

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA

PRODUCCIÓN DE CARNE CON NOVILLAS EN PRADERAS DE
Brachiaria brizantha, *B. decumbens* Y *B. dictyoneura*, AL FINAL DE LA
ÉPOCA DE LLUVIAS E INICIO DE LA SEQUÍA

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

JOSÉ ARTURO MUCIO ÁLVAREZ

Asesor:

MVZ MPA Lucas G. Melgarejo Velázquez

México, D.F.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mis padres: Arturo y Carmen, quienes me apoyaron incondicionalmente en cada etapa de mi vida. Ustedes me enseñaron a vivir, a tener mi propio criterio y a formar mi ideología con todas sus enseñanzas, gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas

A mis hermanas: Vero, Marisol y Tania, cada una de ustedes me ayudo de diferente forma y en cada momento o circunstancia, se que siempre estaremos juntos a pesar de todo lo que pueda suceder en cada uno de nuestros caminos, de verdad gracias.

A mis sobrinas: Lua, Kira y Sofi, ustedes han sido mi nueva luz, mi alegría, las quiero mucho niñas.

A mis amigos de carrera y de vida: Martha, Sandra, Miguel, Tania, Adriana, Sam, y muchos más que convivieron conmigo a lo largo de la universidad.

A mis hermanos de lucha: Nalleli, Lupe, Omar, Caro, Pati, Julian, Ernesto, Yola, Tania, Jeanette, Ana, nunca olvidare los momentos que hemos pasado juntos.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor: Lucas Melgarejo, quien a empujones me ayudo a terminar este trabajo, gracias Lucas.

A todos mis sinodales, pero en especial a la Dra. Silvia Buntinx y a la Dra. Yolanda Castañeda.

A toda la comunidad de la finca San Jerónimo, que con calidez me recibieron y me apoyaron siempre, en especial gracias a la Familia Pérez Aguilar: Don Chico, Doña Emilia, Laura, Erika, Adriana y Emilio.

A los Ing. Agrónomos Álvaro Bernal y Gerardo Salazar, gracias por apoyarme a lo largo de todo este trabajo.

A mi máxima casa de estudios y por supuesto a la FMVZ, es un privilegio ser parte de esta Universidad gracias por dejarme ser parte de ella.

CONTENIDO

	Página
Indice de Cuadros.....	VII
Indice de Figuras.....	X
Resumen.....	1
Introducción.....	3
Justificación.....	8
Hipótesis.....	8
Objetivos.....	9
Material y Métodos.....	10
I. Localización.....	10
II. Delimitación y asignación de potreros.....	14

III. Determinación de la producción de materia seca de cada potrero y del consumo de materia seca de los animales.....	16
IV. Determinación del valor nutricional.....	17
V. Determinación de la ganancia diaria de peso.....	17
VI. Composición botánica.....	18
VII. Análisis estadístico de la información.....	18
Resultados y discusión.....	19
I. Producción promedio de materia seca.....	19
II. Valor nutricional.....	20
a) Energía metabolizable promedio.....	20
b) Proteína cruda promedio.....	21
c) Digestibilidad <i>in vitro</i> de la Materia seca en promedio.....	23
d) Fibra detergente neutro y Fibra detergente ácido promedio.....	24
III. Ganancia diaria de peso.....	24
Resultados por periodo de las tres especies de <i>brachiarias</i>	26
I. Producción de materia seca.....	26
II. Valor nutricional	
a) Energía metabolizable.....	28
b) Proteína cruda.....	30
c) Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca.....	32
d) Fibra detergente neutro y Fibra detergente ácido.....	33

III. Ganancia diaria de peso.....	35
IV. Consumo de materia seca.....	36
V. Composición botánica.....	40
VI. Coeficiente de correlación entre las variables del estudio.....	45
Conclusiones.....	48
Literatura citada.....	50
Anexo 1.....	54
Anexo 2.....	56
Anexo 3.....	59
Anexo 4.....	69

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Valores promedio de la producción de materia seca (MS), energía metabolizable (EM), proteína cruda (PC), digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y ganancia diaria de peso (GDP) de tres especies de <i>Brachiaria</i> durante el experimento.....	22
Cuadro 2. Valores promedio por periodos de la producción de materia seca (MS), energía metabolizable (EM), proteína cruda (PC), digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y ganancia diaria de peso (GDP) de tres especies de <i>Brachiaria</i> durante el experimento	27
Cuadro 3. Promedios por periodos de la producción de MS de las tres especies de <i>Brachiaria</i>	28

Cuadro 4.	Promedios por periodos de EM de las tres especies de <i>Brachiaria</i>	29
Cuadro 5.	Promedios por periodos de PC de las tres especies de <i>Brachiaria</i>	31
Cuadro 6.	Promedios por periodos de DIVMS de las tres especies de <i>Brachiaria</i>	33
Cuadro 7.	Promedios por periodos de FDN y FDA de las tres especies de <i>Brachiaria</i>	34
Cuadro 8.	Promedios por periodos de la GDP de las tres especies de <i>Brachiaria</i>	36
Cuadro 9.	Promedio del forraje consumido por novilla en un periodo de 21 días en praderas de tres especies de <i>Brachiaria</i>	37
Cuadro 10.	Promedio del forraje ofrecido, rechazado y consumido en un periodo de 21 días de 3 especies de <i>Brachiaris</i> , pastoreadas por un grupo de 8 novillas.	39

Cuadro 11. Composición botánica de las praderas de <i>B. dictyoneura</i> , <i>B.</i> <i>brizantha</i> y <i>B. decumbens</i> , durante el periodo experimental.....	42
Cuadro 12. Coeficientes de correlación entre las diferentes variables del estudio	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Pastoreo rotativo diario con 21 días de descanso de la pradera.....	13
Figura 2. Asignación diaria de la franja de pastoreo para un grupo de 8 novillas.....	15

RESUMEN

MUCIO ÁLVAREZ, JOSÉ ARTURO. Producción de carne con novillas en praderas de *Brachiaria brizantha*, *B. decumbens* y *B. dictyoneura*, al final de la época de lluvias e inicio de la sequía (bajo la dirección del MVZ MPA Lucas G. Melgarejo Velázquez)

El trabajo se realizó en la finca San Jerónimo, en Liberia, Provincia de Guanacaste, Costa Rica. Se estudió la producción de materia seca (MS), valor nutricional de tres especies de *Brachiaria* (*brizantha*, *decumbens* y *dictyoneura*), la ganancia de peso de 24 novillas F1 de las razas Simmental y Brahman y el consumo promedio de MS en la época final de lluvias e inicio de la sequía de los meses de octubre de 2004 a enero de 2005, durante cuatro períodos de pastoreo de 21 días cada uno. Las novillas fueron divididas aleatoriamente en tres lotes de 8 animales y éstos se asignaron al azar a un potrero con una de las especies de *Brachiaria*, donde se mantuvieron en un sistema de pastoreo rotativo diario en franja. Diariamente se tomaron muestras de forraje antes y después del pastoreo; se estimó la producción de MS de cada potrero, determinándose su contenido de proteína cruda (PC), energía metabolizable (EM), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). Los animales fueron pesados antes de iniciar el experimento, después cada 21 días y al final del mismo. Con un modelo lineal de mediciones repetidas en el tiempo y correlación, se encontró que la producción de MS no varió entre las especies de *Brachiaria*; sin embargo, hubo diferencias ($P < 0.05$) en su valor nutritivo,

presentándose 4.73% de PC en base seca en la *Brachiaria dictyoneura*, siendo éste el porcentaje más alto. La EM presentó el valor más alto en la especie *brizantha* (1.59 Mcal/kg de MS), la FDN y la FDA obtuvieron valores promedio de 78.52% y 46.87%, respectivamente, y finalmente en la DIVMS (46.36%, en promedio) no se observaron diferencias ($P>0.05$) entre las tres especies. La relación entre la especie de *Brachiaria* y la ganancia de peso presentó diferencias significativas ($P<0.05$): hubo mejores ganancias con *Brachiaria dictyoneura*. Se encontró una correlación positiva ($P<0.001$) entre la DIVMS, la EM, la PC, la FDN, la FDA y la ganancia de peso en las novillas.

INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios, la ganadería ha sido una actividad predominantemente extensiva y los pastos nativos, la base de la alimentación animal. En los sistemas de alimentación de bovinos para producción de carne, el principal objetivo es aumentar la eficiencia de la conversión del alimento en carne. Una buena pradera bien administrada puede permitir al ganado vacuno aumentar de peso con muy poca mano de obra y a bajo costo ¹.

Las principales limitaciones para aumentar la productividad en el sistema extensivo son la oferta, la baja calidad del alimento, el escaso potencial de producción de los animales y los sistemas de manejo. En las investigaciones se han identificado gramíneas y leguminosas forrajeras con capacidad para aumentar la productividad animal por unidad de área ^{2,3}.

En el trópico, los sistemas de producción de bovinos se ven afectados por la estacionalidad y el bajo nivel nutritivo de los forrajes, caracterizándose por su abundancia en la época lluviosa y escasez para la época seca ⁴. Estos factores afectan directa e indirectamente al animal, repercutiendo grandemente en la calidad y disponibilidad del recurso forrajero. El productor no puede controlar las condiciones ambientales, pero puede y debe desarrollar estrategias que le permitan el uso eficiente de sus recursos forrajeros, de tal manera que pueda aprovechar al máximo los nutrientes contenidos en el forraje ^{5,6}.

Actualmente, en México y Centroamérica el uso de pastos introducidos ha mostrado muy buenos resultados. Las gramíneas en los trópicos se

caracterizan por su alto contenido de fibra detergente neutro (FDN) y bajo contenido de proteína cruda (PC); esta última, en etapas de edad mediana a madura, fluctúa entre 7-8%, lo que produce, entre otros aspectos, una baja digestibilidad aparente de la MS (<55%) y bajos consumos voluntarios ⁶. En el trópico, la engorda de bovinos se realiza principalmente bajo pastoreo de gramas nativas, entre las que destacan los géneros *Axonopus* y *Paspalum*, de las que es conocido su bajo potencial de producción y valor nutritivo ². Por lo tanto, una de las alternativas más viables para mejorar la alimentación animal es el uso de pastos introducidos. Entre los comúnmente utilizados se encuentran los pastos del género *Brachiaria*, con características de adaptación a las condiciones tropicales y elevado rendimiento, buena calidad nutricional y buena respuesta a la fertilización y al pastoreo ⁵. Los pastos del género *Brachiaria*, en sus distintas variedades, por su amplio rango de adaptación, ofrecen alternativas de solución viables y rentables para la producción ganadera.

Otra ventaja de este género es su alta competitividad con las plantas invasivas. Son excelentes para el manejo intensivo, soportan altas cargas y rotaciones. Cuando se manejan con cerco electrificado, su eficiencia aumenta ⁷.

Aún cuando las *Brachiarias* presentan un comportamiento estacional, pueden mantener su producción debido a su capacidad para soportar la sequía y a sus elevados índices productivos ⁸.

El uso de las *Brachiarias* en la producción de carne ha mostrado rendimientos de hasta 800 kg/ha/año, con cargas animales de 2 a 4 UA por año. Por otro lado, en cuanto a sus características nutricias, diversas fuentes han indicado un contenido entre 7 y 14% de PC, alrededor de 2.11 Mcal de EM por kg y valores de Ca y P de 0.62% y 0.2%, respectivamente ^{2, 9, 10}.

Se ha venido generalizando en el trópico el uso de gramíneas del género *Brachiaria* como principal fuente de alimentación para bovinos, destacando las siguientes especies: *B. brizantha*, *B. decumbens* y *B. dictyoneura* ^{10, 11}.

Brachiaria brizantha tiene una excelente relación hoja-tallo y una buena palatabilidad y digestibilidad. Tiene alta resistencia al pisoteo, persistencia al pastoreo y buena capacidad de rebrote. Produce de 15-20 ton en materia seca (MS). Soporta una carga animal de 2 a 3 UA/ha/año ^{9, 12}.

Brachiaria decumbens es de rápido establecimiento, rápida recuperación y compite muy bien con las malezas. Resiste bien el pisoteo; soporta cargas animales de 2 a 3 UA/ha/año. Su producción es de 12-18 ton/ha/año en MS. Tiene palatabilidad y digestibilidad excelentes, siendo su nivel de PC de 9-12% ^{9, 12}.

Brachiaria dictyoneura es de buena palatabilidad y digestibilidad. Tolera muy bien el pisoteo y es poco exigente en la fertilidad del suelo. Su producción es de 15-25 ton/ha/año de MS ^{9, 12}.

Los animales que pastorean en praderas con forrajes abundantes y tiernos, que son de elevada digestibilidad, alcanzarán importantes ganancias diarias de peso. Los dos componentes de la dieta que van a intervenir más en la ganancia de peso del animal son energía y proteína ¹³. Las novillas de 250 kg de peso vivo, para producción de carne bajo pastoreo, con ganancias diarias de 800 g, tienen las siguientes necesidades: consumen aproximadamente el 3% de su PV (7.5 kg) de MS por día, 720 g de proteína (9.6%) por día, 4.84 Mcal/día de energía neta de mantenimiento y 2.57 Mcal/día de energía neta de ganancia, 28 g (0.37%) de calcio y 14 g (.18%) de fósforo ¹⁴. Los índices de ganancia de peso varían según la fuente de forraje, pero con frecuencia van de 0.5 a 1.0 kg/día ^{10, 11, 15}. En un experimento con *Brachiaria*, realizado por Velásquez ¹⁰, las ganancias de peso vivo obtenidas fueron en promedio de 150 kg/año/ha, tomando en cuenta que había dos sistemas de pastoreo y esto influyó en las ganancias.

La edad, raza y estado fisiológico y nutricional del animal influyen sobre la eficiencia de pastoreo a través de los efectos sobre la ingestión de alimentos y su utilización por el animal ¹⁶. Existe amplia información que muestra los beneficios de utilizar los cruzamientos con razas cebuinas, tanto en esquemas de cruzamiento sistemático, como con la utilización de razas sintéticas, en aspectos de crecimiento y de peso en novillos. La utilización de cruzamientos y razas sintéticas con componentes cebuinos ha sido beneficiosa desde el punto de vista productivo, considerando tanto la cría como el engorde ^{17, 18, 19}.

La productividad ganadera está relacionada directamente con el potencial genético del ganado, y además está influenciada por la alimentación, la salud y el manejo. La gran mayoría de los animales presentes en el país son producto del cruzamiento, principalmente entre razas criollas, europeas y asiáticas ^{18, 19, 20}.

Los híbridos resultantes del cruzamiento de las razas Brahman y Simmental presentan un alto rendimiento en canal, rápido crecimiento, temperamento dócil, tolerancia a las temperaturas, resistencia a parásitos y habilidad para pastar en pastos pobres ^{18, 19}. Por lo anterior, la mejor opción para producir leche y carne en el trópico son animales provenientes de la cruce de las razas europeas con asiáticas ²¹.

JUSTIFICACIÓN

El pasto del género *Brachiaria* es y ha sido utilizado en el país en numerosos ensayos experimentales y en producciones ganaderas como base de la alimentación animal. Desafortunadamente, se han hecho pocos estudios en donde se refleje la relación forraje–animal y cómo influye el consumo de esta gramínea en la ganancia de peso del animal; es importante, con objeto de tomar decisiones al seleccionar forrajes, hacer investigaciones sobre este género, comparando entre las especies la producción de materia seca, el valor nutricional y la ganancia de peso de los animales que en ellas pastorean.

HIPÓTESIS

- La producción de MS y calidad nutricional es similar para *Brachiaria brizantha*, *B. decumbens* y *B. dictyoneura*, durante el último periodo de lluvia y al inicio de la sequía.
- La ganancia de peso de novillas es similar cuando pastorean praderas de *Brachiaria brizantha*, *B. decumbens* y *B. dictyoneura*, durante el último periodo de lluvia y al inicio de la sequía.

OBJETIVOS

a) Objetivo general

Determinar la producción de materia seca y algunos valores nutricios de la *Brachiaria brizantha*, *B. decumbens* y *B. dictyoneura*, al final de la época de lluvias e inicio de la sequía, relacionándolas con las ganancias de peso de novillas pastoreando dichos forrajes.

b) Objetivos específicos

- Determinar la producción de materia seca y algunos valores nutricios de *Brachiaria brizantha*, *B. decumbens* y *B. dictyoneura*, durante el último periodo de lluvia y al inicio de la sequía.
- Comparar las ganancias de peso en novillas pastoreando dichas *Brachiarias* durante el último periodo de lluvia y al inicio de la sequía.

MATERIAL Y MÉTODOS

I. Localización

El experimento se efectuó en la finca San Jerónimo, ubicada en Liberia, provincia de Guanacaste, en la zona Pacífico Norte de la República de Costa Rica. Liberia se localiza en una zona de llanuras, a 10°33' latitud N y 85°31' longitud W, a 200 msnm; posee un clima clasificado como A(w), según Köeppen ²². Tiene una época lluviosa bien definida, desde mayo a octubre, presentando la máxima precipitación en los meses de junio, septiembre y octubre. La época seca es en los meses de diciembre a marzo; abril y noviembre son meses de transición, cuando hay lluvias, pero con menor regularidad. En general, se presenta un promedio de precipitación pluvial de 1400 mm. La temperatura promedio de Liberia es de 28°C; la máxima se presenta durante el mes de abril, siendo de 38°C, y las mínimas, se manifiestan en los meses de noviembre a marzo; debido a las masas de aire del Norte y Noreste, las temperaturas mínimas se sitúan cerca de los 20°C. La humedad relativa oscila entre 60–65% en la época seca y en la lluviosa, entre 80–85%²³.

La finca cuenta con una superficie de 6000 ha, de las cuales 2000 ha son de bosque, 700 ha de pastizales introducidos, principalmente gramíneas del género *Brachiaria*, *Panicum maximum*, *Sorghum vulgare*, y *Saccharum officinarum*, y 4000 ha de forrajes nativos, en las que dominan gramíneas del género *Paspalum* y

Axonopus y leguminosas como el *Stylosanthes sp.* La actividad principal de la finca es la producción de carne con bovinos en pastoreo.

El área de pastizales destinada a la producción de carne bovina en pastoreo cuenta con cerca de 4000 animales. El pie de cría está integrado por vacas híbridadas de las razas Hereford, Holstein, Angus, Charolais, Pardo Suizo, Brahman y Simmental, predominando las dos últimas. En el estudio se utilizaron novillas híbridadas de la raza Brahman con Simmental

El experimento se realizó durante el último periodo de lluvias y al inicio de la época de sequía, considerando un diseño de mediciones repetidas en el tiempo, con tres tratamientos (T1= *B. brizantha*, T2= *B. decumbens* y T3= *B. dictyoneura*) y 8 repeticiones, utilizando 24 novillas con un peso vivo de 250 kg y de 2 años de edad, distribuidas aleatoriamente en grupos de 8 novillas por tratamiento. El periodo experimental duró 4 meses (de octubre de 2004 a enero de 2005), y en este lapso se efectuaron 4 periodos de pastoreo de 21 días cada uno, con un sistema rotativo diario en franjas y 5 pesajes individuales de las novillas.

- Identificación.

Se realizó al momento de la selección de los animales y consistió en ubicar el tatuaje asignado por la finca. Este tatuaje incluye el número asignado y el año del nacimiento del animal. Se encuentra en la grupa del miembro posterior izquierdo.

- Desparasitación y vitaminación

Las novillas se desparasitaron al inicio del experimento, y se administró una segunda dosis a la mitad del mismo. Se desparasitó contra ectoparásitos (garrapatas y moscas)¹, céstodos (*Fasciola*)² y nemátodos (vermes pulmonares)³. Además, se les administró parenteralmente vitaminas A, D, E, K⁴.

- Pesaje

Se realizó después de que las novillas fueron seleccionadas. Cada pesaje, consistió en mantenerlas en un ayuno de 12 horas, con el fin de reducir lo más posible la variación por el contenido estomacal ²⁴, por lo que los animales fueron conducidos a un corral donde solo tenían acceso al agua. Para llevar a cabo el pesaje se utilizó una báscula digital romana.

- Período de adaptación al cerco eléctrico y a la nueva dieta

Como los animales consumían forraje distinto en cada tratamiento, se utilizó un periodo de adaptación de 21 días al cerco eléctrico y al nuevo forraje, mediante un pastoreo rotativo diario en franjas.

¹ Doramectina (dectomax) 1ml/50 kg PV vía intramuscular, pfizer

² Bayofly K 5ml/animal vía tópica, bayer

³ Bovermin 5ml/30kg vía oral,

⁴ Complemay 1ml/50 kg PV vía intramuscular, pisa agropecuaria

- Homogenización del pastizal

Aprovechando el periodo de adaptación, mediante un sistema rotativo diario, con periodos de recuperación de 21 días, se uniformizó la etapa de maduración para cada forraje experimental a modo que los animales, a lo largo del periodo experimental, consumieran forraje con un valor nutritivo similar (Figura 1).

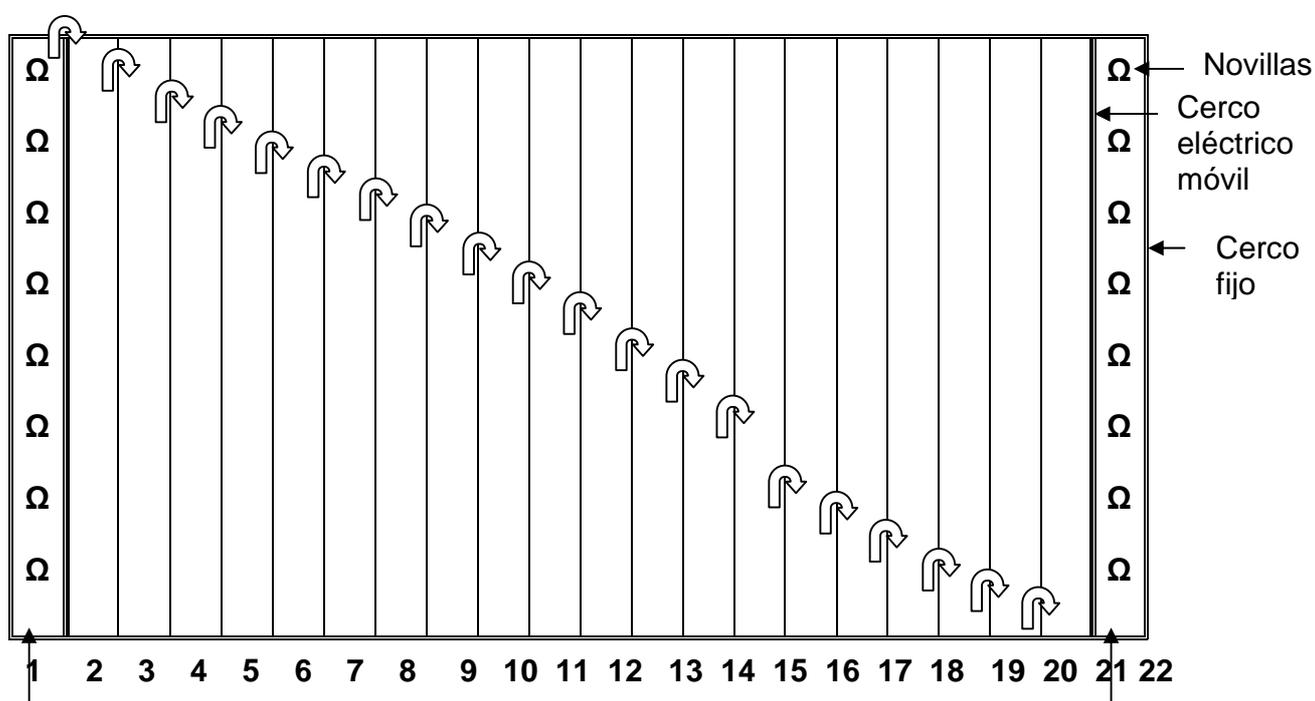


Figura 1. Pastoreo rotativo diario con 21 días de descanso del pastizal

El esquema muestra una franja asignada a un grupo de 8 animales y el recorrido diario que se va haciendo de la franja hasta el día 22, día en que se inició otra vez el pastoreo de la franja donde empezó. Para cada tratamiento se realizó el mismo procedimiento.

II. Delimitación y asignación de potreros

De un área total de 80 ha de *B. brizantha*, 60 ha de *B. decumbens* y 10 ha de *B. dictyoneura*, se designó visualmente el lugar para efectuar el trabajo experimental de cada tratamiento, procurando que las áreas escogidas tuvieran la mejor cobertura y la menor cantidad de plantas invasivas. Para el cálculo de las medidas de los potreros se tomó en cuenta:

1. Consumo de materia seca (CMS) de las novillas de acuerdo con el peso vivo (PV) promedio, bajo el supuesto de un CMS del 3% del PV más un ajuste de 25% más para lograr un consumo *ad libitum*, de acuerdo a lo requerido para la actividad del pastoreo.
2. Producción de materia seca (PMS) en la pradera; la cual se estimó a través de la técnica del marco metálico, descrita por Hodgson ²⁵, que consiste en cortar la masa de forraje contenida en un marco metálico de 0.25 m², lanzado en puntos aleatorios en la pradera. Para determinar la concentración de MS del pasto, del forraje cortado se tomó una muestra diaria de 100 g de forraje húmedo de cada tratamiento y se deshidrató con el método del horno de microondas (anexo 1) ²⁶, hasta obtener un peso constante. Con la diferencia del peso de la muestra en fresco menos el peso de la muestra deshidratada se obtuvo el porcentaje de MS.

3. Período de permanencia de 21 días, considerando para ello el CMS/día/animal y la PMS del pasto. De acuerdo con las mediciones de PMS y del cálculo del CMS del pasto, más un 25% del forraje disponible, se determinó el área de cada potrero experimental (anexo 2). Al final de cada área se dejó otra área extra para asegurar la disponibilidad de forraje, debido a las variaciones en la producción a lo largo del experimento.

En el pastoreo rotativo diario en franja, las franjas se delimitaron con cerco móvil ¹⁶ y las dimensiones se asignaron diariamente de acuerdo al CMS/día/animal y la disponibilidad de materia seca (Figura2).

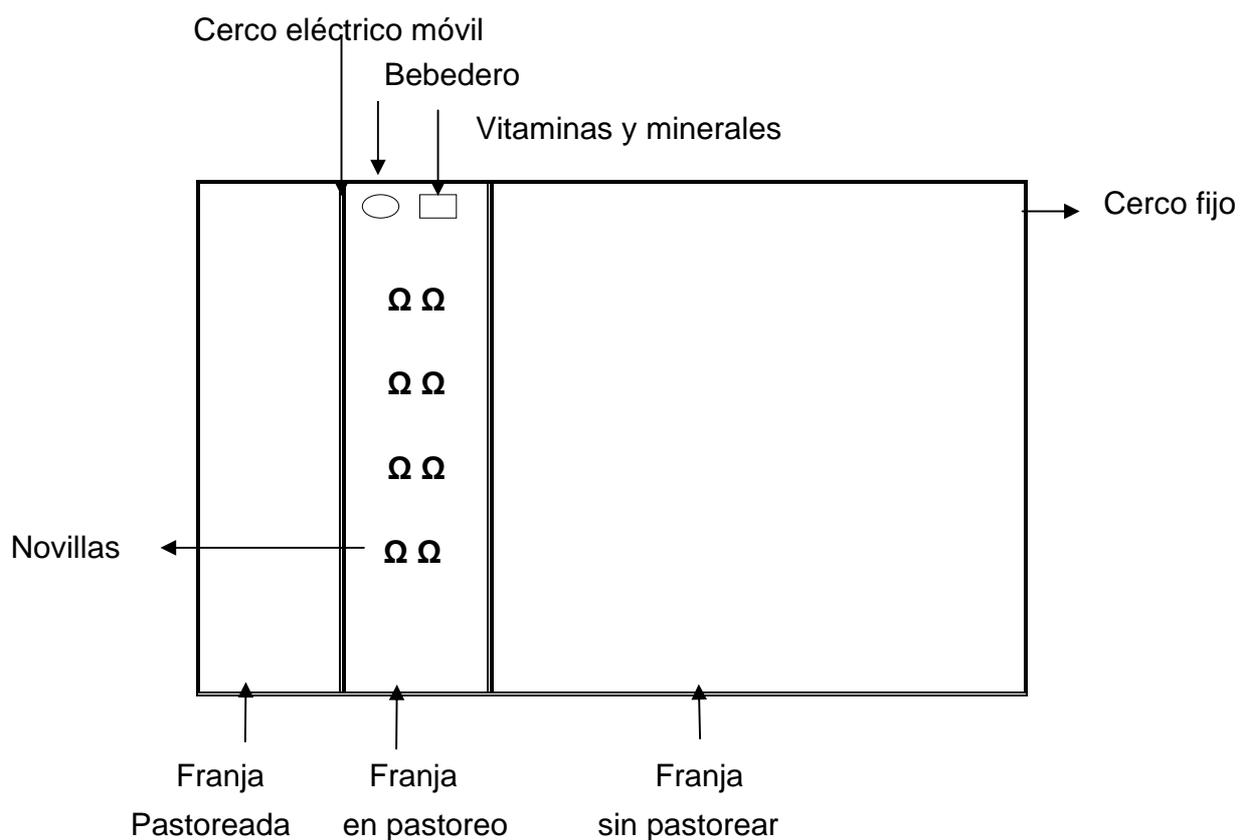


Figura 2. Asignación diaria de la franja de pastoreo para un grupo de 8 novillas

III. Determinación de la producción de MS de cada potrero y del consumo de MS de los animales

Diariamente, durante los 4 periodos de pastoreo, se realizaron 8 muestreos: 4 antes del pastoreo y 4 después del pastoreo en cada franja de cada tratamiento. Para estos muestreos, también mediante la técnica de Hodgson ²⁵, se cortó todo lo que se encontrara dentro del marco de 0.25m², pastos, leguminosas o arvenses. Las muestras obtenidas se pesaron en una báscula de campo (CAMRV) y después se ratificó el peso con una báscula digital de 5 kg. En estas muestras se estimó la producción de MS de cada potrero y el consumo promedio en MS de los animales. Para secar las muestras se utilizó la técnica del horno de microondas (anexo 1) ²⁶.

El CMS de las novillas se consigna en promedio para cada tratamiento, y se estimó por diferencia entre el peso de las muestras obtenidas antes y después del pastoreo:

CMS = kg MS del forraje antes del pastoreo – kg MS del forraje después del pastoreo

IV. Determinación del valor nutricional

De las muestras diarias tomadas antes del pastoreo se obtuvo una alícuota; se mezclaron, se obtuvieron dos muestras por cada semana de los períodos de pastoreo y por tratamiento. Estas muestras se secaron a la sombra y se almacenaron en bolsas de polietileno; se identificaron con etiquetas, que incluían nombre y fecha de muestreo, y se colocaron en un lugar seguro, fresco, bajo sombra y libre de plagas. A estas muestras se les determinó la cantidad de PC, FDA, FDN, DIVMS y EM ²⁷.

Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (anexo 3), ubicado en Turrialba, Costa Rica.

V. Determinación de la ganancia diaria de peso

Para estimar las ganancias de peso, las novillas fueron conducidas a un corral de manejo, donde empezaban el ayuno. Se pesaron individualmente en una báscula digital romana (SR 2000 TRU - TEST), registrándose el peso en una bitácora.

El orden de los pesajes fue de la siguiente manera: al inicio y término del periodo de adaptación, al inicio del periodo experimental, cada 21 días y, al concluir el periodo experimental (anexo 4).

VI. Composición botánica

De las muestras obtenidas antes y después del pastoreo se determinó la composición botánica, la cual consistió en ver qué tipo y qué cantidad de gramíneas, leguminosas y arvenses había en las praderas. Al final del día, cada muestra fue revisada; las especies de gramíneas, leguminosas y arvenses que se encontraron fueron pesadas de forma individual y de acuerdo con esto se calculó su porcentaje con respecto al total de la muestra inicial.

VII. Análisis estadístico de la información

Se usó un diseño de mediciones repetidas en el tiempo. La producción de MS, el valor nutritivo del pasto y la ganancia de peso se evaluaron mediante un análisis de varianza y pruebas de Tukey y, además, se llevaron a cabo pruebas de correlación entre las distintas variables del estudio ²⁸.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se observan los valores promedio de la producción de MS y el valor nutricional de las tres especies de *Brachiaria*, así como la ganancia diaria de peso de las novillas, a lo largo de todo el experimento.

I. Producción promedio de materia seca

La producción de materia seca no presentó diferencias significativas ($P>0.05$) entre las tres especies estudiadas (3243.63 kg/ha). Estos resultados coinciden con Cuadrado¹¹, quien comparó *B. mutica*, *B. brizantha*, *B. humidicola* y *B. decumbens*, encontrando que *B. brizantha* tuvo una mayor producción de MS (3534 kg/ha) que *B. decumbens* (3192 kg/ha). En contraste, Enríquez y Romero² señalan que en la evaluación de 14 ecotipos de *Brachiarias* que realizaron, *B. brizantha* y *B. decumbens* tuvieron una producción de MS similar (1019 kg/ha y 1011 kg/ha, respectivamente).

Respecto a *B. dictyoneura*, Vela y Flores (1996) informan una producción de MS alrededor de 1500 kg/ha/año, siendo este valor más bajo que el obtenido en el presente estudio²⁹.

La diferencia en la producción de MS señalada por otros autores con respecto al presente estudio puede deberse a diversos factores, entre los que destacan: la

época en que se realizó el experimento, la carga animal, si la evaluación fue exclusivamente con Brachiarias o en acompañamiento con otra gramínea o alguna leguminosa, el uso de fertilizantes, etc. Todas estas variables afectan directamente la producción de MS de una pradera. Por ejemplo, en los experimentos en los que se utilizan adecuadamente fertilizantes, se observa claramente que la producción de MS es mayor en un menor tiempo³⁴. En el caso de los experimentos que utilizan distinta carga animal, la producción de MS también se ve afectada ya que conforme va aumentando la carga animal en una pradera, la producción de MS disminuye y viceversa¹⁰.

II. Valor nutricional

a) Energía metabolizable promedio

En lo que respecta a EM, no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre *B. dictyoneura* y *B. brizantha* (1.56 y 1.59 Mcal/kg, respectivamente), pero sí hubo diferencias ($P < 0.05$) de ambas con *B. decumbens* (1.48 Mcal/kg) (cuadro 1). Todos estos valores son bajos, ya que otras gramíneas tropicales tienen valores más altos³⁰: 1.81 Mcal/kg de EM para *B. mutica*; 2.28 y 2.21 Mcal/kg de EM para *Paspalum dilatatum* al inicio y final del crecimiento, respectivamente; para *Pennisetum purpureum*, 2.0 Mcal/kg al final de crecimiento y 1.91 Mcal/kg al final de la floración; para *Digitaria decumbens*, 1.82 Mcal/kg de 15 – 28 días de maduración, 1.55 Mcal/kg de 29 – 42 días de maduración y 1.33 Mcal/kg con 43 –

56 días de maduración. Como se observa, a excepción de los dos últimos valores, las otras gramíneas tienen un mayor nivel de energía en comparación con lo que se ha encontrado en este trabajo. La energía metabolizable capaz de brindar un forraje estará dada en función de su calidad, en especial de la concentración de fibra. En este estudio se obtuvo un valor promedio de 78.5% de FDN y 46.87% de FDA. Estos valores indican que la EM está altamente relacionada con la concentración de FDN y FDA, ya que conforme va aumentando su concentración la EM va disminuyendo.

b) Proteína cruda promedio

No hubo diferencias en la concentración de PC para *B. brizantha* y *B. decumbens* (4.16% y 3.88%, respectivamente) (cuadro 1), pero sí con *B. dictyoneura* (4.73%). Sin embargo, estudios anteriores indican que el valor de PC en el presente estudio fue bajo. León y Carola ³¹ señalan que *B. brizantha* tuvo 8% de PC, siendo la mejor de las especies; por otro lado, Velásquez ¹⁰ informa valores de 5.7% de PC en *B. decumbens* y Alfonso ³², en el mismo año, indica 7% de PC para la misma especie.

Los bajos valores de PC pueden deberse a diversos factores, algunos de ellos son: suelos con bajo contenido de nitrógeno y otros minerales, lo cual se refleja en los nutrientes de las plantas; la época del año, ya que durante la sequía el valor nutritivo de las plantas disminuye; manejo inadecuado del pastizal, pues si no se

Cuadro 1

Valores promedio en base seca de la producción de materia seca (MS), energía metabolizable (EM), proteína cruda (PC), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y ganancia diaria de peso (GDP) de tres especies de *Brachiaria* durante el experimento

<i>Brachiaria</i>	MS, kg/ha	EM, Mcal/kg	PC, %	DIVMS, %	FDN, %	FDA, %	GDP kg
<i>dictyoneura</i>	3308.8 ^a ±1143.61	1.56 ^a ±0.14	4.73 ^a ±0.62	46.81 ^a ±3.96	78.83 ^a ±2.13	46.99 ^a ±1.48	0.539 ^a ±0.17
<i>brizantha</i>	3390.6 ^a ±760.33	1.59 ^a ±0.14	4.16 ^b ±0.75	47.28 ^a ±4.04	79.05 ^a ±2.47	46.97 ^a ±2.53	0.296 ^b ±0.17
<i>decumbens</i>	3022.5 ^a ±862.80	1.48 ^b ±0.18	3.88 ^b ±1.24	44.98 ^a ±5.02	77.64 ^a ±3.49	46.66 ^a ±2.12	0.201 ^b ±0.25

^{a b} Promedios con letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas (P≤0.05).

± Desviación estándar

deja un periodo de descanso la planta no se recupera por completo y al momento del corte o del pastoreo su contenido nutricional es pobre.

A pesar de los valores hallados, los animales obtuvieron ganancias de peso aceptables, lo que permite suponer que posiblemente seleccionaron una dieta más rica en proteína y con mayor digestibilidad, basado en los resultados de la composición botánica realizada (ver adelante, cuadro 11).

c) Digestibilidad *in vitro* de la materia seca promedio

La DIVMS (cuadro 1) no mostró diferencias entre ninguna de las especies estudiadas, por lo que en promedio fue de 46.36%. Cuadrado ¹¹ encontró valores más altos en su investigación, pues *B. brizantha*, que tuvo el mejor comportamiento, registró una digestibilidad de 63.05%, mientras que *B. decumbens* presentó una DIVMS de 62.5%. Otras fuentes ⁹ consignan digestibilidades de 54, 57.25 y 56.5% para *B. decumbens*, *dictyoneura* y *brizantha*, respectivamente. Los valores relativamente bajos obtenidos a lo largo del experimento pueden deberse a que la digestibilidad del forraje está dada en función de la cantidad y calidad de la fibra que posea; por lo general, cuanto mayor sea el contenido de FDN de un forraje, menor será su digestibilidad. Por ejemplo, en el estudio de Velásquez ¹⁰ se obtuvo una DIVMS de 64.2% con una FDN de 38.2%, en promedio; en este estudio el valor de FDN fue muy alto y, en consecuencia, la DIVMS se vio afectada.

d) Fibra detergente neutro y fibra detergente ácido promedio

No se observó diferencia estadística ($P > 0.05$) (cuadro 1) entre las especies de *Brachiaria* en lo que se refiere a FDA y FDN. En promedio, las tres especies tuvieron un valor de FDN de 78.5 % y de FDA, de 46.87 %. Aunque no hubo diferencias significativas, estos valores afectaron de manera considerable los resultados, ya que a mayor contenido de fibra y a menor calidad de la misma, menor fue la digestibilidad del forraje. Por lo general, cuanto mayor sea el contenido de FDN (pared celular) de un forraje menor será su digestibilidad ³⁶. Pero esto no siempre es así, ya que la digestibilidad de la pared celular dependerá del grado de lignificación de la misma. Así, la digestibilidad de un forraje estará determinada por la cantidad de FDA y de Lignina Detergente Acido (LDA) que posea. A mayor fibra en detergente ácido y a mayor lignina, menor será la digestibilidad del material. De esta manera se puede explicar la correlación estadística existente entre el contenido de FDA y la digestibilidad. Sin embargo, si la fibra tiene una baja concentración de FDA y LDA, será más aprovechable por el animal y la producción será mejor ³⁶.

III. Ganancia diaria de peso

Las novillas obtuvieron mejores GDP con *B. dictyoneura* ($P < 0.05$) que con las otras dos especies del estudio (cuadro 1). Las GDP con las *B. dictyoneura*, *B. brizantha* y *B. decumbens* fueron de 539 g, 296 g y 210 g, respectivamente, que

se obtuvieron con niveles de EM de 1.56, 1.59 y 1.48 Mcal/kg y con 4.7%, 4.2% y 3.9% de PC, respectivamente. Estos niveles de PC están ligeramente por debajo de los requerimientos de las novillas en pastoreo, ya que para tener una ganancia diaria de 200 g, 300 g y 500 g se necesitan 4.49%, 4.95% y 5.85% de PC, respectivamente ¹⁴. Bajo las mismas condiciones de pastoreo, Velásquez ¹⁰, en un estudio de 3 años realizado en Colombia, consigna que en el primer año obtuvo una ganancia diaria de 0.53 kg, en el segundo, 0.41 kg, y, finalmente, 0.38 kg en el último año, con 5.7% de PC, mientras que Alfonso ³² observó ganancias diarias de 0.18 kg durante el periodo seco, con 7% de PC en el pasto, lo que contrasta con los resultados del presente estudio.

En ensayos realizados con ganado de carne en pastoreo se ha observado que dependiendo de la estación del año y del tipo de forraje (gramíneas o leguminosas) que se emplee, las ganancias se incrementan o disminuyen ¹⁶, lo que coincide con el presente estudio. Los cambios estacionales se relacionan, en general, con la digestibilidad, que es mayor en primavera que en otras épocas del año. Por ejemplo, en un ensayo realizado por Corbett ³⁷ con vacas lecheras, se comprobó que el forraje producido en verano era menos consumido que el forraje de primavera.

Resultados por periodo de las tres especies de *brachiarias*

En el cuadro 2 se observan las diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en el valor nutricional del pasto y las ganancias de peso durante los 4 periodos experimentales entre las tres especies de *Brachiaria* (*dictyoneura*, *brizantha* y *decumbens*).

I. Producción de materia seca

La producción de materia seca (cuadro 3) en el primer periodo presentó el mayor rendimiento (4373.3 kg/ha), no habiendo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre ninguna de las tres especies. En el segundo periodo la producción disminuyó notablemente, siendo más evidente en la especie *dictyoneura* (2698.5 kg/ha), la cual presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) en relación con *brizantha* y *decumbens* (3420.1 y 3092 kg/ha, respectivamente).

En el tercer periodo *B. dictyoneura* tuvo una mayor producción de MS (3886 kg/ha), mientras que *brizantha* (3216.1) y *decumbens* (2756.9) tuvieron una producción parecida. Finalmente, en el cuarto periodo las tres especies tuvieron una producción de MS similar (2231 kg/ha).

La disminución de la producción de MS a lo largo de los cuatro periodos experimentales se debió a que, conforme iba transcurriendo el tiempo y la

Cuadro 2

Valores promedio por periodos de la producción de materia seca (MS), energía metabolizable (EM), proteína cruda (PC), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y ganancia diaria de peso (GDP) de tres especies de *Brachiaria* durante el experimento

Periodo	MS, kg/ha	EM, Mcal/kg	PC, %	DIVMS, %	FDN, %	FDA, %	GDP, kg
1	4373.3 ^a ±203.40	1.43 ^c ±0.17	3.99 ^b ±0.90	42.45 ^b ±4.67	80.16 ^a ±2.60	47.78 ^a ±1.90	0.35 ^{ab} ±0.23
2	3070.2 ^b ±641.00	1.55 ^b ±0.13	4.29 ^{ab} ±0.79	46.75 ^a ±3.10	78.70 ^{ab} ±2.52	46.79 ^{ab} ±1.98	0.35 ^{ab} ±0.21
3	3286.9 ^b ±800.27	1.65 ^a ±0.09	4.78 ^a ±1.08	49.31 ^a ±2.07	76.90 ^b ±2.96	45.75 ^b ±1.96	0.44 ^a ±0.23
4	2231.2 ^c ±351.87	1.54 ^b ±0.16	3.96 ^b ±0.90	46.92 ^a ±4.46	78.30 ^{ab} ±2.26	47.39 ^a ±1.98	0.25 ^b ±0.28

^{a b c} Promedios con letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas (P≤0.05).

± Desviación estándar

Cuadro 3

Promedios por periodos de la producción de MS de las tres especies de *Brachiaria*

Periodo	<i>B. dictyoneura</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. decumbens</i>
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
1	4442.7 ^a ±144.72	4462.7 ^a ±74.68	4214.5 ^a ±256.69
2	2698.5 ^b ±816.86	3420.1 ^a ±350.42	3092.0 ^a ±533.89
3	3887.6 ^a ±1139.17	3216.1 ^b ±138.77	2756.9 ^b ±219.56
4	2206.4 ^a ±403.17	2463.3 ^a ±283.54	2026.5 ^a ±231.70

^{a b} Promedios con letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$).

± Desviación estándar

época de lluvias llegaba a su fin, la cantidad de agua retenida en la tierra era menor y, por lo tanto, la producción de forraje se vio disminuida.

II. Valor nutricional

a) Energía metabolizable

En el primer periodo, *B. dictyoneura* (1.47 Mcal/kg) y *brizantha* (1.45 Mcal/kg) presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) con respecto a *B. decumbens* (1.37 Mcal/kg), que tuvo un valor ligeramente bajo de EM (cuadro 4). Durante el

Cuadro 4
**Promedios por periodos de EM de las tres especies de
*Brachiaria***

Periodo	<i>B. dictyoneura</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. decumbens</i>
	Mcal/Kg	Mcal/Kg	Mcal/Kg
	BS	BS	BS
1	1.47 ^a ±0.18	1.45 ^a ±0.14	1.37 ^b ±0.20
2	1.57 ^a ±0.15	1.55 ^a ±0.09	1.52 ^a ±0.16
3	1.60 ^b ±0.09	1.71 ^a ±0.08	1.66 ^a ±0.07
4	1.60 ^a ±0.13	1.65 ^a ±0.09	1.37 ^b ±0.10

^{a b} Promedios con letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$).

± Desviación estándar

segundo periodo no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre las 3 especies de *Brachiaria* y presentaron en promedio 1.55 Mcal/kg (cuadro 2).

En el tercer periodo, *B. brizantha* y *decumbens* obtuvieron valores más altos (1.71 y 1.66 Mcal/kg, respectivamente) en relación con *B. dictyoneura* (1.60 Mcal/kg). En el último periodo, *B. decumbens* nuevamente tuvo un valor bajo (1.37 Mcal/kg), a diferencia de *B. dictyoneura* y *brizantha*, que se mantuvieron constantes.

La FDA indica la concentración de celulosa y lignina en la planta, y es un buen parámetro para determinar la calidad de los forrajes, la misma se relacionará inversamente con la energía metabolizable que los animales podrán aprovechar del mismo.

La variación y el bajo contenido de EM en el forraje se debieron a la calidad del mismo, pues cuando el porcentaje de FDA es más bajo hay mayor aportación de EM. La FDA de estos forraje tuvo un promedio de 46.87%, por lo que la EM se vio disminuida.

b) Proteína cruda

En el cuadro 5 se muestran los resultados para PC de los 4 periodos experimentales de las tres especies de *Brachiaria*. Durante el primer periodo, *B. dictyoneura* resaltó entre las otras dos especies al obtener el valor más alto (4.94%). Sin embargo, en el segundo periodo, las tres especies tuvieron valores similares, siendo en promedio de 4.29% (cuadro 2).

En el tercer periodo *B. dictyoneura* y *brizantha* presentaron valores de 4.64% y 3.97%, respectivamente mientras que *B. decumbens* (5.74%) presenta diferencias significativas ($P < 0.05$), siendo su valor el más alto de todos los periodos. Finalmente, en el periodo 4 *B. dictyoneura* tuvo el valor más alto (4.92%) en

comparación con *B. brizantha* y *decumbens* que indican valores más bajos (3.77% y 317%, respectivamente).

Los bajos valores de PC encontrados en el presente experimento pueden deberse a la cantidad de fibra contenida en el forraje, ya que el contenido de PC es elevado cuando los forrajes son jóvenes y va disminuyendo a medida que los mismos van madurando, es decir cuando hay un exceso en el porcentaje de fibra.

Cuadro 5

Promedios por periodos de PC de las tres especies de *Brachiaria*

Periodo	<i>B. dictyoneura</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. decumbens</i>
	PC, %	PC, %	PC, %
	BS	BS	BS
1	4.94 ^a ±0.49	3.38 ^b ±0.29	3.70 ^b ±0.86
2	4.42 ^a ±0.39	4.45 ^a ±1.13	4.01 ^a ±0.70
3	4.64 ^b ±0.68	3.97 ^c ±0.53	5.74 ^a ±1.14
4	4.92 ^a ±0.80	3.77 ^b ±0.36	3.17 ^c ±0.28

^{a b} Promedios con letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$).

± Desviación estándar

c) Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

La DIVMS no mostró diferencias significativas ($P>0.05$) en los tres primeros periodos para las 3 especies de *Brachiaria*, siendo en promedio de 42.45%, 46.37% y 49.36% (cuadro 2), respectivamente para cada periodo. Sin embargo, en el último periodo *B. decumbens* tuvo una DIVMS de 42.35 %, representando un valor bajo con respecto a *B. dictyoneura* y *brizantha* (48.6 % y 49.86 %, respectivamente) (cuadro 6).

La digestibilidad del forraje está dada en función de la composición química de cada forraje, por lo que los valores reflejados en este experimento pueden ser el resultado de la cantidad y calidad de la FDN que poseen las *Brachiarias*, las cuales presentan en promedio para *B. dictyoneura*, 78.83%, para *brizantha*, 79.85% y para *decumbens* 77.64%.

El bajo porcentaje de digestibilidad de las *Brachiarias* se atribuye al alto contenido de FDN hallada en los forrajes del experimento. La FDN corresponde a la pared celular del forraje (celulosa, hemicelulosa y lignina), por lo que el aumento en la concentración de la misma puede ser causada por el estado de madurez de la planta. La FDN es parcialmente digestible, dependiendo del tipo de forraje y del grado de madurez. La alta concentración de FDN limita el consumo y la producción de carne de los animales. Pero esto no siempre es así, ya que la

digestibilidad de la pared celular dependerá del grado de lignificación de la misma

36

Cuadro 6

Promedios por periodos de la DIVMS de las tres especies de *Brachiaria*

Periodo	<i>B. dictyoneura</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. decumbens</i>
	DIVMS, % BS	DIVMS, % BS	DIVMS, % BS
1	43.47 ^a ±4.70	42.79 ^a ±3.54	41.10 ^a ±5.81
2	47.10 ^a ±3.79	45.96 ^a ±2.23	47.20 ^a ±3.32
3	48.11 ^a ±2.14	50.54 ^a ±1.87	49.30 ^a ±1.64
4	48.60 ^a ±3.16	49.86 ^a ±2.56	42.35 ^b ±3.45

^{a b} Promedios con letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$).

± Desviación estándar

d) Fibra detergente neutro y fibra detergente ácido

En el cuadro 7 se muestran los valores de FDN y FDA por periodos para las tres especies de *Brachiaria*. En los periodos 1, 2 y 4 no se observaron diferencias significativas en la concentración de FDN ($P > 0.05$) (80.16, 78.70 y 78.30%, respectivamente) (cuadro 2).

Cuadro 7
Promedios por periodo de Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Acido (FDA) de las tres especies de *Brachiaria*

Periodo	FDN % (BS)			FDA % (BS)		
	A	B	C	A	B	C
1	79.87 ^a ±2.79	81.14 ^a ±2.58	79.46 ^a ±2.45	47.02 ^a ±1.86	49.14 ^a ±0.81	47.17 ^a ±2.14
2	78.53 ^a ±2.12	79.63 ^a ±1.59	77.91 ^a ±3.49	46.73 ^a ±1.58	47.06 ^a ±1.94	46.28 ^a ±2.50
3	79.16 ^a ±1.97	76.88 ^{ab} ±1.83	74.66 ^b ±3.07	46.41 ^a ±1.24	45.05 ^a ±2.70	45.78 ^a ±1.67
4	77.77 ^a ±1.13	78.55 ^a ±1.88	78.53 ^a ±3.39	47.83 ^a ±0.93	46.63 ^a ±2.61	47.42 ^a ±2.07

^{a b} Promedios con letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$).

BS= base seca

A= *B. dictyoneura*, B= *B. brizantha*, C= *B. decumbens*

± Desviación estándar

Sin embargo, en el periodo 3, *B. decumbens* presentó un valor más bajo (74.66%) con respecto a *B. dictyoneura* (79.16%). Esta diferencia entre especies pudo deberse a que en alguna de las praderas las novillas consumían más pasto y esto retrasó el crecimiento del pasto, por lo cual el forraje era más viejo en las praderas que tenían menos consumo. A pesar de que los valores encontrados fueron

relativamente estables a lo largo del periodo experimental, de forma directa afectaron la concentración de PC y de EM y la DIVMS.

III. Ganancia diaria de peso

Como se mencionó con anterioridad, las novillas se pesaran al inicio del experimento, cada 21 días y al final del mismo. Los valores de estos pesajes se pueden apreciar en el anexo 4.

Al final del experimento, las novillas que consumieron el pasto de *B. dictyoneura* ganaron en promedio 52.62 kg; las que pastorearon en la pradera de *B. brizantha*, 30 kg en promedio, y las que consumieron *B. decumbens*, sólo 19.87 kg.

Las GDP obtenidas a lo largo del periodo experimental se aprecian en el cuadro 8. Durante todo el experimento se observa que las novillas que consumieron forraje de la pradera de *B. dictyoneura* presentaron una mayor ganancia (0.539 kg), le siguió *B. brizantha* (0.29 kg) y, finalmente, *B. decumbens* (0.201 kg).

En el último periodo se observa que las novillas que pastorearon en la pradera de *B. decumbens* presentaron una grave disminución en la GDP, lo cual pudo deberse al descenso en la producción de MS, a la baja concentración de EM y PC y a la pobre DIVMS del forraje, pues coincide en ser la especie que presentó los más bajos valores en el último periodo.

Cuadro 8
**Promedios por periodo de la GDP de las tres especies de
*Brachiaria***

Periodo	<i>B. dictyoneura</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. decumbens</i>
	GDP, kg	GDP, kg	GDP, kg
1	0.49 ^a ±0.21	0.31 ^b ±0.12	0.24 ^c ±0.29
2	0.56 ^a ±0.16	0.21 ^b ±0.16	0.27 ^b ±0.12
3	0.61 ^a ±0.17	0.35 ^b ±0.24	0.36 ^b ±0.18
4	0.49 ^a ±0.11	0.31 ^b ±0.14	-0.06 ^c ±0.20

^{a b} Promedios con letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas (P≤0.05).

± Desviación estándar

IV. Consumo de materia seca

Uno de los factores que influye en la ingestión es la disponibilidad de forraje, y a su vez esta disponibilidad permite que los animales tengan una mayor oportunidad de seleccionar su dieta durante el pastoreo. ¹⁶.

Con las muestras tomadas antes y después del pastoreo por cada periodo se estimó el consumo de materia seca (CMS) de las 24 novillas, y los resultados indican que las novillas que tuvieron un mayor CMS fueron las que pastoreaban en praderas de *B. dictyoneura*. El CMS fue alto, de 8.37, 8.14 y 7.06 kg por animal

por día en promedio, que equivalen a 3.14, 3.44 y 3.04 % del peso vivo promedio en *B. dictyoneura*, *B. brizantha* y *B. decumbens*, respectivamente (cuadro 9).

Cuadro 9

Promedio del forraje consumido por novilla en un periodo de 21 días en praderas de tres especies de *Brachiaria*

Periodo	<i>B. dictyoneura</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. decumbens</i>
	kg MS/franja/novilla	kg MS/franja/novilla	kg MS/franja/novilla
1	8.79	7.27	6.20
2	7.43	8.14	6.80
3	9.14	8.99	7.90
4	8.11	8.15	7.34

La literatura menciona consumos, bajo condiciones de pastoreo, de 6.39 kg de MS, equivalente a 2.55 % del peso vivo, por lo que el consumo de MS calculado es elevado para las condiciones de clima, tipo de pastoreo y tipo de animales.

Aunque los consumos fueron elevados, en las tres praderas se obtuvieron diferentes GDP debido a que la composición botánica de cada pradera era distinta y, por lo tanto, las novillas seleccionaron su dieta de acuerdo con lo que pastoreaban.

En el cuadro 10 se observa el promedio del CMS de un grupo de 8 novillas en un periodo de 21 días. El consumo calculado en el presente estudio pudiera ser inexacto, ya que sólo fue una estimación diaria del promedio de consumo de materia seca grupal de los 8 animales.

Cuadro 10

Promedio del forraje ofrecido, rechazado y consumido en un periodo de 21 días de 3 especies de *Brachiaria*, pastoreadas por un grupo de 8 novillas

PERIODO	<i>B. dictyoneura</i>			<i>B. brizantha</i>			<i>B. decumbens</i>		
	kg MS/franja			kg MS/franja			kg MS/franja		
	Ofrecido	Rechazado	Consumido	Ofrecido	Rechazado	Consumido	Ofrecido	Rechazado	Consumido
1	125.50	55.20	70.31	111.24	53.05	58.19	98.6	49.01	49.59
2	99.98	40.54	59.44	106.62	41.51	65.11	86.58	32.2	54.38
3	139.44	66.3	73.14	120.27	48.29	71.98	85.43	22.3	63.13
4	87.56	22.65	64.91	107.61	42.44	65.17	77.51	18.79	58.72

V. Composición botánica

Se realizó a partir de las muestras recolectadas. Los resultados se presentan en el cuadro 11 y se observa que conforme fueron transcurriendo los periodos de pastoreo, la composición botánica fue variando considerablemente. Por ejemplo, en el primer periodo la pradera de *B. dictyoneura* tenía 82.82% de *Brachiaria*, 7.70% mimosa, 3.43% escobilla, 2.19% verbena, 1.43% *Stylosanthes spp* y 2.43% de otras gramíneas. En el cuarto periodo la pradera tuvo la siguiente composición: 95.20% de *Brachiaria*, 1.91% mimosa, 2.08% escobilla, 0% verbena, 0.35% *Stylosanthes spp.* y 0.45% de otras gramíneas. Esta variación indica que las novillas consumieron todas las especies de la pradera, lo cual ayudo a mejorar su GDP. En las otras dos especies de *Brachiarias* sucedió algo similar.

La importancia de medir la composición botánica, radica en conocer de cuántas especies de gramíneas, leguminosas o arvenses depende el aporte de nutrientes de una pradera. En este estudio, puede suponerse que en los periodos iniciales del experimento, las demás especies vegetales de las praderas participaron de manera importante en el aporte de nutrientes a las novillas.

En el cuadro 11 se observa que *B. dictyoneura* tuvo los mayores porcentajes de plantas arvenses y 1.81% de *Stylosanthes spp*, le siguió *B. brizantha*, pero con una mayor cantidad de *Stylosanthes spp.* (2.68%) y por último *B. decumbens* con un mayor porcentaje de Verbena, pero casi sin presencia de las otras arvenses.

Al final del experimento, es notoria la disminución de todas estas especies de arvenses, lo que deja como forraje exclusivo a las *Brachiarias*.

Con estos datos, puede aseverarse que las novillas que pastoreaban en la pradera de *B. dictyoneura* obtuvieron una mejor ganancia de peso debido a que en su dieta tuvieron una mayor oportunidad de seleccionar alimento de mejor calidad, en comparación con las novillas que pastorearon las otras dos especies.

Se encontraron en la literatura valores nutricios promedio de algunas de las especies vegetales halladas en la composición botánica de las praderas experimentales. Los valores en base seca de proteína cruda son los siguientes: *Stylosanthes spp*, 12 – 18%³³; *Mimosa pudica*, 0.9%³⁴ y *Verbena spp* 19%³⁵. En cuanto a la DIVMS, se consigna que *Stylosanthes spp.* es de un 53.8%, mientras que la de *Mimosa pudica* puede alcanzar hasta 60%. Solo se encontraron datos de EM de *Stylosanthes spp*, siendo de 1.6 Mcal/kg.

De acuerdo con esta información, puede decirse que tanto las leguminosas como las arvenses encontradas en las praderas jugaron un papel fundamental en la dieta de las novillas, pues a pesar de que las *Brachiarias* tuvieron un bajo porcentaje de nutrientes, la alimentación de las novillas se complementó con todas las especies vegetales de la pradera en conjunto.

Cuadro 11

Composición botánica de las praderas de *B. dictyoneura*, *B. brizantha* y *B. decumbens*, durante el periodo experimental

Brachiaria dictyoneura

Periodo	<i>B. dictyoneura</i>	<i>Mimosa pudica</i>	Escobilla	<i>Verbena spp</i>	<i>Stylosanthes spp</i>	Gramínea
	%	%	%	%	%	%
1	82.82	7.70	3.43	2.19	1.43	2.43
2	89.49	3.01	2.18	0.43	4.81	0.08
3	95.13	1.32	1.19	0.12	0.81	1.43
4	95.20	1.91	2.08	0.00	0.35	0.45

Cuadro 11 continuación

Composición botánica de las praderas de *B. dictyoneura*, *B. brizantha* y *B. decumbens*, durante el periodo experimental

Brachiaria brizantha

Periodo	<i>B. brizantha</i>	<i>Mimosa pudica</i>	Escobilla	<i>Verbena spp</i>	<i>Stylosanthes spp</i>	Gramínea
	%	%	%	%	%	%
1	95.79	0.81	0.26	0.23	2.68	0.23
2	97.72	0.83	0.01	0.04	1.09	0.32
3	98.59	0.41	0.87	0.00	0.12	0.00
4	99.03	0.97	0.00	0.00	0.00	0.00

Cuadro 11 continuación

Composición botánica de las praderas de *B. dictyoneura*, *B. brizantha* y *B. decumbens*, durante el periodo experimental

B. decumbens

Periodo	<i>B. brizantha</i>	<i>Mimosa pudica</i>	Escobilla	<i>Verbena spp</i>	<i>Stylosanthes spp</i>	Gramínea
	%	%	%	%	%	%
1	97.70	0.60	0.00	1.71	0.00	0.00
2	99.83	0.01	0.00	0.01	0.15	0.00
3	99.53	0.03	0.34	0.09	0.00	0.00
4	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

VI. Coeficiente de correlación entre las variables del estudio

El cuadro 12 muestra correlaciones negativas ($P < 0.001$) entre la producción de MS y los periodos (-0.74), entre las *Brachiarias* y la GDP (-0.56), entre la PC y la FDN (-0.42) y entre la DIVMS y la FDN (-0.43) y FDA (-0.41). La primera tiene una explicación lógica, ya que conforme transcurrió el tiempo, la producción de materia seca disminuyó debido a los cambios climáticos. La segunda correlación indica que según la especie de *Brachiaria* va a ser mayor la ganancia de peso del animal, teniendo un mejor comportamiento la *B. dictyoneura* y, por tanto, una mejor ganancia de peso. La correlación negativa entre la PC y la FDN indica que conforme el forraje va aumentando de edad, la PC se ve afectada, dando como resultado cada vez niveles más bajos de la misma. La última correlación hallada muestra que entre más alta sea concentración de FDN y FDA se va a aprovechar menos el forraje, es decir, va a disminuir notablemente su digestibilidad.

La elevada correlación positiva ($P < 0.001$) entre la energía metabolizable y la digestibilidad *in vitro* (0.89) indica que al aumentar la energía de un forraje, su digestibilidad mejora, lo cual se traduce en una mayor ganancia de peso. Se halló una correlación baja ($P < 0.001$) entre el periodo de pastoreo y la DIVMS (0.40), lo que indica que a medida que pasó el tiempo (en este caso 21 días) y el pasto creció fue aumentando la cantidad de fibra contenida en él y, por tanto, disminuyó la DIVMS.

Finalmente, en el mismo cuadro se observa una correlación positiva entre la FDN y la FDA (0.65), pues son dependientes una de la otra, ya que al aumentar o disminuir la FDN, la FDA modifica su valor y viceversa.

Cuadro 12

Coeficientes de correlación entre las diferentes variables del estudio

Variables	<i>Brachiaria</i>	Periodo	PMS	PC	EM	DIVMS	GDP	FDN	FDA
<i>Brachiaria</i>	1.00000	0.00000	-0.12501	-0.24329	-0.19850	-0.16898	-0.56414**	-0.17472	-0.06581
Periodo		1.00000	-0.74219**	0.04490	0.30153	0.40552**	-0.09318	-0.29751	-0.13011
PMS			1.00000	-0.06172	-0.12968	-0.23278	0.09735	0.25157	0.07765
PC				1.00000	0.30491	0.30714	0.42821**	-0.42280**	-0.23063
EM					1.00000	0.89365**	0.21239	-0.31944	-0.33455
DIVMS						1.00000	0.18831	-0.43138**	-0.41539**
GDP							1.00000	-0.00991	-0.05363
FDN								1.00000	0.65266**
FDA									1.00000

** (P<0.001)

PMS= producción de material seca EM= energía metabolizable GDP= ganancia diaria de peso PC= proteína cruda

DIVMS= digestibilidad *in vitro* de la materia seca FDN= fibra detergente neutro FDA= fibra detergente ácido

CONCLUSIONES

El género *Brachiaria* es una buena alternativa para el desarrollo de una producción basada en el sistema de pastoreo. Aunque en este estudio se hayan obtenido GDP bajas, se recomienda el uso de esta *Brachiaria* con condiciones controladas, es decir, uso de fertilizantes, un buen manejo del pastoreo, etc.

En la producción de materia seca, no se encontraron diferencias significativas entre las 3 especies de *Brachiaris*, conforme avanzó la sequía.

.

Brachiaria decumbens tuvo un nivel más bajo de EM que las otras dos especies.

Brachiaria dictyoneura presentó la mejor concentración de PC, aunque los valores encontrados estuvieron por debajo de los datos consignados por la mayoría de los autores.

La digestibilidad *in vitro* no mostró diferencias significativas entre las especies estudiadas y los valores fueron inferiores a los consignados por otros autores.

Se encontró una relación entre la digestibilidad *in vitro* y la energía metabolizable.

La mejor ganancia diaria de peso se obtuvo con *Brachiaria dictyoneura*; sin embargo, esta fue baja aunque aceptable, de acuerdo con lo consignado por otros autores.

Esta ganancia pudo deberse a la selección que hicieron los animales durante el pastoreo, además de que el aporte nutricional no solo dependió de las *Brachiarias*, sino también de las otras especies halladas en la pradera, de acuerdo a lo encontrado en la composición botánica.

El consumo de materia seca estimado fue alto y se recomienda el uso de estos datos con reserva hasta realizar nuevos estudios con el empleo de métodos más exactos.

LITERATURA CITADA

1. Elwood MJ. Métodos aprobados en la producción de ganado vacuno para carne. Trillas, 2003.
2. Enríquez QJF, Romero FMZ. Evaluación agronómica de 14 ecotipos de *Brachiaria spp.* en el sur de Veracruz. 15ª Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria, 2002.
3. Holmann F, Lascano C, Una nueva estrategia para mejorar los sistemas de producción de doble propósito en los trópicos: El consorcio tropileche. Venezuela: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1998.
4. Vizcaíno A, Palma JM, Ruíz TE, Association of gliricidia sepium with grasses and legumes in the dry Mexican tropics. Cuban Journal of Agricultural Science. Vol. 35, No. 2, 2001.
5. <http://www.grupopapalotla.com/html/manual/Manual-de-Actualizacion-Tecnica.pdf> 02/09/04 12:45
6. Romero TEM, Alimentación en ganado de doble propósito: Manejo del recurso forrajero y suplementación. México: Instituto Tecnológico Agropecuario, 2002
7. Loch DS, Ferguson JE, Forage seed production, volume 2: Tropical and subtropical species. Brasil: CAB INTERNATIONAL, 1999.
8. Miles JW, Maass BL, Valle CB. *Brachiaria*: Biology, Agronomy, and Improvement. Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1996.
9. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en

- México. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 1999.
10. Velásquez JE. Ganancias de peso de novillos en Brachiaria decumbens en el Piedemonte amazónico de Colombia. Pasturas Tropicales, Vol. 21, No.3, 1999.
 11. Cuadrado CH, Torregrosa SL, Jiménez MN, Comparación bajo pastoreo con bovinos machos de cuatro especies de gramíneas del género Brachiaria. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2001.
 12. Skerman PJ, Riveros F. Gramíneas tropicales, Colección FAO: Producción y protección vegetal No. 23. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1992.
 13. Zea SJ, Díaz DD. Producción de carne con pastos y forraje. Madrid: Mundi-Prensa, 1990.
 14. NRC. 1996. National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7^a Revised Edition. National Academy Press. Washington, D.C.
 15. Church DC, Pond WG, Pond KR. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. 2nded. Limusa wiley, 2002.
 16. de Muslera PE, Ratera GC. Praderas y forrajes: Producción y aprovechamiento. 2nded. Madrid: Mundi-Prensa, 1991.
 17. Pittaluga O, Brito G, Soares dLJM, de Mattos D, Correa , Evaluación de reses de novillos bradford en Uruguay, incluyendo características de calidad de carnes. II Congreso Mundial Bradford, 2002.
 18. <http://www.veterin.unam.mx/fmvz/enlinea/bovinos/razas.htm> 07/05/2005

19. Sánchez GJI, Razas de ganado bovino para producción de carne y e doble propósito. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2003.
20. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Revista abriendo surcos: Importancia de los recursos genéticos pecuarios en la producción animal. Marzo, 2001.
21. <http://www.Simmental-Simbrah México.htm> 29/08/2005 19:36
22. <http://www.atmosfera.cl/HTML/climatologia/koppen.htm> 04/09/2004 12:15
23. <http://www.imn.ac.cr/educa/clima/clima%20en%20costa%20rica.htm> 04/09/2004 13:21
24. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Evaluación de pasturas con animales. Alternativas metodológicas. Memorias de una reunión de trabajo celebrada en Perú, 1-5 de Octubre, 1984. Colombia: Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, 1986.
25. Hodgson J. Grazing management, science into practice. London (UK): Longman Group Limited, 1990.
26. Fernández HH, Estimación de la disponibilidad de pasto. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, 2004.
27. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Manual de Métodos Rutinarios, Laboratorio de Nutrición Animal. Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2005.

28. Rebolledo RHH, SAS en microcomputadora: análisis estadístico de datos experimentales. 7^{ma}ed. México: Universidad Autónoma de Chapingo, 1998.
29. Vela AJW, Flores MA, Productividad animal de la asociación Brachiaria dictyoneura CIAT 6133-Desmodium ovalifolium CIAT 350 en Pucallpa. Pasturas Tropicales Vol. 18, No. 1, 1996.
30. Shimada MA, Nutrición animal. México: Trillas, 2003.
31. León M, Carola R,. Estudio de la adaptabilidad y persistencia de B. brizantha al pastoreo de bovinos, en las Yaguas. Centro de Investigaciones Agropecuarias, 1994.
32. Alfonso A, Hernández CA, Batista J. Estudio del efecto de la carga y especie de pasto sobre el comportamiento de añojos en pastoreo II. Incorporados al inicio del periodo seco. Pastos Tropicales, Vol. 11, No. 268, 1988.
33. <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200212161119.pdf>
34. http://digeset.ucoj.mx/tesis_posgrado/Pdf/Juan%20Carlos%20Murillo%200Flores.pdf
35. Castro, G.M.I.; Pérez-Gil, R.F.; Madrigal, A.L. Composición química factores tóxicos y digestibilidad de la planta Arvense verbena Carolina L. México: Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán, Vol. 41, No. 3, 1991.
36. <http://mejorpasto.com.ar/UNLZ/2004/TX4.htm>
37. Corbett, J. L. Feeding Standards for Australian Livestock. Ruminants. Standing Committee on Agriculture and Research Management. Ruminants Subcommittee, CSIRO Publications, 1990.

ANEXO 1

DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA UTILIZANDO LA TÉCNICA DEL HORNO DE MICROONDAS

Principio de funcionamiento del horno de microondas

Las microondas son generadas por un magnetrón, el cual convierte la energía eléctrica alterna de 60 ciclos por segundo (60 Hertz) a una energía de velocidad más alta (2450 millones de Hertz). Esto crea un campo electromagnético con centros de carga positiva y negativa que vibran millones de veces por segundo. Las moléculas que poseen ambas cargas (dipolo) intentan alinearse dentro del campo electromagnético. El agua es una de esas moléculas. Debido a que el campo eléctrico se invierte de manera tan rápida, la rotación, el movimiento y la colisión de las moléculas causa una fricción interna y calentamiento. Comparado con un horno convencional, el calentamiento en el de microondas es casi instantáneo²⁶.

Procedimiento

1. Cortar 0.16 m² (o el tamaño del marco de muestreo) de la pastura.
2. Pesar todo el forraje, por ejemplo 200 gramos.
3. Determinar el porcentaje de materia seca.
 - a) Pesar el papel en el que se pondrá la muestra y registrar su peso.

- b) Tomar una submuestra del forraje (entre 50 y 100g). Colocarla en el papel, pesar y registrar el dato.
- c) Colocar la muestra en el microondas por tres minutos. Se debe poner un vaso de agua adentro del microondas. La potencia debe ser de 750 watts.
- d) Sacar la submuestra y pesarla.
- e) Colocar nuevamente la submuestra en el microondas durante un minuto.
- f) Repetir los pasos d y e hasta que no haya mas pérdida de peso. Anotar el peso final de la submuestra. Controlar el volumen de agua del vaso.
- g) Calcular el porcentaje de materia seca:

$$\% \text{ MS} = \frac{\text{Peso final de la submuestra} - \text{Peso del papel}}{\text{Peso original de la submuestra} - \text{Peso del papel}}$$

Por ejemplo:

$$\% \text{ MS} = (30 - 5)/(80 - 5) = 0.3333, \text{ es decir } 33.33\% \text{ de MS}$$

- 4. Determinar la producción de pasto (kg MS/Ha):

$$\begin{aligned} \text{Peso MS de la muestra} &= \% \text{MS} * \text{Peso de la muestra} \\ &= 0.3333 * 200 \text{ g} \\ &= 66.66 \text{ g MS}/0.16 \text{ m}^2 \\ 0.16 \text{ m}^2 &\text{-----} 0.067 \text{ kg MS} \end{aligned}$$

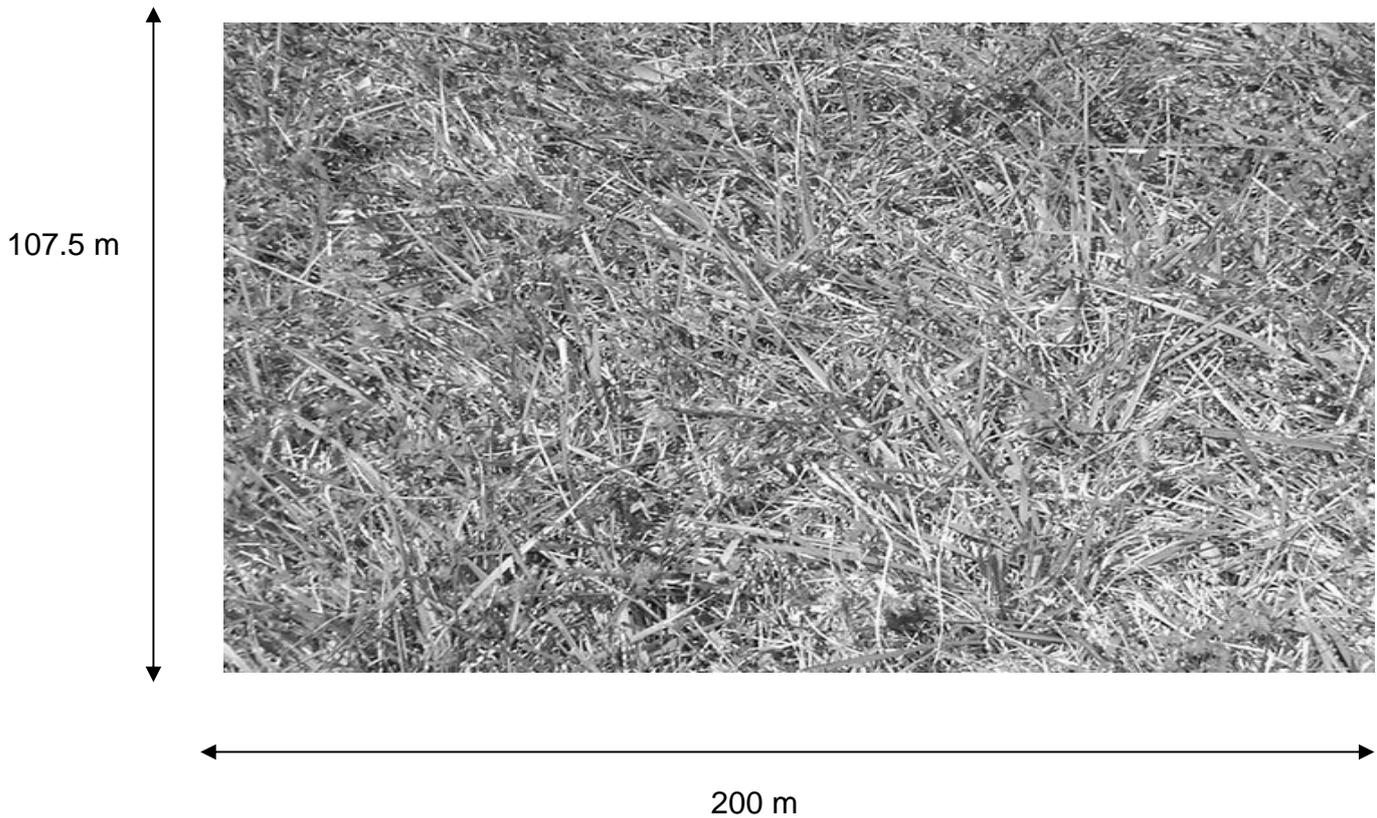
$$10000 \text{ m}^2 \text{-----} x = 4187.5 \text{ kg MS/ha}$$

Todo el proceso de determinación del % de MS en el microondas puede durar entre 10 y 20 minutos.

ANEXO 2

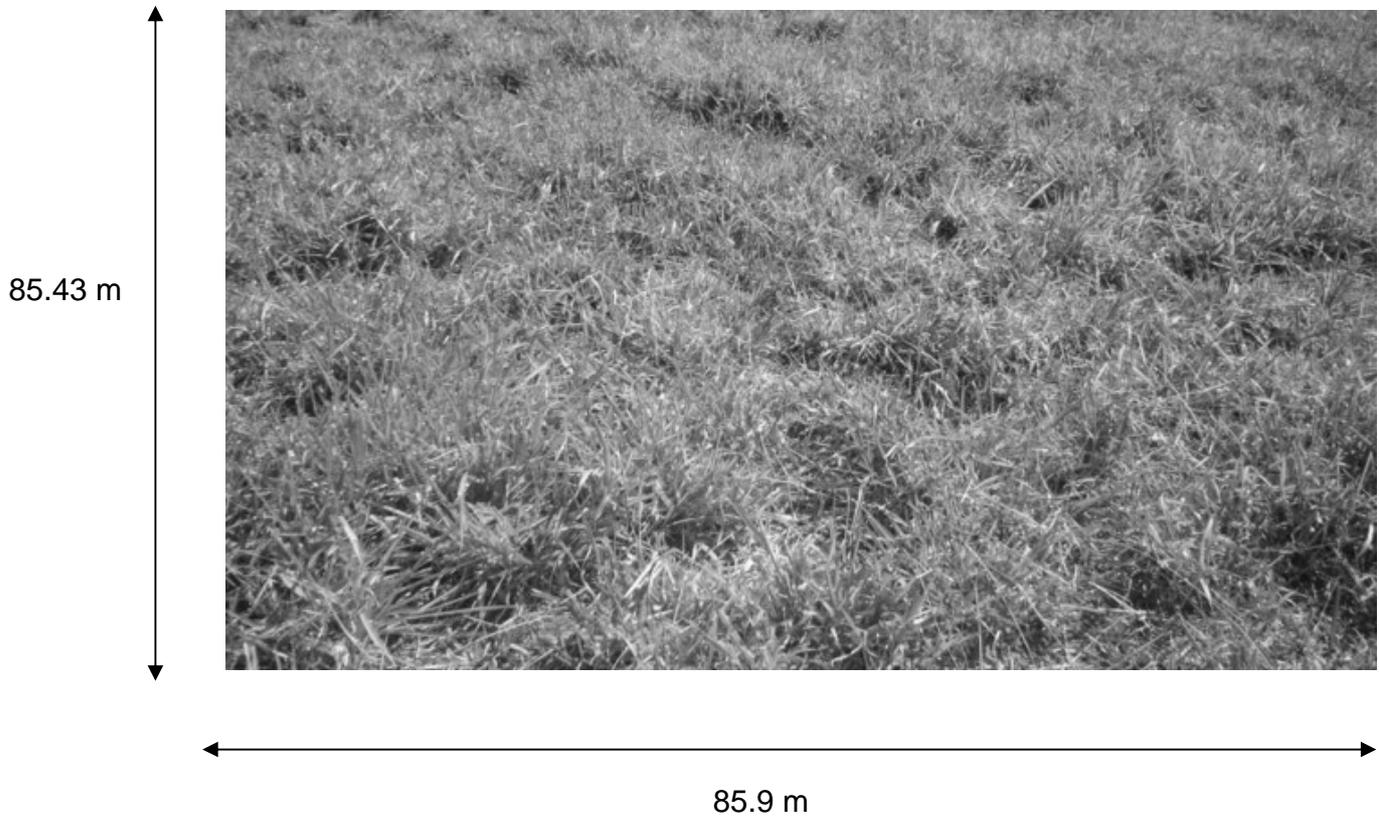
DIMENSIÓN DE LOS POTREROS EXPERIMENTALES

Brachiaria dictyoneura



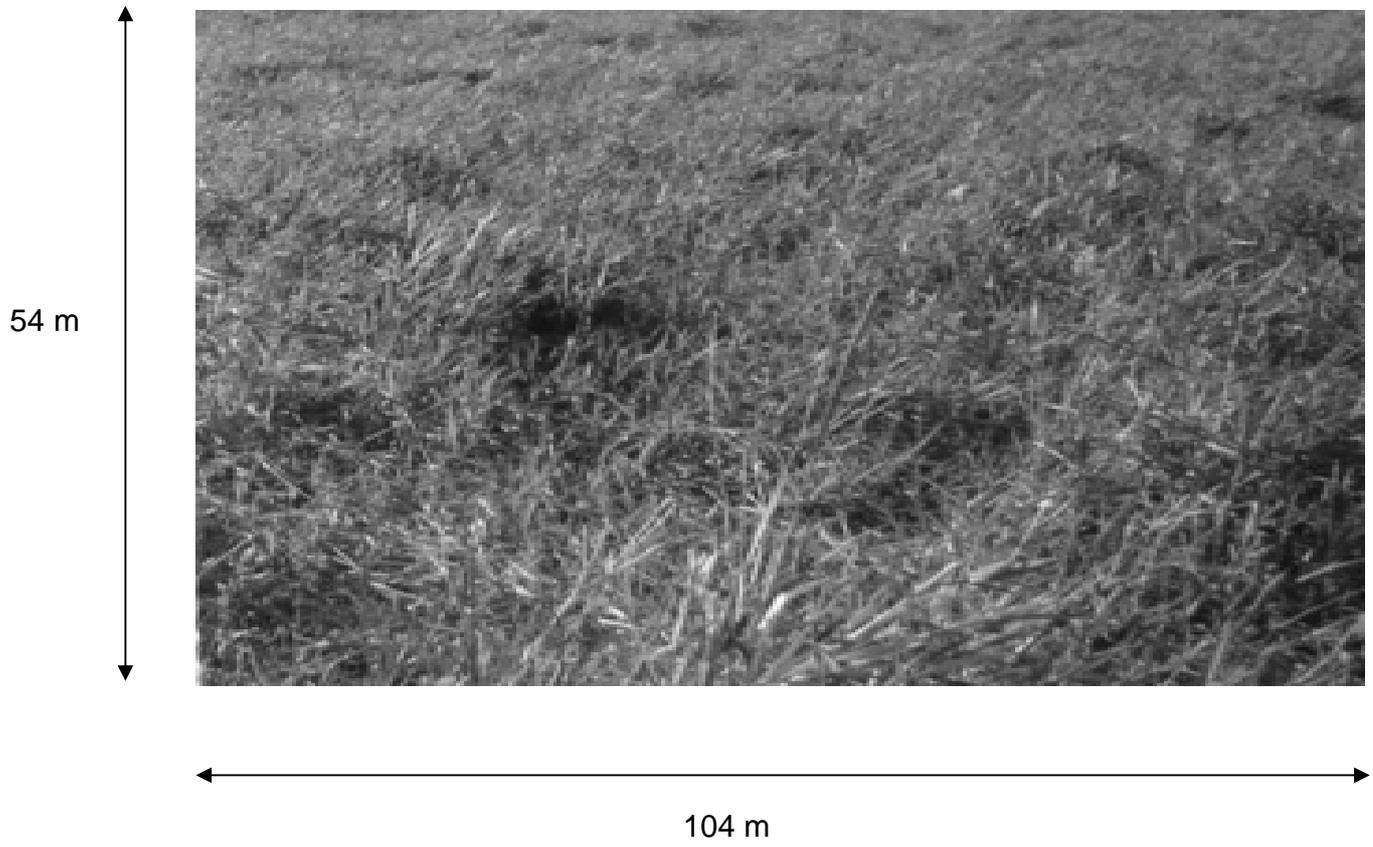
DIMENSIÓN DE LOS POTREROS EXPERIMENTALES

Brachiaria brizantha



DIMENSIÓN DE LOS POTREROS EXPERIMENTALES

Brachiaria decumbens



ANEXO 3

MÉTODOS PARA DETERMINAR EL VALOR NUTRICIO ²⁷

Proteína cruda

La proteína cruda se determina multiplicando el contenido de nitrógeno del alimento x 6.25 suponiendo que la proteína de dicho alimento es más o menos típica y que contiene 16% de nitrógeno. También se supone que todo el nitrógeno del material analizado existe en forma de proteína, lo cual es una verdad aproximada para ciertos alimentos, pero un gran error en otros alimentos.

El nitrógeno se determina con el procedimiento llamado de Kjeldahl que consiste en el tratamiento de una muestra de peso conocido con ácido sulfúrico concentrado en ebullición, al cual se le ha agregado K_2CO_4 para subir el punto de ebullición de la mezcla en digestión. Un catalizador (cobre, mercurio o selenio) se añade para facilitar la oxidación de la muestra. El nitrógeno de la muestra se convierte en amonio, el cual permanece en solución en forma de sulfato de amonio. El amonio se separa mediante la alcalinización de la mezcla, seguida por una destilación. El amonio se colecta en un ácido débil estandarizado y se titula con un ácido fuerte estandarizado.

Procedimiento

1. Pesar por duplicado 0.1g de muestra, envuelta en papel copia.
2. Colocar en un matraz de Kjeldahlj.
3. Agregar 2 ml de ácido sulfúrico + mezcla catalítica.
4. Colocar los matraces en el soporte digestor con el extractor funcionando por 10 minutos sin calor .
5. Proseguir la digestión por 50 min a una hora (hasta que el líquido esté claro)
6. Retirar los matraces, dejarlos enfriar y con mucho cuidado lavar las paredes del mismo con agua destilada.
7. Colocar 15 ml de ácido bórico con indicador en un matraz Erlenmeyer de 50 ml y ponerlo en el tubo de descarga del aparato de destilación (color azul).
8. Colocar el matraz en el soporte de destilación y agregar 4 ml de NaOH. Proceder a la titulación hasta obtener un destilado mínimo de 30 ml (color verde).
9. Titular con H_2SO_4 1N hasta lograr el primer cambio de color; anotar los mililitros gastados.

Observación: En todos los análisis se deben correr dos testigos.

Cálculos

Factor = $\frac{(\text{Normalidad del ácido} \times 0.014 \times 6.25)}{\text{MS}_{105^{\circ}\text{C}} \times \text{Peso de la muestra}} \times 100$

(MS_{105°C} X Peso de la muestra)

% PC = (factor x gasto ml H₂SO₄ – blanco) * 100

Fibra detergente neutro o pared celular (Van Soest)

El método del detergente neutro para determinar los constituyentes de la pared celular es un método rápido para la determinación de la fibra total en alimentos de origen vegetal. Divide la materia seca de los alimentos muy cerca al punto que separa los constituyentes solubles y nutricionalmente disponibles (98%) de aquellos que son aprovechables de manera incompleta y dependen de la fermentación microbiana.

Procedimiento

- a. Pesar 0.5 – 1.06 g de muestra secada al aire y molida para pasar por malla de 1 mm o su equivalente, y colocarla en un vaso de precipitación apropiado para el aparato de condensación.
- b. Añadir 50 ml de la solución de detergente neutro fría (a temperatura ambiente); calentar para hervir en 5-10 minutos. Reducir la temperatura cuando comienza el hervido, para evitar la formación de espuma. Ajustar el hervido a un

nivel dado, debiendo mantenerse por 60 minutos, tiempo tomado del inicio del hervido.

c. Poner crisoles Gooch previamente en un embudo de filtrado. Agitar el vaso de precipitación para suspender los sólidos y llenar el crisol. No hacer ingresar el vacío hasta después de que el crisol haya sido llenado. Usar baja presión de vacío al comienzo e incrementarlo solamente cuando sea necesario. Enjuagar el crisol con un mínimo de agua caliente (90- 100°C). Quitar el vacío, deshacer la capa de residuos y llenar el crisol con agua caliente, filtrar el líquido y repetir el procedimiento de lavado.

d. Lavar dos veces con acetona del mismo modo y secar succionando. Secar los crisoles a 100°C por 8 horas o toda la noche y pesar.

Cálculos

Reportar los rendimientos de la fibra detergente neutro recuperada como porcentaje de constituyentes de la pared celular. Estimar el material celular soluble (contenido celular) por sustracción de este valor de 100.

$$\% \text{ Pared celular} = \frac{[\text{Peso de crisol} + \text{residuo} - \text{peso crisol}]}{[\text{Materia seca a } 105^{\circ}\text{C} \times \text{peso de muestra g}]} \times 100$$

Fibra detergente ácido

El procedimiento de fibra detergente ácido provee un método rápido para determinación de lignocelulosa en alimentos. La diferencia entre los constituyentes de paredes celulares y la fibra detergente ácido es un estimado de la hemicelulosa; aunque esta diferencia incluye algo de proteína adherida a las paredes celulares. La determinación de fibra detergente ácido es utilizada como un paso previo a la determinación de lignina.

Procedimiento

- a. Pesar 1 g de muestra y secada a 60°C, molida a 1 mm, y colocarla en un vaso de precipitación apropiada para el aparato de condensación.
- b. Añadir 50 ml de solución detergente ácido frío (temperatura de ambiente). Calentar para hervir en 5-10 minutos. Reducir el calor cuando comienza a hervir para evitar la formación de espuma. Mantenerlo por 60 minutos contados desde el momento que empieza a hervir, ajustando el hervido a un nivel bajo dado.
- c. Filtrar en un crisol Gooch previamente tarado, el cual ha sido colocado en el embudo de filtrado; usando succión ligera, deshacer la capa de residuos con una baqueta y lavar dos veces con agua caliente (90-100°C) . Enjuagar los lados del crisol de la misma manera.

d. Repetir el lavado con acetona hasta que ésta no quite más color; deshacer los apelmamientos para que el disolvente entre en contacto con todas las partículas de fibra.

Cálculos

Calcular la fibra detergente ácido:

$$\% \text{ FDA} = \frac{(\text{Peso de crisol} + \text{residuo} - \text{peso crisol})}{(\text{Materia seca a } 105^{\circ}\text{C} \times \text{peso de muestra g})} \times 100$$

Digestibilidad *in vitro*

El sistema de Tiller & Terry es el más utilizado para estimar la digestibilidad. El método consiste de 2 etapas: digestión de 48 horas con microorganismos del rumen seguido por otra digestión de 24 horas con pepsina (pH 2). El residuo está compuesto por pared celular indigerible y restos de bacterias, y da valores comparables a la digestibilidad aparente *in vivo*. El éxito del método está relacionado con la recuperación de pared celular indigerible y su similitud con la secuencia de digestión del rumiante. Las bacterias del rumen son parcialmente digestibles y la comparación de los dos métodos está en que las heces del rumiante están compuestas aproximadamente de cantidades equivalentes de

pared celular indigerible y restos de bacterias, como las del sistema *in vitro*. La principal desventaja del sistema Tilley – Terry es el gran tiempo utilizado en los análisis y número de etapas.

Dieta del donante

Mantener al animal fistulado consumiendo heno o forraje de buena calidad, y sal mineralizada cuando las muestras son forrajes. Proporcionar el siguiente suplemento diariamente a un animal de 500 Kg: 900 gm de harina de soya, divididos en dos raciones de 450 g c/u, 75 g de sal mineralizada y 50 g de fosfato defluorinado, cuando las muestras son de concentrados.

Procedimiento

- a. Pesar alrededor de 0.5 g de muestra molida a 1 mm y transferirla a un tubo de centrífuga de 100 ml numerado.
- b. Preparar la incubadora a una temperatura de 39°C
- c. Preparar la cantidad adecuada de saliva artificial, considerando que se usan 40ml por tubo. Es conveniente preparar la primera parte de la solución con anticipación y guardar en el incubador a 39°C. La solución al 4% CaCl_2 se le agrega el día de la inoculación y toda la saliva se coloca en la botella de

5 galones. Justo antes de usar agregar 1 ml al 4% de CaCl_2 por litro de solución tampón de modo de tener 0.04 g CaCl_2 por litro de saliva artificial.

- a. Circular suavemente CO_2 a través de la saliva.
- b. Preparar 4 tubos de centrifuga vacíos para los blancos y patrones correspondientes (sirven como controles).
- c. Añadir 2 ml de solución de urea a todos los tubos de centrifuga, incluyendo los blancos.
- d. Controlar el pH de la saliva artificial; éste debe estar entre 6.9 y 7.0; el gaseo con CO_2 a través de la solución baja el pH y cuando la solución está saturada y el sistema tampón de bicarbonato está establecido, el pH será 6.9 –7.0.
- e. Preparar el inóculo como se describe anteriormente y añadir una parte de licor ruminal a 4 partes de saliva artificial.
- f. Permitir que el inóculo (licor ruminal y saliva) se mezclan por 10 minutos por acción agitación y gaseo con CO_2 .
- g. Agregar 50 ml de inóculo a cada tubo de centrifuga, incluyendo blancos, (agregar el inóculo al azar y los blancos deben distribuirse al azar entre el set de tubos).
- h. Inmediatamente después de agregar el inóculo, gasear cada tubo por 15 segundos. No gasear CO_2 a través del inóculo en el tubo. Rápidamente tapar los tubos con una válvula Bunsen.
- i. Transferir los tubos a una incubadora, la cual debe encontrarse a 39°C . Es importante mantener esta temperatura durante las primeras 48 horas.

- j. Después de 4 horas de incubación, mover el contenido de los tubos a mano con un movimiento rotatorio; de esta manera se asegura que todas las partículas están impregnadas con el inóculo. Repetir la operación tres veces al día durante los días del análisis.
- k. Después de 48 horas de incubación, remover los tapones y lavar las partículas adheridas a los tapones con un mínimo de H₂O destilada. Controlar el pH de algunos tubos al azar: debe ser menos de 7.
- l. Agregar 1 ml de la solución de HCl al 20%, mover los tubos, agregar 1 ml de HCl, mover y luego agregar 4 ml en dos aplicaciones, de tal forma que el total de HCl por tubo sea de 6 ml. El pH del medio debe ser de 1-2 (para evitar exceso de espuma, esperar que todos los tubos hayan recibido su incremento en ácido antes de moverlos).
- m. Añadir 2 ml de pepsina al 5%, mover los tubos, lavar las paredes de los tubos con un mínimo de H₂O destilada, poner los tapones y devolver los tubos al incubador, el cual se encuentra a 39°C. Repetir el movimiento de los tubos tres veces las últimas 24 horas.
- n. Preparar los papeles filtro, numerarlos y pesarlos, sacar al azar 5 para determinar el contenido de MS total.
- o. Filtrar después de 24 horas de digestión con pepsina. Lavar todo el residuo del tubo usando agua caliente. Lavar el residuo 3 veces con agua, asegurándose que todos los restos del forraje queden en el papel.
- p. Colocar los papeles conteniendo el residuo y bien doblados en el horno a 105°C. Dejar secando durante la noche.

Cálculos

% DIVMS (digestibilidad *in vitro* de la materia seca) =

$$\frac{\text{MS inicial} - (\text{MS residual} - \text{MS blanco})}{\text{MS inicial}} \times 100$$

MS inicial

ANEXO 4

Pesaje de novillas que pastoreaban en praderas de *B. dictyoneura*

No. de animal	Pesaje inicial kg	1er pesaje kg	2do pesaje kg	3er pesaje kg	4to pesaje kg	Pesaje final kg	GP total Kg
004-03	238	241	256	273	285	285	47
020-03	228	236	257	272	284	285	57
022-03	232	245	257	281	298	298	66
041-03	195	203	217	226	233	236	41
051-03	209	214	215	232	250	250	41
081-03	218	228	245	258	273	275	57
410-02	257	271	289	307	327	327	70
566-02	239	241	253	265	281	281	42
Promedio	227	234.87	248.62	264.25	278.87	279.62	52.62

Pesaje de novillas que pastoreaban en praderas de *B. brizantha*

No. de animal	Pesaje inicial	1er pesaje	2do pesaje	3er pesaje	4to pesaje	Pesaje final	GP total
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	Kg
006-03	215	220	230	233	235	235	20
035-02	199	210	215	215	229	229	30
038-03	225	237	245	247	248	248	23
050-03	198	206	212	223	238	238	40
075-03	217	223	236	246	250	250	33
111-03	207	213	220	226	237	237	30
527-02	239	234	241	253	267	267	33
555-02	204	211	225	228	235	235	31
Promedio	213	219.25	228	233.87	242.37	242.37	30

Pesaje de novillas que pastoreaban en praderas de *B. decumbens*

No. de animal	Pesaje inicial	1er pesaje	2do pesaje	3er pesaje	4to pesaje	Pesaje final	GP total
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	Kg
026-03	200	200	204	213	227	227	27
028-03	240	245	234	243	245	245	5
052-03	226	235	229	240	247	247	21
057-03	217	219	212	219	229	229	12
068-03	204	220	223	233	243	243	39
070-03	234	239	237	240	247	247	13
102-03	203	210	211	220	225	225	22
650-02	222	218	221	223	238	238	20
Promedio	218.25	223.25	221.37	228.87	237.62	237.62	19.87
