados en forma de heno (Campos *et al*, 2017). En esta investigación el valor más bajo se encontró en el tratamiento 1 con 6,87% de PC duplicando este porcentaje al adicionar N desde 100, 200 o 300 kg de N ha⁻¹, alcanzando valores de 13,29%; 14,63% y 15,86% de PC respectivamente.

En investigaciones similares realizadas con *Digitaria decumbens* los valores más altos de PC fueron de 9,13% al adicionar 200 kg de N ha⁻¹ (Morales, 2006). Como referencia para *Digitaria swazilandensis* se han reportado valores de 9,95% de PC con aportes de 240 kg de N ha⁻¹ (Alfaro, 1993). Además, Castillo (2002) reportó 13,00% de PC con una fertilización de 300 kg de N ha⁻¹. En ambos casos los valores de PC encontrados están por debajo de los hallados en esta investigación con dosificaciones de N similares o iguales.

La mayor parte de los componentes fibrosos no se vieron afectados por la fertilización nitrogenada. Para el caso de la FDN se mantuvo entre 65,20% y 66,51% sin presentarse diferencias entre los tratamientos y para la FDA las 4 dosificaciones estuvieron el rango de 35,30% a 35,69%. Este comportamiento es igual al reportado por Castillo (2002) donde encontró valores de 35,40% de FDA con 0 kg de N ha⁻¹ y al adicionar 300 kg de N ha⁻¹ el valor de FDA se mantuvo prácticamente igual (35,20%); para el caso de la FDN los valores que este autor encontró fueron de 62,30% y 64,10% respectivamente.

El componente de la pared celular que si presentó diferencias significativas fue la lignina detergente ácida pasando de 3,38% en el tratamiento control a valores de 4,13%; 4,16% y 3,96% para los tratamientos 2, 3 y 4, respectivamente. Esto se puede atribuir al incremento de rendimiento en términos de volumen de forraje a la hora de aplicar fertilizantes a base de nitrógeno, tomando en cuenta que a mayor

volumen mayor contenido de tallos en el forraje cuya composición es más alta en lignina (Navarro *et al*, 1992).

Si bien es cierto lo que se busca en pasturas con la adición de N al suelo es aumentar el rendimiento de biomasa y el contenido de proteína, también es importante conocer si se logra algún efecto positivo en términos de digestibilidad. Para esta investigación no se logró evidenciar ninguna diferencia significativa entre los tratamientos en términos de DIVMS a pesar del incremento proteico mencionado, sin embargo, al comparar los datos de *Digitaria decumbens* henificado reportados por WingChing y Alvarado (2009) se evidencia una mayor digestibilidad para *Digitaria swazilandesis* con valores máximos de 52,48% y 67,11% respectivamente.

La última variable evaluada fue el componente mineral expresado en forma de cenizas. Para el tratamiento testigo se obtuvo el mayor valor con 12,43% presentando diferencias significativas respecto a los tratamientos donde se aplicó la fertilización, cuyos valores oscilaron dentro del rango de 10,41% hasta 10,56%. Estos datos se relacionan directamente con el contenido de materia seca de cada tratamiento, donde el tratamiento 1 obtuvo los mayores porcentajes de MS y consecuentemente de cenizas y a medida que se adicionó N la MS disminuyó al igual que el contenido de cenizas.

Conclusión

Basados en los resultados de esta investigación se evidencia que las pasturas de Suazi pueden alcanzar valores productivos y nutricionales con potencial para optimizar la productividad forrajera por hectárea según la dosis de nitrógeno aplicada. El principal hallazgo evidencia el aumento en la producción de biomasa fresca y seca pudiéndose duplicar el volumen con una dosis de 100 kg de N ha⁻¹, sin embargo, a dosis mayores no hubo incremento en biomasa.

El contenido de proteína cruda incrementó de 6,87% a 13,29% con la dosis de 100 kg de N ha⁻¹. Cabe resaltar que inclusive se pudieron alcanzar valores cercanos al 16% de PC con el tratamiento 4 (dosis de 300 kg de N ha⁻¹), lo cual es difícil de

encontrar en algún otro forraje que sirva para el pastoreo y la conservación en condiciones de trópico seco.

Además, se concluye que el contenido de extracto etéreo, la pared celular y la digestibilidad de la materia seca del pasto Suazi no se ven afectados por la aplicación de nitrógeno. Esto contrasta con el beneficio que se puede obtener a la hora de aplicar este nutriente al pasto Suazi en términos de producción de biomasa y contenido proteico a una dosis de 100 kg de N ha⁻¹.

Bibliografía

- Alfaro, D. 1993. Niveles de fertilización nitrogenada y periodos de recuperación del pasto swazi (*Digitaria swazilandensis*). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia, Universidad de El Salvador.
- AOAC (Association of Official Analysis Chemistry). 2002. Animal feeds, Chapter 4. 17 ed. Washington, D.C. USA. p. 1-6.
- Araya, M. y Sanabria, N. 2010. Climatología de períodos quincenales secos, húmedos y de transición en las regiones climáticas del norte y pacífico norte, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar, Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- Camaro, S., Garrido J. y Machado, W. 2004. Fijación de nitrógeno por *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Albizia lebbek* y su transferencia a las gramíneas asociadas. Revista Zootecnia Tropical.
- Campos, C., Rojas, A., Martínez, A. y Salazar, E. 2017. Determinación de la calidad bromatológica y presencia de micotoxinas de los henos de pasto Transvala (*Digitaria decumbens*) producidos en Costa Rica. CINA. UCR. P 17.
- Castillo, J. y Villarreal, C. 2002. Evaluación de recursos alimenticios y simulación para la implementación del CNCPS en el trópico. Tesis de Licenciatura. Zamorano. Honduras.

- Fay, P., Prober, S., Harpole, W. et al. 2015. Grassland productivity limited by multiple nutrients. *Nature Plants* 1, 15080
<https://doi.org/10.1038/nplants.2015.80>
- Morales, J., Acuña, V. y Cruz, A. 2003. Industrialización del heno de calidad en sistemas bajo riego en Costa Rica. INTA. P 79.
- Morales, J., Acuña, V. y Cruz, A. 2006. Efecto del estado de madurez y la fertilización nitrogenada sobre la producción y valor nutritivo del pasto transvala (*Digitaria decumbens* cv. Transvala) para henificación bajo condiciones de secano. *Alcances Tecnológicos*. P 37-44
- Navarro, L., Vásquez, D. y Torres, A. 1992. Efecto de fertilización nitrogenada y edad sobre la producción, tasa de acumulación y valor nutritivo de la materia seca del pasto *Digitaria swazilandensis*. *Revista Zootecnia Tropical*. Vol. 10 núm. 2. Pág. 131-155.
- Paredes, A., Camaro, S. y Machado W. 2005. Effect of earthworm manure fertilisation on biomass production and mineral content of *Digitaria swazilandensis*. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.
- Rodríguez M., Sanabria, D., Manrique, U., Fariñas, J. y Rivas E. 1996. Efecto de cinco niveles de nitrógeno sobre el comportamiento de *Digitaria swazilandensis* Stent en el Campo Experimental Santa Bárbara, Monagas. *Revista Zootecnia Tropical*.
- Tully, KL; Wood, SA; Lawrence, D. 2013. Fertilizer type and species composition affect leachate nutrient concentrations in coffee agroecosystems. *Agroforestry Systems* 87(5):1083-1100.
- Turcios R. 2002. Respuesta a la fertilización nitrogenada en dos pastos tropicales en Atlántida, Honduras. Tesis de Licenciatura. Zamorano. Honduras.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.

WingChing, R. y Alvarado, G. 2009. Valor nutricional del heno de transvala inoculado con el hongo *Pleurotus ostreatus* sp. *Agronomía Costarricense*. 33(1): 147-153.

Capítulo 2. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la cantidad y calidad bromatológica del pasto (*Digitaria swazilandensis*) a diferentes edades de corta en Costa Rica.

Juan José Campos Zúñiga¹, Luis Villalobos Villalobos².

¹Posgrado en Ciencias Agrícolas y Manejo de los Recursos Naturales con Énfasis en Nutrición Animal. Escuela Zootecnia, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

²Escuela Zootecnia y Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Resumen

El pasto Suazi se ha utilizado en la región Pacífico Norte de Costa Rica para producción de heno y en pastoreo. Sin embargo, la información sobre su manejo agronómico y respuesta productiva es limitada. Se evaluó el efecto de 2 edades de corta (35 días y 70 días de rebrote) con 4 dosis incrementales de nitrógeno (0 [control], 100, 200 y 300 kg de N ha⁻¹) a base de urea para conocer el efecto sobre la cantidad de biomasa y la calidad nutricional del pasto Suazi (*Digitaria swazilandensis*) en la zona Pacífico Norte de Costa Rica. Las variables evaluadas fueron producción materia fresca (MF), biomasa seca, contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (α FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina detergente ácida (LDA), digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS), digestibilidad *in vitro* de la FDN (DIVFDN), extracto etéreo (EE) y cenizas (Ce). Los rangos presentados para cada una de los rubros evaluados fueron los siguientes: MF de 8.44 a 28.78 t ha⁻¹, MS de 18.88 a 27.54%, PC de 6.10 a 14.86%, FDN de 65.28 a 68.39%, FDA 34.79 a 36.85%, LDA de 3.59 a 4.73%, EE de 1.70 a 2.52%, Ce de 9.55 a 11.27%, DIVMS de 61.94 a 67.26% y DIVFDN de 41.76 a 51.48%. Las variables de producción de biomasa, contenido de PC, LDA y DIVFDN se vieron influenciadas de forma significativa ($p < 0,05$) por los factores de edad de corta, dosis de N aplicado y su interacción. Los contenidos de FDN, FDA, DIVMS y Ce solamente se vieron afectados significativamente por la edad de corta; mientras que

el contenido de MS y el EE únicamente presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en respuesta al factor de fertilización. Manejar de forma conjunta la edad de cosecha y la dosis de fertilización nitrogenada en el pasto Suazi permite influenciar la cantidad de forraje a cosechar además de su calidad nutricional. Si bien el manejo de las edades de cosecha favorece el contenido fibroso y la digestibilidad de la pastura, la fertilización permite, hasta cierto punto, incrementar el contenido proteico.

Palabras claves: pasturas, pasto suazi, fertilización, nitrógeno, recuperación, contenido nutricional.

Abstract

The effect of 2 regrowth ages was evaluated, each one was exposed to 4 doses of nitrogen fertilization to know the effect on the amount of biomass and the nutritional quality of Suazi grass (*Digitaria swazilandensis*) in the North Pacific zone of Costa Rica. It was harvested at 35 days and 70 days of regrowth, with four incremental doses of nitrogen (0 [control], 100, 200 and 300 kg of N ha⁻¹) based on urea. The variables evaluated were fresh matter production (FM) and dry matter content (DM), crude protein (PC), neutral detergent fiber (α NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL), in vitro digestibility of the DM (IVDDM), in vitro digestibility of FDN (IVDNDF), ethereal extract (EE) and ashes (As). The ranges presented for each of the items evaluated were the following: MF from 8.44 to 28.78 t ha⁻¹, DM from 18.88 to 27.54%, PC from 6.10 to 14.86%, NDF from 65.28 to 68.39%, FDA 34.79 to 36.85%, LDA from 3.59 to 4.73%, EE from 1.70 to 2.52%, Ce from 9.55 to 11.27%, DIVMS from 61.94 to 67.26% and DIVFDN from 41.76 to 51.48%. The variables of biomass production, CP content, ADL and IVDFDN were influenced by the factors of cutting age, applied N dose and its interaction, presenting a significant impact ($p < 0.05$). The NDF, ADF, IVDDM and Ash contents were only significantly affected by the cutting age; while the DM content and the EE only presented significant differences in response to the fertilization factor. It was concluded that managing the harvest age and the dose of nitrogen fertilization in the Suazi grass allows us to influence the amount of forage to be harvested in addition to its

nutritional quality in protein terms, and the management of the regrowth age variable will only affected the fibrous content and therefore the digestibility of the pasture.

Keywords: pastures, Swazi grass, regrowth, fertilization, nitrogen, nutritional concentration.

Introducción

Las pasturas tropicales tienen un potencial de crecimiento limitado por la composición química y física del suelo en que se encuentren, además de la precipitación y la luminosidad a la que se vean expuestas (Subbarao *et al*, 2013). El aprovechamiento de las pasturas va a estar determinado por la cantidad de animales que ingresen al sistema y el tiempo que permanezcan en la misma (Rodríguez *et al*, 2011), para lo cual es conveniente proyectar una adecuada capacidad de carga.

Una vez cosechada la pastura, ya sea por los animales o de forma mecánica, es importante conocer el tiempo adecuado de recuperación que necesita para llegar a su punto óptimo de aprovechamiento (Calzada *et al*, 2014). Cada especie cuenta con comportamientos diferentes, sin embargo se pueden encontrar similitudes en el comportamiento de algunas de ellas (Rodríguez, 2002).

La *Digitaria swazilandensis* o pasto Suazi cuenta con un crecimiento decumbente y estolonífero, medio por el cual se reproduce de forma asexual, necesitándose alrededor de una tonelada de material fresco por hectárea para la siembra (Heuzé *et al*, 2016). El pasto Suazi requiere al menos tres meses para establecerse y poder introducir los animales y puede soportar periodos largos de déficit hídrico (Pizón y Montenegro, 2002).

El tiempo de recuperación normalmente utilizado en Suazi para pastoreo es de 30 días mientras que para henificación se han documentado periodos largos de descanso que van hasta los 120 días (Morales *et al*, 2003). Estos periodos prolongados especialmente en la región Pacífico Norte de Costa Rica se deben a la estacionalidad de las lluvias y las condiciones climatológicas necesarias para un adecuado proceso de henificación (Morales *et al*, 2004).

Se espera que el comportamiento del pasto Suazi a nivel de rendimiento y composición nutricional con diferentes edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada se vea mejorado. De manera tal que los resultados de esta investigación sirvan como punto de partida para la toma de decisiones en cuanto a la frecuencia de corte y días de descanso adecuados y como puede el manejo del programa de fertilización maximizar producción y la calidad de este forraje.

Materiales y métodos

Las parcelas experimentales de esta investigación se ubicaron en la localidad de Curime en el cantón de Nicoya de la provincia de Guanacaste, Costa Rica. Específicamente en Finca Salitral a 189 msnm, cuya topografía es ondulada facilitando un adecuado drenaje, donde predominan suelos del orden Alfisol con propiedades físicas estables con buenas estructuras granulares, con una precipitación promedio anual de 2065 mm (Araya *et al*, 2010).

Diseño Experimental:

Se estableció un diseño de bloques completos al azar con dos edades de corta de 35 y 70 días de rebrote, cada edad de corte fue sometida a cuatro tratamientos con dosis incrementales de fertilización nitrogenada (T1= 0, T2= 100, T3= 200 y T4= 300 kg N ha⁻¹ año⁻¹) a base de Urea (46-0-0). Cada tratamiento contó con 4 repeticiones para un total de 32 parcelas establecidas y distribuidas aleatoriamente en un lote de 2000 m². Cada edad de corta fue muestreada en dos ocasiones en el primer y segundo trimestres de la época lluviosa respectivamente, por lo que al final se recolectaron datos de cantidad y calidad de biomasa de 64 parcelas durante el año 2020.

Se realizó un corte de homogenización al inicio de la época lluviosa, dicha homogenización se realizó con el fin de estandarizar las condiciones del forraje y asegurar las condiciones de humedad necesarias para realizar prácticas de fertilización. A partir de ese momento se esperó 35 y 70 días para realizar los 2 primeros muestreos equivalentes a 32 muestras durante los meses de julio (fecha)

y agosto (fecha). Posteriormente se repitió el proceso para finalizar con las 64 muestras durante los meses de noviembre (fecha) y diciembre (fecha).

Recolección y manejo de muestras:

Cada parcela contó con un tamaño de 3 x 3 m (9 m² /parcela) en un lote de *Digitaria swazilandensis* con 2 años de establecido. Los muestreos de cada parcela fueron de la totalidad del material forrajero para pesar y cuantificar la producción de biomasa fresca.

A partir de dicha totalidad de forraje por parcela se realizó un cuarteo para extraer una muestra compuesta entre 1,0-1,5 kg de forraje fresco para análisis de laboratorio. Cada muestra fue colocada en una bolsa plástica rotulada y mantenida en un congelador a 3 °C hasta ser posteriormente trasladadas al laboratorio de Anatomía y Fisiología de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica (UCR). En dicho laboratorio las muestras fueron secadas en un horno de convección gravitacional a 60 °C por 48 h y posteriormente trasladadas al CINA de la UCR para su proceso de molienda y análisis de laboratorio. Se estimó la producción de biomasa seca al multiplicar la biomasa fresca por el contenido porcentual de materia seca estimado en laboratorio entre 100 (biomasa fresca x %MS/100).

Los muestreos se realizaron de forma mecánica con el uso de una motosegadora de gasolina auto impulsada con una altura de corte 5 cm del suelo y un ancho de corte de 1,5 m, siendo similar a la de una máquina segadora de toma de fuerza utilizada para la cosecha del forraje para henificación de manera comercial.

Análisis bromatológico:

Las muestras de pasto Suazi secas y molidas se procesaron bajo análisis de química húmeda considerando las variables materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas (Ce) siguiendo las metodologías oficiales de AOAC (2002). Además, se determinaron los componentes de la pared celular que incluyeron el contenido de fibra detergente neutra (α FDN) fibra detergente ácida (FDA), lignina detergente ácida (LDA), digestibilidad *in-vitro* de la materia seca

(DIVMS) y digestibilidad *in-vitro* de la FDN (DIVFDN) siguiendo los métodos de referencia de Van Soest *et al.* (1991).

Análisis estadístico:

La información de las variables de biomasa fresca y seca y nutricionales reportadas por el laboratorio en base seca se incluyó en una base de datos. A esta información se le realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) y para las comparaciones múltiples entre medias se utilizó la prueba Tukey para determinar efectos significativos entre los tratamientos con un nivel de significancia de 0,05.

Resultados

Producción de biomasa:

La producción de forraje fresco sin la aplicación de fertilización nitrogenada con 35 días d rebrote tuvo un valor promedio de 8,44 ton ha⁻¹, prácticamente duplicando la cantidad de forraje a 17,35 ton ha⁻¹ cuando se aplicó 100 kg de N ha⁻¹. Cuando se incrementó a dosis de 200 y 300 kg N ha⁻¹ la producción de biomasa aumentó numéricamente (18,72 ton ha⁻¹) y se mantuvo similar (17,94 ton ha⁻¹), respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Producción de biomasa fresca y seca expresada en toneladas por hectárea a dos edades de corta y diferentes dosis de fertilización nitrogenada.

Ton ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹								Factores significativos al 5%
	0		100		200		300		
	35d	70d	35d	70d	35d	70d	35d	70d	
MF	8,44 ^a	16,67 ^b	17,35 ^b	26,68 ^c	18,72 ^b	25,64 ^c	17,94 ^b	28,78 ^c	Tratamiento y Edad
MS	2,38 ^a	4,20 ^b	3,48 ^{ab}	5,70 ^c	3,68 ^{ab}	5,43 ^c	3,55 ^{ab}	5,90 ^c	Tratamiento y Edad

Un comportamiento similar presentó la edad de rebrote de 70 días, cuya producción de materia fresca sin fertilización fue 16,67 ton ha⁻¹, incrementándose a 26,68 ton ha⁻¹ cuando se le aplicaron 100 kg de N ha⁻¹ (Figura 4). Conforme se subió la dosis

de fertilizante a 200 y 300 kg N ha⁻¹ la cantidad de biomasa fue de 25,64 y 28,78 ton ha⁻¹.

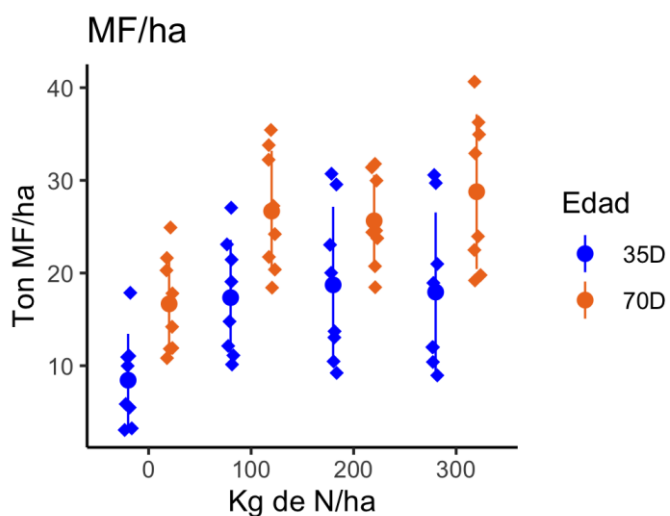


Figura 4. Producción de biomasa expresada en toneladas de materia fresca por hectárea a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.

El comportamiento de la productividad de la materia seca tuvo un comportamiento muy similar al de la materia fresca. El tratamiento control tuvo una producción de 2,38 ton ha⁻¹ a los 35 días de rebrote y 4,20 ton ha⁻¹ a 70 días. Una vez aplicado el nitrógeno a una dosis de en las 3 dosis correspondientes la producción de MS se mantuvo en el rango de 3,48 a 3,68 ton ha⁻¹ a los 35 días, mientras que a los 70 días el rendimiento estuvo entre 5,70 a 5,90 ton ha⁻¹.

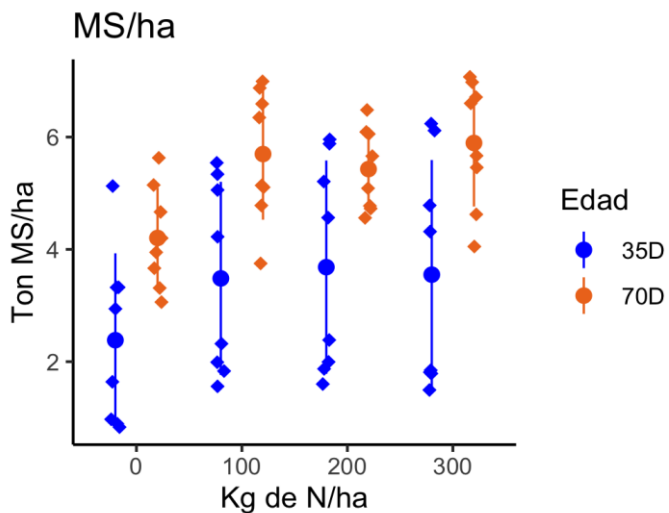


Figura 5. Producción de biomasa expresada en toneladas de materia seca por hectárea a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.

Composición nutricional:

El análisis de varianza mostró una interacción entre la dosis de fertilización y la edad de rebrote del pasto para las variables proteína cruda, lignina detergente ácida y digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutra (Cuadro 4). Por otro lado, la fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, digestibilidad de la materia seca y las cenizas solo se vieron afectadas significativamente por el tiempo de rebrote del pasto. Mientras que el porcentaje de materia seca y el contenido de extracto etéreo de este forraje solo se vieron influenciados por la dosis de nitrógeno aplicada.

Cuadro 4. Contenido nutricional del pasto Suazi a dos edades de corta y fertilizado con cuatro dosis incrementales de nitrógeno en Guanacaste, Costa Rica.

Variable de interés (%)	kg N ha ⁻¹							
	0		100		200		300	
	35d	70d	35d	70d	35d	70d	35d	70d
MS	27,54 ^b	26,01 ^b	19,30 ^a	21,66 ^a	19,13 ^a	21,45 ^a	18,88 ^a	21,15 ^a
PC	8,38 ^b	6,10 ^a	12,70 ^{bc}	9,04 ^b	14,47 ^c	10,94 ^b	14,86 ^c	11,08 ^b
FDN	67,03 ^{ab}	68,39 ^b	68,05 ^b	66,50 ^a	67,00 ^{ab}	65,28 ^a	68,10 ^b	66,09 ^a
FDA	35,51 ^a	35,98 ^{ab}	36,85 ^b	35,56 ^a	36,09 ^b	34,79 ^a	36,71 ^b	35,73 ^a
LDA	3,59 ^a	3,84 ^a	4,26 ^{ab}	4,35 ^b	4,35 ^b	4,59 ^c	4,55 ^c	4,73 ^c
EE	1,70 ^a	2,09 ^{ab}	2,52 ^b	2,46 ^b	2,20 ^b	2,12 ^{ab}	1,94 ^a	2,08 ^{ab}
Cenizas	11,27 ^b	10,09 ^a	10,86 ^b	9,55 ^a	10,90 ^b	9,73 ^a	11,06 ^b	9,90 ^a
DIVMS	67,26 ^b	65,66 ^b	66,96 ^b	61,94 ^a	65,95 ^b	63,10 ^a	66,18 ^b	61,49 ^a
DIVFDN	51,30 ^b	49,83 ^b	51,48 ^b	42,88 ^a	49,19 ^b	43,51 ^a	50,40 ^b	41,76 ^a

Contenido de materia seca

El contenido de materia seca fue mayor cuando no se aplicó fertilización nitrogenada (Figura 6) independientemente de la edad de rebrote que fue muestreada, manteniendo un promedio entre un 26,01% a 27,54%. Una vez aplicados los tratamientos se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) respecto al control con valores entre 18,88% a 21,66%, sin embargo, el efecto entre las edades de corta no influyó sustancialmente en el contenido de materia seca del pasto Suazi.

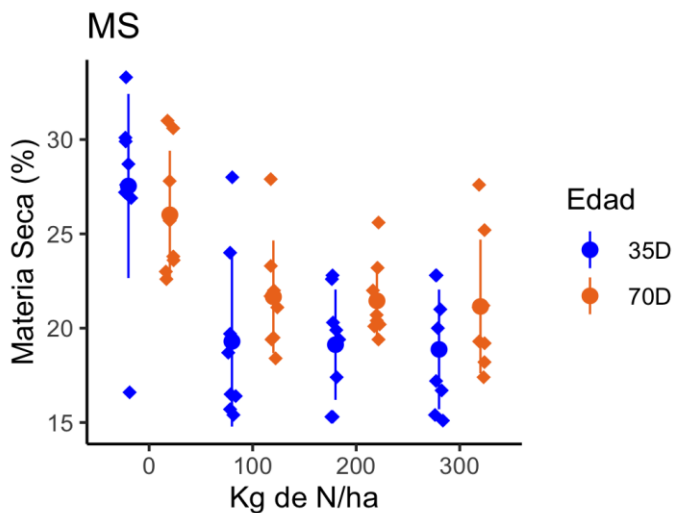


Figura 6. Contenido de materia seca del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.

Contenido de proteína cruda

El valor nutricional de la proteína cruda se vio influenciado tanto por la aplicación de nitrógeno como por la edad de rebrote del pasto (Cuadro 4). Los valores más altos se presentaron con una edad de rebrote de 35 días, mientras que los más bajos se dieron con 70 días de rebrote (Figura 7), indicando al mismo tiempo el efecto de mayor edad sobre el contenido de la proteína cruda en el pasto Suazi.

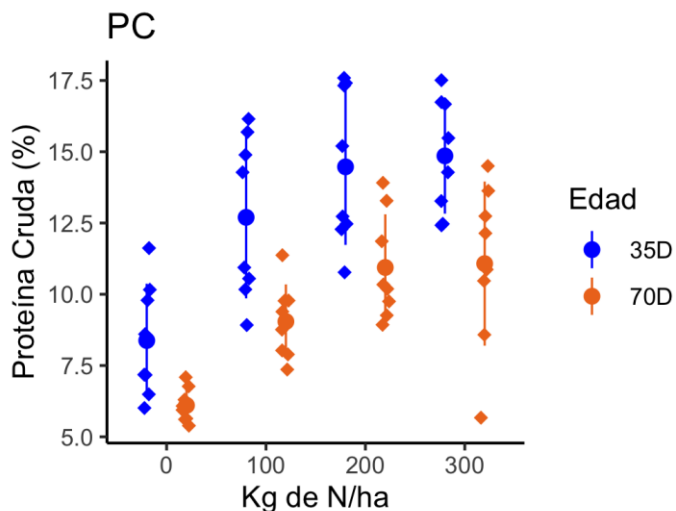


Figura 7. Porcentaje de proteína cruda del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.

El incremento en proteína cruda no solo fue mayor en edades tempranas, sino también con la aplicación de nitrógeno, pudiendo pasar a los 35 días de edad de 8,36% de PC en el tratamiento control (0 kg de N⁻¹), a 12,70% con la aplicación de 100 kg de N⁻¹. Conforme la dosis fue en aumento las diferencias estadísticas fueron menos evidentes teniendo valores de 14,47% y 14,86% para dosificaciones de 200 y 300 kg de N⁻¹ respectivamente.

Contenido de fibra detergente neutra

Los contenidos de fibra detergente neutra a los 35 días de rebrote se mantuvieron en un rango entre 67,00% a 68,10%, mientras que a los 70 días el contenido de FDN osciló entre un 65,28% a un 68,39%. Las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos de dosis incrementales de nitrógeno aplicado (Cuadro 2), sin embargo, la edad de rebrote si fue un factor significativo en términos del contenido de fibra detergente neutra del pasto Suazi (Figura 5).

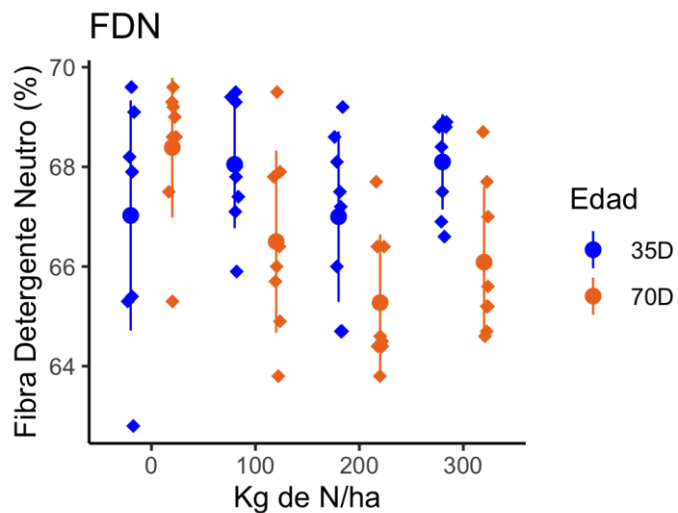


Figura 8. Porcentaje de fibra detergente neutra del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.

Contenido de fibra detergente ácida

La fibra detergente ácida mantuvo un comportamiento similar en todos los tratamientos (Figura 9), evidenciando que este parámetro no se vio influenciado por la dosis de fertilizante nitrogenado ($p > 0,05$, Cuadro 4), los valores estuvieron entre 35,10–36,85%. Los valores promedio más bajos se encontraron a los 35 días de rebrote, mientras que los valores promedio más altos se presentaron a los 70 días.

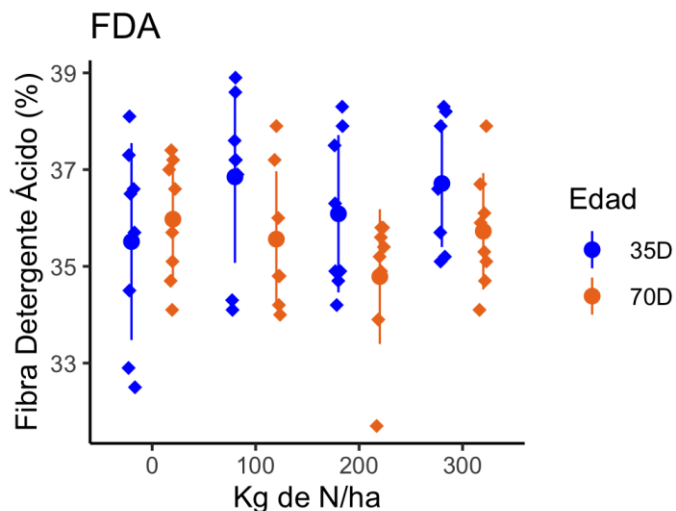


Figura 9. Porcentaje de fibra detergente ácida del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.

Contenido de lignina detergente ácida

La media de LDA para el tratamiento control a los 35 días fue de 3,59% y de 3,84% para los 70 días de rebrote. Los resultados promedio del tratamiento de 100 kg de N ha⁻¹ fueron de 4,26% para la primera edad de corta y de 4,35% para la segunda. En el caso de los tratamientos con 200 y 300 kg de N ha⁻¹ se obtuvieron medias de 4,35% y 4,55% a los 35 días, además 4,59% y 4,73% a los 70 días respectivamente.

Los datos obtenidos para LDA resultaron estadísticamente significativos ($p > 0,05$) tanto para el tratamiento como la edad de rebrote. Dependiendo del tiempo de recuperación y las dosis incrementales de nitrógeno, la cantidad de lignina presente en los tejidos aumentó numéricamente como resultado de ambos factores (Cuadro 4).

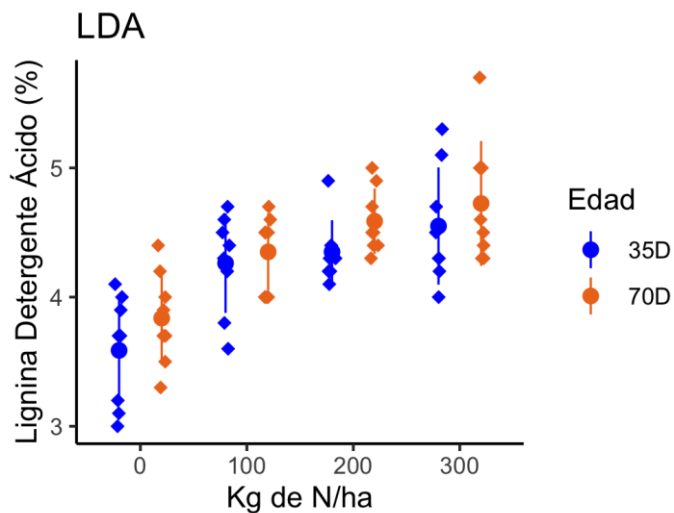


Figura 10. Porcentaje de lignina detergente ácida del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.

Digestibilidad *in-vitro* de la materia seca

La digestibilidad *in-vitro* de la materia seca solamente se vio influenciada significativamente ($p < 0,05$) por la edad de rebrote de la pastura (Cuadro 4 y Figura 11), presentándose diferencias de hasta casi 5% entre tratamientos. Tal fue el caso del tratamiento donde se aplicaron $100 \text{ kg de N ha}^{-1}$ cuyos valores promedio a los 35 días fueron de 66,96% mientras que la digestibilidad de la materia seca a los 70 días con misma dosis de fertilización bajo a 61,94%.

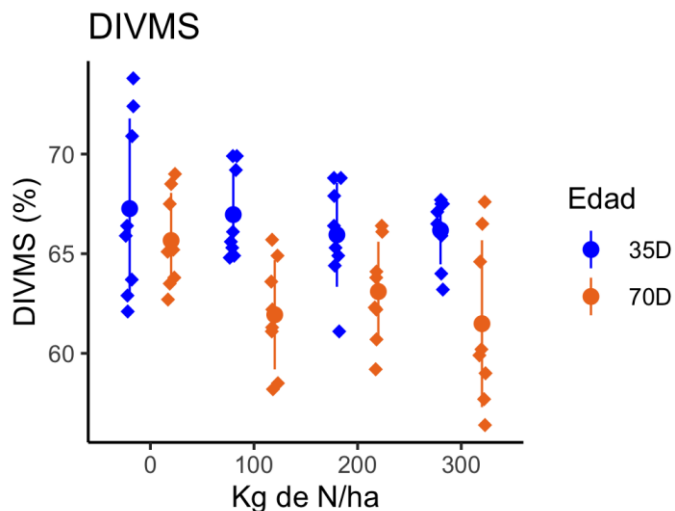


Figura 11. Porcentaje de digestibilidad in-vitro de la materia seca del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.

Los valores más altos se encontraron en la edad de rebrote de menor edad (35 días) con un rango entre 65,95% hasta alcanzar valores de digestibilidad *in-vitro* de la materia seca de 67,26% (Cuadro 4). Independientemente de la dosis de fertilización nitrogenada los datos de digestibilidad se redujeron hasta alcanzar valores promedio de 61,49% de DIVMS a los 70 días de rebrote. Esto refleja que existe una incidencia directa y significativa respecto al tiempo de recuperación con que cuenta el Suazi y la digestibilidad que pueda llegar a alcanzar.

Digestibilidad *in-vitro* de la fibra detergente neutra

Los resultados de digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutra si presentaron un comportamiento dependiente de los 2 factores evaluados (Cuadro 4). Se encontró que a menor edad de rebrote mayor fue la digestibilidad del pasto Suazi y, conforme se incrementó la dosis de nitrógeno, disminuyó dicha digestibilidad (Figura 12).

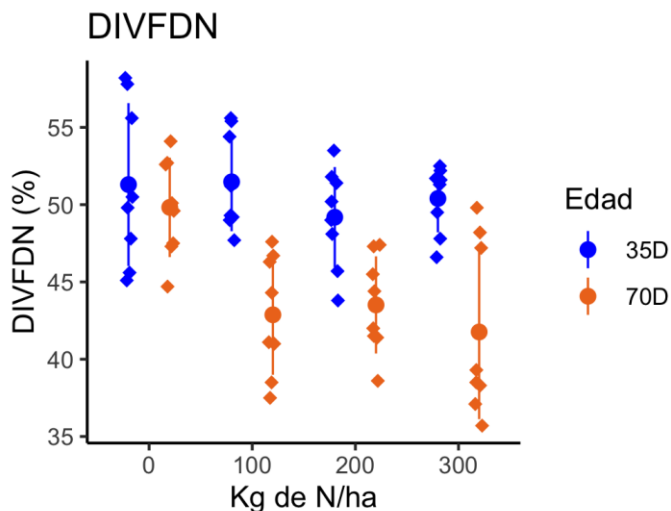


Figura 12. Porcentaje de digestibilidad in-vitro de la fibra detergente neutro del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.

Los valores más altos de digestibilidad de la FDN se encontraron en la edad de rebrote de 35 días con datos entre 49,19% a 51,48% de digestibilidad *in-vitro* de la fibra detergente neutro. La DIVFDN a 70 días fueron inferiores con respecto al rebrote de 35 días. Para este mayor tiempo de recuperación de la pastura, se evidenció que la mayor digestibilidad de la fibra se logró al no aplicar fertilización (Control) obteniendo un valor promedio de 49,83%, mientras que las dosis de 100, 200 y 300 kg ha⁻¹ mostraron valores de digestibilidad de la FDN de 42,88%; 43,51% y 41,76%, respectivamente.

Contenido de Extracto Etéreo

El contenido de extracto etéreo del pasto Suazi en esta evaluación únicamente se vio influenciado por el tratamiento de fertilización nitrogenada (Cuadro 4) mientras que la edad de rebrote no evidenció un impacto puntual sobre dicha variable (Figura 13).

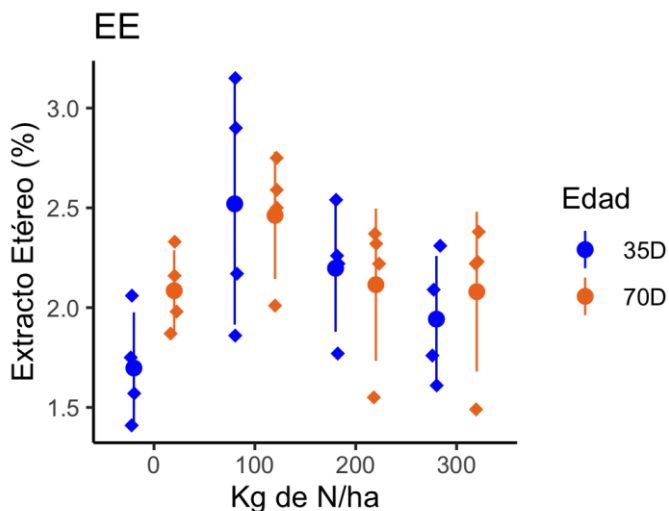


Figura 13. Porcentaje de extracto etéreo del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.

En la figura 13 se puede apreciar que los menores contenidos de extracto etéreo en el pasto Suazi se presentaron cuando no se fertilizó con nitrógeno independientemente de la edad de la pastura. En este caso los contenidos promedio para 35 y 70 días fueron de 1,70% y 2,09% sin la exposición a nitrógeno, pudiéndose elevar hasta 2,52% y 2,46% cuando se aplicaron 100 kg de N ha⁻¹ con esas mismas 2 edades de rebrote.

Conforme las dosis de fertilización nitrogenada se elevaron a 200 y 300 kg de N ha⁻¹, el extracto etéreo presentó una disminución en su contenido promedio, igualmente sin este comportamiento dependiente de la edad de recuperación del pasto. Los valores obtenidos para estas dosis más elevadas se mantuvieron entre 1,94% hasta 2,20%.

Contenido de Cenizas

El contenido mineral expresado como porcentaje de cenizas del pasto Suazi fue otro de los rubros que solamente se vio afectado por la edad de rebrote y no por la fertilización nitrogenada (Cuadro 4). En este caso los valores más altos se presentaron a los 35 días, contenidos que fueron disminuyendo conforme el tiempo de recuperación del pasto fue mayor (Figura 14).

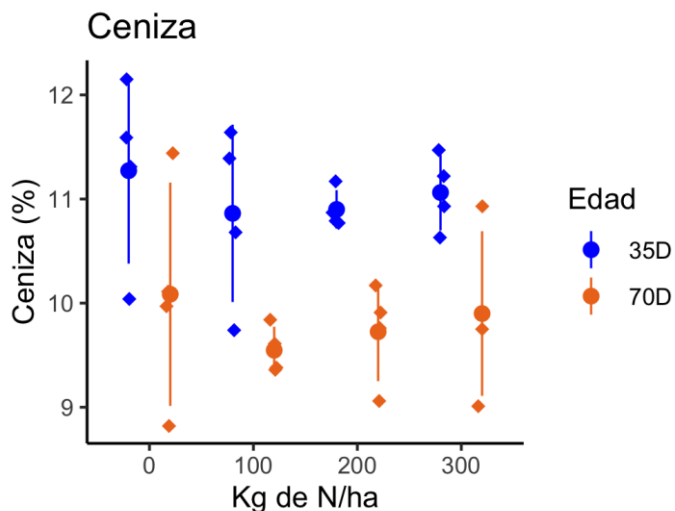


Figura 14. Porcentaje de ceniza del pasto Suazi a dos edades de corta y niveles crecientes de fertilización nitrogenada.

Los porcentajes promedio de cenizas a los 35 días se mantuvo entre 11,27% y 10,86% siendo este rango significativamente mayor al contenido promedio que se presentó para los diferentes tratamientos del rebrote de 70 días, donde los valores se estuvieron entre 9,55% hasta 10,09%.

Discusión

La cantidad y calidad del pasto Suazi mostró que ciertas variables evaluadas se vieron afectadas por la edad de rebrote, otros por la dosis de nitrógeno aplicada y algunos por ambos factores dependiendo uno del otro.

Al comparar la cantidad de materia fresca producida con una recuperación de 35 días versus 70 días, sin la aplicación de fertilizante, el tonelaje del pasto se duplicó pasando de 8,44 a 16,67 t ha⁻¹. En este tratamiento es evidente que el factor edad fue estadísticamente significativo ($p < 0,05$) El tonelaje obtenido a los 35 días al aplicar 100 kg de N ha⁻¹ fue numéricamente superior al de 70 días sin fertilizante (17,35 t ha⁻¹) sin diferencias estadísticas entre ambos.

La cantidad de materia fresca producida fue dependiente tanto del tiempo de recuperación que se le dio al cultivo como de la aplicación de nitrógeno. Dosis superiores a los 100 kg de N ha⁻¹ no necesariamente aseguraron un aumento en la

producción notable como ocurrió al pasar de 35 a 70 días, pero si existió una diferencia de 8 a 11 toneladas de MF entre las 2 edades de corta evaluadas independientemente de la dosis de urea aplicada.

Ayala *et al* (2000) reportó rendimientos de materia fresca a 35 días de recuperación con 55 kg N ha⁻¹ de 21,96 t ha⁻¹ siendo estos resultados superiores a todos los tratamientos evaluados en el presente estudio a la misma edad de rebrote. Habiendo sido el rendimiento más alto al que se le aplicaron 200 kg de N ha⁻¹ con 18,72 t de MF ha⁻¹.

El contenido de materia seca solamente presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en términos de la fertilización nitrogenada más allá del tiempo de recuperación de la pastura. Los valores promedio de contenido de materia seca sin la aplicación de nitrógeno fueron mayores para las dos edades, mientras que al aplicar nitrógeno los porcentajes de materia seca se redujeron.

Una producción MS de 2,38 t ha⁻¹ como la obtenida en el tratamiento testigo a los 35 días significa una producción estimada de 146 pacas de heno corte⁻¹, mientras que a los 70 días al alcanzarse las 4,20 t ha⁻¹ se podrían obtener alrededor de 259 pacas. Al aplicar alguna de las 3 dosis de fertilizante evaluadas se podría lograr producir entre 214 a 227 pacas de heno ha⁻¹ con 35 días de rebrote, mientras que con 70 días de recuperación la productividad alcanzaría un rango de entre 351 a 364 pacas ha⁻¹.

La aplicación de fertilizante nitrogenado aumentó la capacidad de retención de agua del pasto sin importar la dosis que se utilice (Vasques *et al*, 2019). Esto puede ser contraproducente dependiendo de la finalidad que se le quiera dar al cultivo, por ejemplo, si es con el propósito de henificación en época lluviosa donde la ventana de secado es corta podría resultar más difícil lograr que el forraje llegue a un 85% de materia seca y estar listo para ser embalado.

En época seca puede ser favorable una concentración mayor de agua en el pasto, lo cual permitiría una cantidad de días mayor para la corta, con rendimientos altos en materia fresca y consecuentemente del material seco y listo para la conservación

en forma de heno. Esto se corrobora al analizar los rendimientos en toneladas de materia seca por hectárea de las dos edades de corta y los diferentes tratamientos, donde si depende un factor del otro en términos de significancia estadística ($p < 0,05$).

Turcios (2002) reportó producciones diarias de 47 kg de MS ha^{-1} sin fertilización nitrogenada y 77 kg de MS ha^{-1} al aplicar 200 kg de N ha^{-1} , datos que extrapolados a 35 días de recuperación serían 1,64 t de MS ha^{-1} y 2,69 t de MS ha^{-1} , respectivamente. Estos rendimientos son menores a los encontrados en este estudio donde a los 35 días sin fertilización se obtuvieron 2,38 t de MS ha^{-1} y 3,68 t de MS ha^{-1} cuando se utilizaron 200 kg de N ha^{-1} .

El contenido proteico fue otra de las variables que respondió significativamente tanto a factores de edad del forraje como a la aplicación de fertilizante, siendo dependiente uno del otro. Para este rubro se evidenció contenidos proteicos mayores a la edad de rebrote menor. Además, al agregar nitrógeno el contenido de proteína aumentó de manera significativa, sin embargo, este comportamiento no se mantuvo conforme la dosis va fue aumentando.

Para el tratamiento control, el porcentaje de proteína cruda pasó de 8,38% a los 35 días bajando a 6,10% a los 70 días. Cuando se sometió a la primera dosis de 100 kg de N ha^{-1} la proteína cruda subió a 12,70% y 9,04% para los 35 y 70 días, respectivamente, aumentando 4,32 y 2,94 puntos porcentuales para cada una de las edades evaluadas.

Conforme la dosis de nitrógeno aumentó, el incremento en el contenido de proteína fue cada vez menor. Por ejemplo, al pasar de 100 a 200 kg de N ha^{-1} el incremento fue de 1,77% y 1,90% para las edades de 35 y 70 días, respectivamente. El comportamiento fue similar cuando se pasó de 200 a 300 kg de N ha^{-1} , inclusive con un incremento menos evidente de proteína cruda con una diferencia de 0,39% a los 35 días y de 0,14% a los 70 días.

El valor promedio más alto de PC encontrado fue de 14,86% a los 35 días con la adición de 300 kg N ha^{-1} , similar al valor máximo de 14,70% reportado por Juárez &

Bolaños (2007) y al 14,40% expuesto por Villalobos (2020). Por otro lado, el valor promedio menor fue de 6,10% a los 70 días de rebrote sin fertilización, cercano al 7,71% PC presentado por Martínez (2018) para muestras con más de 40 días de recuperación.

A diferencia del contenido proteico que respondió tanto a la edad del pasto Suazi como a la cantidad de nitrógeno aplicada, el contenido fibroso solamente se vio determinado con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) por el factor edad. Tanto la fibra detergente neutra como la fibra detergente ácida se comportaron de esta manera para el pasto Suazi.

En el caso de la fibra detergente neutra, los valores más altos se presentaron a los 35 días en los tratamientos a los que se les aplicó nitrógeno, manteniéndose en el rango de 67,00% a 68,10%. Mientras que los valores más bajos estuvieron dados en las muestras de 70 días con la presencia de fertilización con valores entre 65,28% y 66,50%. Para el tratamiento testigo el comportamiento fue contrario a los anteriores siendo el valor promedio de FDN 67,03% en la edad menor y 68,39% en el mayor tiempo de recuperación.

Castillo & Villareal (2002) encontraron valores de 71,00% de FDN a los 35 días sin fertilización y de 70,50% con la misma edad de rebrote, pero con la aplicación de 200 kg de N ha⁻¹, sin haber diferencias estadísticamente significativas entre ambos muestreos, corroborando los datos obtenidos en el presente documento. Estas mismas investigadoras reportaron valores de FDA de 49,90% y 51,00% a los 35 días con y sin fertilización, los cuales son valores altos si los comparamos a los obtenidos en el presente estudio.

La FDA en este caso presentó un comportamiento similar al de la FDN, sin embargo, la diferencia entre los valores a los 35 y 70 días no fue tan marcada. En el tratamiento testigo, por ejemplo, la diferencia de FDA fue de 0,47% entre ambas edades con valores promedio de 35,51% a los 35 días y 35,98% a los 70 días. Con la presencia de fertilizante el valor más elevado fue de 36,85% a los 35 días con 100 kg de N ha⁻¹ y el menor fue de 34,79% con 200 kg de N ha⁻¹ a los 70 días.

El componente indigerible de la fibra expresado como lignina detergente ácida en el pasto Suazi tuvo valores por debajo al 4% para el tratamiento testigo cuando no se aplicó fertilizante y las dos edades de corta evaluadas. Este rubo si subió sustancialmente con el aporte de las diferentes dosis de nitrógeno manteniéndose por arriba del 4%.

Es notable que la lignina es una variable que se ve afectada tanto por la edad de rebrote como por la dosis de nitrógeno. A mayor edad del pasto más alto fue el valor de esta variable, de igual manera, conforme la dosis de fertilizante fue en aumento la lignina fue subiendo. Martínez (2018) reportó un valor de 2,90% con una edad de rebrote de entre 30 a 40 días, mientras que con tiempos de recuperación mayores el valor promedio de lignina fue de 3,08% evidenciándose un valor máximo de 3,70%. Este parámetro se asemeja al promedio encontrado en este estudio a los 70 días sin la aplicación de nitrógeno, el cual fue de 3,84% de LDA.

Los contenidos de FDN, FDA y LDA están relacionados con la digestibilidad que pueda llegar a tener la pastura y la eficacia con que pueda convertir el forraje consumido en productos de nuestro interés (Ref). Al igual que los componentes fibrosos del pasto Suazi, la digestibilidad *in vitro* de la materia seca solamente se vio influenciada por la edad del cultivo, no así por la aplicación o la cantidad de nitrógeno adicionada.

A menor edad de rebrote mayor fue la DIVMS del Suazi, a los 35 días el valor más bajo fue de 65,95% al aplicar 200 kg N ha⁻¹ mientras que el valor más alto fue de 67,26% cuando no se empleó fertilización. En contraste los valores de DIVMS disminuyeron con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) cuando al pasto se le dieron 70 días de recuperación, presentándose valores máximos de 65,66% y pudiendo bajar hasta un 61,49%, sin el uso de urea y con la dosis más alta, respectivamente. Villalobos (2020) presentó un rango de digestibilidad para el pasto Suazi de 51,00% hasta 63,00%, los cuales son valores muy por debajo de lo encontrado en este trabajo.

La digestibilidad de la FDN osciló en un rango mucho más amplio viéndose afectada tanto por la edad de corte como por la cantidad de fertilizante que se le aplicó. Las DIVFDN más altas se presentaron a los 35 días sin la aplicación de nitrógeno y con la aplicación de 100 kg N ha⁻¹, con valores de 51,30% y 51,48%. Sin embargo, cuando las dosis de fertilizante subieron a 200 y 300 kg N ha⁻¹, el aprovechamiento de la FDN por parte de los animales se puede ver comprometida y reducirse a una DIVFDN de 49,19% y 50,40% a los 35 días.

Este comportamiento se vuelve mucho más evidente en el caso de la edad de rebrote de 70 días donde la DIVFDN pasó de un valor promedio de 49,83% sin la aplicación de nitrógeno a valores muy por debajo como lo son 42,88%, 43,51% y 41,76% cuando se aplicó fertilizante en una dosis de 100, 200 y 300 kg N ha⁻¹.

Conclusión

La producción de materia fresca se puede duplicar pasando de una edad de rebrote de 35 días a 70, pasando de 8,44 a 16,67 t ha⁻¹. Al agregar 100 kg N ha⁻¹ también se duplicó el rendimiento, pero este caso sin necesidad de tener que esperar 70 días para la cosecha, obteniendo con la adición de esta dosis de fertilizante rendimientos promedio que pueden alcanzar las 17,35 t ha⁻¹ a los 35 días. Dosis mayores de nitrógeno no necesariamente presentaron un crecimiento sostenido en la producción materia seca de la pastura, donde a 35 días con 100 kg N ha⁻¹ se pudo alcanzar la mejor productividad anual equivalente a 17,40 t MS ha⁻¹.

En cuanto al contenido proteico, el valor mayor también se logró a los 35 días con la adición de 100 kg N ha⁻¹, alcanzando un valor de 12,70%. A esa misma edad y dosis se logró la mejor DIVFDN con respecto a los demás tratamientos con un valor de 51,48%. Para el caso de la FDN, FDA y DIVMS solamente la edad resultó un factor determinante obteniéndose los mejores resultados en la edad de cosecha más temprana (35 días), independientemente de la dosis de nitrógeno que se haya aplicado.

Si solamente se maneja la variable de tiempo de rebrote, habrá mayor efecto directo sobre el contenido fibroso y la digestibilidad de la MS de la pastura, lo cual

demuestra la importancia de manejar de forma conjunta tanto la edad de cosecha como la dosis de fertilización nitrogenada en el pasto Suazi. De esta forma se podrá influenciar tanto la cantidad de forraje a cosechar, como su calidad nutricional, principalmente en términos proteicos y de digestibilidad de la FDN.

Bibliografía

Ayala, M., Carrillo, L., & Alcon, E. (2000). Determinación del valor nutritivo de pasto Swazi (*Digitaria swazilandensis* Stent) bajo fertilización orgánica y química con dos edades de corte. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador.

Calzada-Marín, J. M., Enríquez-Quiroz, J. F., Hernández-Garay, A., Ortega-Jiménez, E., & Mendoza-Pedroza, S. I. (2014). Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 5(2), 247-260.

Castillo, J. y Villarreal, C. (2002). Evaluación de recursos alimenticios y simulación para la implementación del CNCPS en el trópico. Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras.

Heuzé, V., Tran G., & Hassoun P. (2016). *Swazi grass (Digitaria swazilandensis)*. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/454> Last updated on September 10, 2016, 0:04

Juárez-Hernández, J. & Bolaños-Aguilar, E. (2007). Las curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 23 (1):81-90. México.

Martínez, J. (2018). Tabla de composición bromatológica de forrajes utilizados para la alimentación de animales en Costa Rica. Centro de Investigación en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica.

Morales, J., Acuña, V. y Cruz, A. (2003). Industrialización del heno de calidad en sistemas bajo riego en Costa Rica. INTA. P 79.99

Morales, J., Molina, E., Acuña, R., & Sandoval, B. (2004). Sustitución de concentrado por heno de maní forrajero (*Arachis pintoi*) asociado a pasto swazi (*Digitaria swazilandensis*), en vacas lecheras. *Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales*. El Salvador.

Pinzón, B., & Montenegro, R. (2002). Producción de carne en *Digitaria swazilandensis* fertilizada y en asociación con dos ecotipos de *Arachis pintoi*. 1997-1999. *Ciencia Agropecuaria*, (11), 107-127.

Rodríguez, G., Patiño, R., Altahona, L., & Gil, J. (2011). Dinámica de crecimiento de pasturas con manejo rotacional en diferente topografía en un sistema de producción de carne vacuna en Córdoba, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 3(1), 47-61.

Rodríguez, P. D. P. (2002). Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. *Pastos*, 32(2), 109-137.

Subbarao, G., Rao, I., Nakahara, K., Ando, Y., Sahrawat, K., Tesfamariam, T., Lata, J., Boudsocq, S., Miles, J., Ishitani, M., & Peters, M. (2013). Nitrogen management in grasslands and forage-based production systems – Role of biological nitrification inhibition (BNI). *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 1(2), 168–174. [https://doi.org/10.17138/tgft\(1\)168-174](https://doi.org/10.17138/tgft(1)168-174)

Turcios R. (2002). Respuesta a la fertilización nitrogenada en dos pastos tropicales en Atlántida, Honduras. Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras.

Vasques, I. C., Souza, A.A., Morais, E. G., Benevenuto, P.A., da Silva, L. D. C., Homem, B. G., & Silva, B.M. (2019). Improved management increases carrying capacity of Brazilian pastures. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 282, p. 30-39.

Villalobos, L. (2020). Fichas de Forrajes (Piso, Corte, Arbustivas). Proyecto: Validación y transferencia de casos de éxito, técnicas y variedades forrajeras

adaptadas al cambio climático, para su uso en ganado bovino de Costa Rica. Red Nacional de Pastos y Forrajes. Costa Rica.

Capítulo 3. Efecto del pastoreo sobre la cantidad, calidad y consumo voluntario del heno de pasto Suazi (*Digitaria swazilandensis*) en Costa Rica.

Juan José Campos Zúñiga¹, Luis Villalobos Villalobos².

¹Posgrado en Ciencias Agrícolas y Manejo de los Recursos Naturales con Énfasis en Nutrición Animal. Escuela Zootecnia, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

²Escuela Zootecnia y Centro de Investigación en Nutrición Anima (CINA), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Resumen

Se evaluó el efecto del pastoreo sobre la productividad, la calidad nutricional y el consumo voluntario del heno de pasto Suazi (*Digitaria swazilandensis*) en la zona Pacífico Norte de Costa Rica. Se comparó heno convencional con 120 días de rebrote sin haberse expuesto a pastoreo frente a heno de pasto sometido a pastoreo durante 60 días y con 60 días posteriores de recuperación. Tanto el heno convencional como el heno de pastoreo fueron sometidos a pruebas de consumo con terneras confinadas en etapa post destete. Las variables evaluadas fueron cantidad de pacas de heno producidas por ha, contenido nutricional del heno, producción de carne en pie por ha, porcentaje de aprovechamiento forrajero de los animales en pastoreo y consumo voluntario de los 2 tipos de heno con animales estabulados. La producción de pacas fue mayor para el tratamiento de heno convencional con 358 pacas de 18 kg ha⁻¹ comparado con las 322 pacas ha⁻¹ producidas en el tratamiento de heno sometido a pastoreo. Los 22 animales en pastoreo tuvieron un aprovechamiento del 23,66% de la pastura, equivalente a un consumo de 6,16 kg de MS animal⁻¹ día⁻¹, equivalente a un 1,74% del peso vivo. Su peso inicial fue de 353 kg y obtuvieron un peso final de 406 kg en 60 días de evaluación equivalente a una ganancia de peso promedio de 883 gr animal⁻¹ día⁻¹, con un suplemento proteico de 2,25 kg MS animal⁻¹ día⁻¹. La cantidad de carne producida en las 10 hectáreas pastoreadas y posteriormente henificadas fue de 1166 kg, es decir 116,6 kg de carne en pie ha⁻¹. La calidad del heno producido de

manera convencional tuvo valores promedio de 90,10% MS; 4,05% PC; 63,40% FDN; 30,20% FDA; 2,90% LDA; 60,40% DIVMS y 38,00% DIVFDN, mientras el heno de pastoreo presentó 89,50% MS; 10,42% PC; 66,00% FDN; 32,20% FDA; 3,10% LDA; 60,90% DIVMS y 40,70% DIVFDN. En cuanto al consumo voluntario de heno con animales estabulados fue mayor el consumo del heno de pastoreo con 60 días posteriores de recuperación, obteniéndose un consumo de MS de 3,01 kg animal⁻¹ día⁻¹ equivalente a un 1,68% del PV de los animales. Mientras que los animales que consumieron heno convencional sin pastorear con 120 días de recuperación tuvieron un consumo voluntario de 2,86 kg animal⁻¹ día⁻¹ equivalente a un 1,59% del PV. Ambos grupos fueron suplementados con 2 kg de alimento balanceado adicional al heno, obteniendo ganancias diarias de peso de 420 g para los que consumieron heno de pastoreo y 365 g para los que se les ofreció heno convencional. En base a los datos obtenidos se evidencia el beneficio de incorporar técnicas de pastoreo racional en pasturas de Suazi destinadas a henificación, pudiéndose obtener un beneficio económico a través de los kilos de carne producida y el mejoramiento de la calidad nutricional del heno, lo cual conlleva a un aumento en el consumo voluntario por parte de animales suplementados.

Palabras claves: pastoreo, pasto suazi, rebrote, heno, ganancia diaria, consumo voluntario, contenido nutricional.

Abstract

The effect of grazing on productivity, nutritional quality and voluntary consumption of Suazi grass (*Digitaria swazilandensis*) hay in the North Pacific zone of Costa Rica was evaluated. Conventional hay with 120 days of regrowth without having been exposed to grazing was compared with grass hay exposed to grazing for 60 days and with 60 days of recovery after. Both conventional hay and grazing hay were estimated to consumption tests with confined calves in the post-weaning stage. The variables evaluated were the number of bales of hay produced ha⁻¹, nutritional content of the hay, production of live meat ha⁻¹, percentage of forage use of the grazing animals and voluntary consumption of the 2 types of hay with confined animals. The bale production was higher for the conventional hay treatment with 358

bales of 18 kg ha⁻¹ compared to the 322 bales ha⁻¹ produced in the grazing hay treatment. The 22 grazing animals had a use of 23.66% of the pasture, equivalent to an intake of 6.16 kg of DM animal⁻¹ day⁻¹, equivalent to 1.74% of live weight. Their initial weight was 353 kg and they obtained a final weight of 406 kg in 60 days of evaluation, equivalent to an average weight gain of 883 g animal⁻¹ day⁻¹, with a protein supplement of 2.25 kg DM animal⁻¹ day⁻¹. The amount of meat produced in the 10 hectares grazed and subsequently hayed was 1166 kg, equivalent to, 116.6 kg of live meat ha⁻¹. The quality of the hay produced conventionally had average values of 90.10% DM; 4.05% PC; 63.40% NDF; 30.20% ADF; 2.90% ADL; 60.40% IVDDM and 38.00% IVDFDN, while the grazing hay presented 89.50% DM; 10.42% PC; 66.00% NDF; 32.20% AFD; 3.10% ADL; 60.90% IVDDM and 40.70% IVDFDN. Regarding the voluntary consumption of hay with confined animals, the consumption of grazing hay was higher with 60 days after recovery, obtaining a DM consumption of 3.01 kg animal⁻¹ day⁻¹ equivalent to 1.68% of their LW. While the animals that consumed conventional hay without grazing with 120 days of recovery had a voluntary consumption of 2.86 kg animal⁻¹ day⁻¹, equivalent to 1.59% of the PV. Both groups were supplemented with 2 kg of balanced feed in addition to the hay, obtaining daily weight gains of 420 g for those that consumed grazing hay and 365 g for those that were offered conventional hay. Based on the data obtained, the benefit of incorporating rational grazing techniques in Suazi pastures destined for haymaking is evident, being able to obtain an economic benefit through the kilos of meat produced and the improvement of the nutritional quality of the hay, which entails to an increase in voluntary intake by supplemented animals.

Keywords: pastures, Swazi grass, regrowth, hay, daily gain, consumption, nutritional concentration.

Introducción

La producción de heno en Costa Rica se ha desarrollado en su mayoría en la región Pacífico Norte, específicamente en la provincia de Guanacaste y parte de Puntarenas (Morales *et al*, 2006). Esta región está catalogada como una zona de vida de bosque tropical seco, caracterizándose por tener un clima cálido y seco con

una disminución muy marcada de las precipitaciones que se da entre los meses noviembre a mayo (Quintero & Flores, 2001).

La estación seca resulta idónea para la conservación de forrajes por medio de henificación, principalmente de pasturas con comportamiento rastrero como las distintas especies del género *Digitaria* que se encuentran en la zona. Sin embargo, por las características del lugar en cuanto a la distribución de las lluvias, es común que solamente se logren realizar dos cosechas anuales, dejando espacio a largos periodos de rebrote del cultivo. Esto resulta en una baja calidad nutricional del heno, principalmente atribuido a la edad de cosecha del forraje y el paquete tecnológico utilizado durante la elaboración (WingChing & Alvarado, 2009).

Para el pasto Suazi, aparte de su alto potencial para henificación, se ha reportado que soporta el pastoreo intensivo, sin embargo no es recomendable el pastoreo continuo ya que se puede limitar su capacidad de rebrote (Villalobos, 2020). Sin embargo, existe un vacío de información que evidencie la interacción que puede haber entre el aprovechamiento en forma de pastoreo y la cosecha mecánica sobre el rendimiento y la calidad del pasto Suazi al combinar ambos factores.

Se espera que una planificación estructurada del aprovechamiento mediante el pastoreo beneficie la cantidad total de forraje total producido por ciclo, sin limitar el rendimiento final en la producción de heno. Además, la calidad nutricional del heno puede verse mejorada, maximizando el consumo voluntario de los animales a los que se les suministre, y que por ende se aumente la ganancia diaria de peso.

Materiales y métodos

Para esta investigación se utilizaron 20 hectáreas de terreno sembrado de pasto Suazi con 3 años de haberse establecido ubicadas en la localidad de Curime en el cantón de Nicoya de la provincia de Guanacaste, Costa Rica. Específicamente en Finca Salitral a 189 msnm, cuya topografía es ondulada facilitando un adecuado drenaje, donde predominan suelos del orden Alfisol con propiedades físicas estables de buenas estructuras granulares, con una precipitación promedio anual de 2065 mm (Araya *et al*, 2010).

El estudio consistió en dos etapas experimentales vinculadas a la producción de heno en el sistema tradicional y un sistema alternativo con la inclusión del pastoreo. En la primera se evaluó el desempeño de ganado bovino en pastoreo y la respuesta en producción de heno de ambos sistemas. En la segunda etapa se evaluó el consumo voluntario de pacas de heno producidas con los dos sistemas (tradicional y con pastoreo) en ganado bovino de destete.

Etapas 1: Producción de heno en sistema tradicional y con inclusión de pastoreo

Producción de biomasa en condiciones de pastoreo y henificación:

Las 20 hectáreas de pastura se dividieron en dos terrenos de 10 ha cada uno y se evaluó el efecto del manejo del pasto Suazi bajo dos sistemas de producción de heno. Un primer sistema con el manejo tradicional donde se realizan dos cosechas: la primera en los meses entre julio-agosto (canícula) y la segunda en el mes de diciembre (inicios de la época seca). El segundo sistema incluyó el componente de pastoreo en los meses intermedios (setiembre-octubre) de las cosechas realizadas tradicionalmente en la zona. En ambos terrenos se cuantificó la producción de biomasa en fresco y la producción de heno durante la segunda cosecha de henificación del año 2021. A continuación, se explica el detalle del manejo diferenciado que se dio para ambos tratamientos evaluados.

- **Tratamiento 1. Sistema producción de heno sin pastoreo (H)**

Este tratamiento se realizó en 10 hectáreas destinadas solo a la producción de heno sin pastoreo, con un rebrote que inicio en agosto después de la cosecha de “canícula” hasta ser henificado durante el mes de diciembre de 2021. Este tratamiento se consideró el control por ser el manejo tradicional que vienen trabajando los productores de heno en la región Pacífico Norte de Costa Rica.

Se tomaron 4 submuestras por cada dos hectáreas (unidad experimental) previo al proceso de henificación para cuantificar la producción de materia fresca por hectárea. Por lo tanto, se obtuvieron un total de 20 submuestras en la totalidad de

este módulo de 10 ha destinadas a la producción de heno comercial sin que el componente de pastoreo estuviese presente.

- **Tratamiento 2. Sistema producción de heno con pastoreo (H+P)**

Este módulo de 10 ha fue dividido en 34 apartos temporales por medio de postes plásticos y cable estilo de cerca eléctrica estilo “polywire” de aproximadamente 3000 m². Se ingresaron y mantuvieron un total de 22 animales machos bovinos de razas Brahman, con una edad de 16 meses en promedio y 379 kg de peso vivo promedio. El manejo del pastoreo se realizó con 2 días de ocupación y 60 días de recuperación. Se tomaron 4 submuestras en 5 apartos para cuantificar la disponibilidad de materia fresca y seca previa al pastoreo. Además, se tomaron el mismo número de submuestras (4) en los mismos 5 apartos posterior a los 2 días de pastoreo con el fin de obtener datos del remanente y así poder calcular el porcentaje de aprovechamiento que logra el lote de animales. La evaluación en pastoreo se extendió por 68 días, tiempo que permitió que los animales pastorearan el total de las 10 ha divididas en apartos temporales. Los animales del grupo en pastoreo fueron suplementados con 2,5 kg de alimento balanceado por día (Cuadro 5)

Cuadro 5. Composición nutricional del alimento balanceado utilizado durante el periodo de pastoreo.

Análisis Garantizado	
Humedad (Máx.)	13,00%
Proteína Cruda (Mín.)	12,00%
Grasa (Mín.)	6,00%
Fibra Cruda (Máx.)	15,00%
Energía Digestible (Kcal/kg)	3200,00
Calcio (Máx.)	1,50%
Calcio (Mín.)	0,55%
Fosforo (Mín.)	0,35%
Sal (Máx.)	1,10%

Para este sistema de producción de heno con pastoreo, se obtuvieron un total de 20 submuestras de producción de biomasa pre y 20 post pastoreo. Con dicha

información se estimó la biomasa pre y post pastoreo (kg MF ha^{-1} y kg MS ha^{-1}), oferta de forraje diaria ($\text{kg MF animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ y $\text{kg MS animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y aprovechamiento ($\text{kg MS consumidos ha}^{-1}$ y $\text{kg MS consumidos animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$).

Análisis bromatológico:

Posterior a la henificación de las áreas experimentales se tomaron 2 muestras aleatorias de pacas de heno, una muestra por cada tratamiento con el fin de conocer el contenido nutricional. Esto se realizó bajo análisis de química húmeda considerando las variables materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas siguiendo las metodologías oficiales de AOAC (2002). Además, se determinaron los componentes de la pared celular que incluyeron el contenido de fibra detergente neutra (α FDN) fibra detergente ácida (FDA), lignina detergente ácida (LDA), digestibilidad *in-vitro* de la materia seca (DIVMS) y digestibilidad *in-vitro* de la FDN (DIVFDN) siguiendo los métodos de referencia de Van Soest *et al.* (1991).

Etapa 2: Consumo voluntario de heno producido en sistema tradicional y con inclusión de pastoreo

Para conocer el consumo voluntario de los 2 tipos de heno producidos se establecieron 2 grupos de 5 animales. Los animales evaluados fueron terneras cebú de razas Brahman y Nelore, con una edad de 7 meses en promedio y con un peso vivo promedio de 198 kg (animales de destete), los cuales se mantuvieron en grupos separados en un sistema estabulado completo donde se les ofreció la siguiente ración diaria:

Grupo 1 (G1). Heno a libre consumo con 60 días de descanso post pastoreo + 2 kg de alimento balanceado para desarrollo de terneras (Cuadro 6).

Cuadro 6. Composición nutricional del alimento balanceado utilizado durante el periodo de confinamiento.

Análisis Garantizado	
Humedad (Máx.)	13,00%
Proteína Cruda (Mín.)	14,00%
Grasa (Mín.)	3,00%
Fibra Cruda (Máx.)	10,00%
Energía Digestible (Kcal/kg)	3000,00
Calcio (Máx.)	1,50%
Calcio (Mín.)	0,55%
Fosforo (Mín.)	0,35%
Sal (Máx.)	1,10%

Grupo 2 (G2). Heno a libre consumo con 120 días de rebrote + 2 kg de alimento balanceado para desarrollo de terneras.

En ambos grupos el heno se ofreció *ad libitum* en “mayas” diseñadas para libre consumo y cuyo ofrecimiento fue pesado. De igual forma, el remanente fue pesado el siguiente día con el fin de cuantificar consumo. Mientras tanto el alimento balanceado fue ofrecido 2 veces por día (mañana y tarde) a razón de 1 kg por turno de alimentación.

Los animales permanecieron en este régimen de alimentación por 1 mes, durante el cual fueron tomados los datos de consumo de heno, además del peso de los animales al inicio y al final de la prueba. Ambos grupos de animales recibieron 15 días de acostumbramiento al sistema estabulado y a la dieta previo al inicio de la evaluación. Los resultados de consumo de heno por parte de los animales se cuantificaron como porcentaje del peso vivo

Análisis estadístico:

Para analizar el efecto del pastoreo sobre la productividad de biomasa se realizó un análisis estadístico descriptivo de la aceptación del forraje y se aplicó una comparación descriptiva de las medias para determinar el efecto en el crecimiento del forraje sin pastoreo y con pastoreo. Se tomaron un total de 5 muestras

compuestas correspondientes al número de réplicas de cada tratamiento (con y sin pastoreo). La información de biomasa pre y post pastoreo se analizó por medio de estadística descriptiva a través de promedios de las variables de biomasa (kg materia fresca y seca por ha), oferta de forraje (kg de materia seca por animal por día) y aprovechamiento (kg de materia seca consumidos por ha y por animal).

Para la prueba de consumo voluntario de 2 tipos de heno (sin pastoreo y con pastoreo) también se le realizó un análisis descriptivo de la aceptación del forraje y se aplicó una comparación descriptiva en las medias para el consumo voluntario y las ganancias de peso que se logren en base a los 2 tipos de heno de Suazi.

Resultados

Producción de biomasa:

Tratamiento 1. Sistema producción de heno sin pastoreo (H)

La producción de biomasa fresca estimada a partir de las 20 submuestras tomadas en las 10 hectáreas de terreno destinadas a henificación en el sistema convencional fue de 22,60 t ha⁻¹ después de 120 días de recuperación. A dichas muestras se les analizó el porcentaje de materia seca, teniéndose como resultado promedio un valor de 25,65%. Al extrapolar la producción de MF a producción de MS se obtuvo una producción de 5,80 t ha⁻¹ para la corta de diciembre del año 2021.

La productividad de este tratamiento se estimó en 322 pacas ha⁻¹ tomando en cuenta que el peso promedio de la paca de heno es de 20 kg con un contenido de materia seca de un 90%. Al cosechar la totalidad de las 10 hectáreas para la elaboración del heno comercial se obtuvo un rendimiento promedio por hectárea de 358 pacas de heno de pasto Suazi de primera calidad, equivalente a 6,41 t MS ha⁻¹.

Tratamiento 2. Sistema producción de heno con pastoreo (H+P)

Como primer resultado de este tratamiento se obtuvieron datos de disponibilidad de forraje fresco pre y post pastoreo en 10 hectáreas con 34 apartos, los cuales contaban con un periodo de recuperación de 60 días. De esta manera se cuantificó

el aprovechamiento de los 22 animales que ocuparon durante 2 días cada apto de 3000 m², tanto en términos de materia fresca como materia seca.

El valor de disponibilidad promedio de MF encontrado fue de 15,18 t ha⁻¹ lo cual equivale a 3,95 MS t ha⁻¹ debido al contenido de MS en las muestras tomadas (%MS). Tomando en cuenta que cada apto tenía un área promedio de 3000 m² y 2 días de ocupación, la oferta diaria fue de 2,28 t MF y de 0,592 t MS para un total de 22 animales de 353 kg promedio de peso vivo. Al expresar oferta forrajera por animal/día, a cada animal se le ofertó un promedio de 103,18 kg MF día⁻¹ y 26,93 kg MS día⁻¹.

En base a los datos obtenidos de los muestreos post pastoreo, el remanente fue de 11,71 t MF ha⁻¹ equivalente a 3,05 t MS ha⁻¹. Al contrastar estos datos con la disponibilidad se obtuvo un aprovechamiento promedio de 22,86%, correspondiente a consumos de 23,66 kg de MF animal⁻¹ día⁻¹ y 6,16 kg de MS animal⁻¹ día⁻¹.

Los animales ingresaron al sistema durante 60 días con un peso inicial de 353 kg y salieron de 406 kg en promedio, esto significó una ganancia diaria promedio de 883 g bajo el esquema de pastoreo rotacional con 2,5 kg de suplemento por día.

Después del proceso de aprovechamiento del forraje bajo la modalidad de pastoreo, se dieron 60 días recuperación a las 10 hectáreas de este tratamiento para el aprovechamiento en forma de henificación. El muestreo previo a la cosecha dio un resultado estimado de 19,30 t MF ha⁻¹ equivalente a 4,95 t MS ha⁻¹. En base a esta estimación se proyectó un rendimiento aproximado de 306 pacas de heno ha⁻¹ con peso promedio de 20 kg y 90% de MS, sin embargo, el rendimiento real fue de 331 pacas ha⁻¹, equivalentes a 5,92 t ha⁻¹.

La calidad del heno producido de manera convencional tuvo valores promedio de 90,10% de materia seca, la proteína cruda fue de 4,05%, el contenido fibroso se distribuyó en un 63,40% de fibra detergente neutra, 30,20% de fibra detergente ácida y un 2,90% de lignina; la digestibilidad *in vitro* tuvo un 60,40% para la materia seca y 38,00% para la fibra detergente neutra (Cuadro 7).

Por otra parte, el heno de pastoreo presentó un porcentaje levemente menor de materia seca con un 89,50%, la proteína cruda fue sustancialmente mayor con un 104,2%, el componente fibroso expresado en FDN, FDA y LDA fue de 66,00%, 32,20% y 3,10% respectivamente, mientras que la DIVMS fue de 60,90% y la DIVFDN de 40,70%

Cuadro 7. Contenido Nutricional de los 2 tipos de heno de pasto Suazi producido en diciembre de 2021 en áreas sometidas a pastoreo y bajo manejo convencional.

Variable de Interés	Pastoreo	Convencional
	%	
MS	89,50	90,10
PC	10,42	4,05
FDN	66,00	63,40
FDA	32,20	30,20
LDA	3,10	2,90
DIVMS	60,90	60,40
DIVFDN	40,70	38,00

Consumo Voluntario:

Para conocer el comportamiento animal respecto al consumo voluntario de los dos tipos de heno cosechado se evaluaron 10 animales durante la etapa pos destete. El tratamiento 1 consistió en 5 terneras alimentadas con heno convencional de 120 días de recuperación sin haberse sometido a pastoreo, más 2 kg de alimento balanceado para etapa de desarrollo. Por otra parte, para el tratamiento 2 se evaluaron igualmente 5 terneras alimentadas con heno de las pasturas sometidas a pastoreo con un periodo de recuperación de 60 días y de igual manera se les suministraron 2 kg de alimento balanceado por animal por día.

En ambos tratamientos se ofreció una paca diaria de un peso promedio de 20 kg, el siguiente día se pesó el remanente para obtener el dato de consumo de forraje henificado por día, esto durante un periodo de 30 días. El consumo de forraje en

promedio para el tratamiento 1 fue de 3,17 kg animal⁻¹ día⁻¹, mientras que para el tratamiento 2 el consumo de heno fue de 3,47 kg animal⁻¹ día⁻¹, lo cual representó un consumo de materia seca en base al peso vivo de 1,59% y 1,74%, respectivamente. Al sumar los 2 kg de alimento consumido con un 89% de MS se tiene como resultado un consumo total de MS por animal respecto al peso vivo de 2,59% para el tratamiento 1 y de 2,74% para el tratamiento 2.

Los 5 animales de cada tratamiento fueron pesados al inicio de la prueba y 30 días después cuando terminó la evaluación. Los animales del tratamiento 1 iniciaron con 201 kg y terminaron con 212 kg de PV, significando una ganancia de peso de 365 g día⁻¹ para los animales que consumieron heno convencional de 120 días de rebrote. Por otro lado, los animales sometidos al tratamiento 2 tuvieron un peso inicial de 195 kg y finalizaron la prueba con 208 kg en promedio de PV, esto significó una ganancia de peso diaria de 420 g para los animales que consumieron heno sometido a pastoreo y con 60 días de recuperación.

Discusión

El aprovechamiento del pasto por medio de cosecha mecánica o por medio de pastoreo estimula el rebrote y la recuperación del forraje (Tallowin & Jefferson, 1999). La oportunidad que se presenta de un aprovechamiento extra en las pasturas destinadas a henificación está presente según los resultados de este estudio. Sin embargo, por factores climáticos no se logra realizar la misma en forma mecanizada, es ahí donde el componente de pastoreo juega un papel importante en la maximización del uso del recurso forrajero (Feyissa *et al*, 2014).

Basados en los resultados de este estudio, hubo una merma en producción de pacas de 27 unidades en el sistema de pastura para henificación con la inclusión de pastoreo en comparación de un sistema convencional de solamente henificación. Esto significa una reducción en rendimiento final de heno de 490 kg de MS ha⁻¹, sin embargo, se logró mantener 22 animales durante un periodo de 60 días, lo cual se considera un incremento en el aprovechamiento en el uso del terreno.

Dichos animales lograron aprovechar un 22,86% de la pastura equivalente a una producción extra de 813 kg de MS ha⁻¹ durante el ciclo de pastoreo, lo cual lograron convertir en 1,16 t de carne en pie, es decir 116,55 kg de carne en pie ha⁻¹ brindando una suplementación estratégica de 2,25 kg MS animal⁻¹ día⁻¹.

Tomando en cuenta que los costos de alimentación para este ciclo de pastoreo fueron de 629,640 colones netos y que el ingreso percibido por la ganancia de peso de los animales fue de 1,747,500 colones netos. Se evidencia que el tratamiento al cual se le implementó un plan de pastoreo previo a la henificación produjo 111 786 colones ha⁻¹ en carne en pie y se dejó de percibir el equivalente a 67,500 colones ha⁻¹ por venta de pacas, siendo esto un diferencial positivo de 44,286 colones ha⁻¹.

A dicho aporte económico se debe agregar el aporte de nutrientes que llega al suelo vía excretas de los animales y como este puede influir en la calidad del heno que se pueda cosechar (Cunfer, 2004). Esto no solo por los elementos que pueda aportar a la dinámica y fertilidad del suelo, sino también por permitir cosechar un heno con una edad de rebrote menor y por ende un forraje con mayor contenido nutricional (Adesogan *et al*, 2002).

El heno de pasto Suazi proveniente de áreas pastoreadas con 60 días de recuperación tuvo un contenido de proteína cruda numéricamente mayor al del sistema de heno convencional con 120 días de rebrote sin pastoreo (10,42% vs. 4,05% de PC). Siendo esta la principal diferencia en términos nutricionales dado que los componentes fibrosos y la digestibilidad de la MS del material no presentaron diferencias notables. Sin embargo, la DIVFDN si fue 2,70% mayor en el heno de pastoreo con un valor de 40,70% y bajando hasta 38,00% para el caso del heno convencional.

Esto se vio reflejado en la etapa de evaluación del consumo voluntario de los 2 tipos de heno, donde se logró un mayor consumo con relación al peso vivo de los animales que se les suministró heno de pastoreo. Dicho consumo fue de 1,72% del PV, 0,14% mayor a los animales que consumieron el heno convencional. Al final de la evaluación este aumento en el consumo se relaciona con la mayor DIVFND del

material de pastoreo, lo cual junto con el mayor contenido proteico se vieron reflejados en una ganancia de peso diaria de 55 gramos más respecto al testigo.

Conclusión

El modelo tradicional de henificación utilizado en el Pacífico Norte de Costa Rica puede ser diversificado mediante la incorporación del pastoreo racional. Esta práctica, si se planifica adecuadamente, puede maximizar la productividad de forraje por hectárea, aumentar los ingresos por medio de la producción de carne y por ende transformarse en un sistema de producción más rentable.

Se obtienen además beneficios indirectos del pastoreo en áreas de henificación por medio del aporte de nutrientes al suelo y la posibilidad de cosechar un forraje con menos días de reposo, lo cual se traduce en un mejor contenido nutricional del heno. Estas variables contribuyen a un aumento en el consumo voluntario, al mismo tiempo que se logran mejores ganancias de peso, haciendo la conservación de forraje más eficiente y logrando una ganadería más rentable.

Bibliografía

Adesogan, A. T., Sollenberger, L. E., Newman, Y. C., & Vendramini, J. M. B. (2002). Factors affecting forage quality. *Florida Forage Handbook, Department of Agronomy, University of Florida, Gainesville, FL, 32611.*

AOAC (Association of Official Analysis Chemistry). (2002). Animal feeds, Chapter 4. 17 ed. Washington, D.C. USA. p. 1-6.

Ayala, M., Carrillo, L., & Alcon, E. (2000). Determinación del valor nutritivo de pasto Swazi (*Digitaria swazilandensis Stent*) bajo fertilización orgánica y química con dos edades de corte. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agronomicas. Universidad de El Salvador.

Cunfer, G. (2004). Manure matters on the Great Plains frontier. *Journal of Interdisciplinary History, 34(4), 539-567.*

Feyissa, F., Prasad, S., Assefa, G., Bediye, S., Kitaw, G., Kehaliew, A., & Kebede, G. (2014). Dynamics in nutritional characteristics of natural pasture hay as affected

by harvesting stage, storage method and storage duration in the cooler tropical highlands. *African Journal of Agricultural Research*, 9(43), 3233-3244.

Quintero, J. S., & Flores, R. V. (2001). Aspectos fisiográficos aplicados a un bosquejo de regionalización geográfico climático de Costa Rica. *Rev. Tóp. Meteorol. Ocean*, 8, 26-32.

Morales, J., Acuña, V. y Cruz, A. (2003). Industrialización del heno de calidad en sistemas bajo riego en Costa Rica. INTA. P 79.99

Morales, J., Acuña, V. y Cruz, A. (2006). Efecto del estado de madurez y la fertilización nitrogenada sobre la producción y valor nutritivo del pasto transvala (*Digitaria decumbens* cv. Transvala) para henificación bajo condiciones de secano. Alcances Tecnológicos. P 37-44

Tallowin, & Jefferson. (1999). Hay production from lowland semi-natural grasslands: a review of implications for ruminant livestock systems. *Grass and forage science*, 54(2), 99-115.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.

Villalobos, L. (2020). Fichas de Forrajes (Piso, Corte, Arbustivas). Proyecto: Validación y transferencia de casos de éxito, técnicas y variedades forrajeras adaptadas al cambio climático, para su uso en ganado bovino de Costa Rica. Red Nacional de Pastos y Forrajes. Costa Rica.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo de Finca Varillal.

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS													
Solución Extractora:		pH	cmol(+)/L					%	mg/L				
KCI-Olsen Modificado		H ₂ O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn
ID USUARIO	ID LAB	5.5	0.5	4	1	0,2	5		10	3	1	10	5
VARILLAL - JJC	S-19-02914	5.3	0.23	21.62	7.68	0.27	29.80	0.8	ND	6.3	11	136	38

-----ÚLTIMA LÍNEA-----

Anexo 2. Distribución anual de las lluvias en mm para la península de Nicoya.



IMN, 2011.