



ISSN 0258-6452

CIENCIA AGROPECUARIA

REVISTA CIENTÍFICA Nº 18

PANAMÁ, 2005



ISSN 0258-6452

CIENCIA AGROPECUARIA

REVISTA CIENTÍFICA N° 18

PANAMÁ, 2005

Revista Ciencia Agropecuaria. Instituto de Investigación
Agropecuaria de Panamá. Departamento de
Ediciones y Publicaciones.

no. 18 (2005) Anual

p .ilus.

ISSN: 0258-6452

1. INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS - PANAMÁ
2. INVESTIGACIONES PECUARIAS - PANAMÁ

Agradecemos Canje
Wir bitten um Austausch - Exchange requested
On demande l'échange - Gradiremmo cambio

JUNTA DIRECTIVA

Lic. Laurentino Cortizo Cohen
Ministro de Desarrollo Agropecuario
Presidente

Ing. Belisario Castillo
Gerente General del Banco
de Desarrollo Agropecuario
Miembro

Dr. Juan M. Osorio
Decano de la Facultad
Ciencias Agropecuarias
Miembro

Dr. Reynaldo Pérez-Guardia
Director General del IDIAP
Secretario

CUERPO DIRECTIVO

Dr. Reynaldo Pérez-Guardia
Director General del IDIAP

M.Sc. Benjamín Name
Sub-Director General del IDIAP

Dr. Julio Santamaría Guerra
Director Nacional de
Centros de Investigación

M.Sc. Carmen Y. Bieberach
Directora Nacional de
Investigación Agrícola

Dr. Manuel De Gracia
Director Nacional de
Investigación Pecuaria

M.Sc. José A. Aguilar
Director Nacional de Productos
y Servicios

M.Sc. Franklin Becerra
Director Nacional de
Planificación y Socioeconomía

Licda. Berta D. Pérez
Directora Nacional de
Administración y Finanzas

M.Sc. Leonardo Marcelino
Director del CIA-Occidental

Ing. Ezequiel Gaitán
Director del CIA-Central

Dr. Melvin Espino
Director del CIA-Azuero

Ing. Jhonhas A. Guevara
Director del CIA-Oriental

Ing. Andrés Acosta
Director del CIA-Trópico Húmedo

Ing. Pío Tuñón
Director del CIA-Recursos
Genéticos

EDITORIA

Elizabeth S. De Freitas G., Ph.D.

COEDITORIA

Neysa G. de Rojas, Ing. Agr.

COMITÉ DE REVISIÓN TÉCNICA

Bolívar Pinzón, M.Sc. Edafología
Pedro Guerra, M.Sc. Mejoramiento Genético Animal
Juana Ramos Chué, Ph.D. Química Analítica, UNACHI
Jaime Espinoza, Ph.D. Toxicología
David Berroa, M.Sc. Reproducción Animal
Carlos I. Saldaña, M.Sc. Nutrición Animal
Aracelly Vega-Ríos, M.Ed. Lab. de Recursos Naturales, UNACHI
Raúl González, M.Sc. Horticultura
Rodrigo Cerrud, M.Sc. Agroforestería Tropical
Benjamín Name, M.Sc. Edafología
Pedro Argel, Ph.D. Pastos Tropicales, CIAT
Said Caballero, M.Sc. Microbiología
Filiberto Frago, M.Sc. Epidemiología

Ciencia Agropecuaria se distribuye a un costo de B/.3.50 (\$3.50) por ejemplar.

La correspondencia relativa a la distribución y canje de ***Ciencia Agropecuaria*** debe dirigirse a Centro de Información Documental Agropecuaria del IDIAP.

Las cartas relacionadas con el contenido editorial deben enviarse al Departamento de Publicaciones a la siguiente dirección:

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ
Departamento de Ediciones y Publicaciones

Apartado 6-4391. El Dorado, Panamá
Tel. 3170519-22 / 7755250 / Fax: 7742607
idiap_pan@cwpanama.net
idiap_dav@cwpanama.net

NORMAS PARA AUTORES

A. NORMAS GENERALES

La revista **Ciencia Agropecuaria** publica artículos científicos originales realizados en cualquier área de la Ciencia Agrícolas y Pecuarias. Los escritos deben ser enviados a la Directora de la Revista redactados en español. La presentación en otro idioma deberá ser consultada previamente con la Directora de la Revista.

Los trabajos aceptados serán publicados bajo el entendimiento de que el material presentado es original e inédito, siendo los autores los únicos responsables por la veracidad y exactitud de las afirmaciones y datos presentados. Además, los autores deberán solicitar, cuando sea necesario, los permisos para la publicación de los datos ya reportados.

Los trabajos deben ser de interés para un público especializado, redactados en prosa científica y comprensible al lector. Los trabajos deben entregarse en disquetes de computadora 3 1/2". Se debe entregar un original y una copia.

Se recomienda emplear la nomenclatura y simbología recomendada en "Conference of Biological Editors. Committee on Form and Style. Style Manual for Biological Journals". Todas las unidades utilizadas en el escrito deben expresarse en el Sistema Internacional de Unidades (Sistema Métrico Decimal).

Las fotografías deben de muy buena calidad; deben mostrar con claridad el área de interés para el lector y tomadas con criterio científico, tamaño 10 x12.5 cm. En algunos casos, la editora solicitará los datos originales para la elaboración de la figura. Los cuadros y leyendas de figuras y fotografías deben ser numerados en arábigo por orden de referencia en el texto.

B. NORMAS ESPECÍFICAS

1. **ARTÍCULO CIENTÍFICO:** Se estructurará de la siguiente forma. Título (español), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen en español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, bibliografía, cuadros y figuras. Extensión máxima: Veinte páginas, incluyendo cuadros, figuras, fotos y referencias.
 - a. **Título:** En mayúsculas, debe expresar en no más de 20 palabras el contenidos, las materias y conceptos claves. Se proporcionara en español e inglés.

- b. **Autores:** Centrado, después del título, se indicaran en orden, primer autor y co-autores. Los títulos, grados académicos, cargos, nombre del (los) autor (es), lugar donde se realizó el trabajo se indicarán el pie de página.
- c. **Resumen:** En español e inglés. Debe ser breve y no exceder de 5% (aproximadamente 250 palabras) del texto principal completo. Incluye el método experimental, el objetivo de la investigación, los resultados mas importante y las conclusiones. El resumen debe ser lo suficientemente explícito para que el lector obtenga un conocimiento exacto del contenido. Esto es esencial para el resumen en inglés.
- d. **Introducción:** Debe ser breve y contendrá los antecedentes más importantes, relevantes de la investigación, el estado actual del tema objeto de la investigación, la problemática (alcances y limitaciones) y las razones por las cuales se hizo el planteamiento.
- e. **Materiales y Métodos:** Se expondrán de forma concisa, los materiales utilizados y la metodología aplicada. Se deberá presentar los detalles necesarios para que el lector interesado pueda repetir la parte experimental, con indicación de los datos agrometeorológicos, diseño y métodos de análisis estadístico empleados. Para los procedimientos ya descritos en la literatura, deben ser citados y sólo se aceptará la mención de modificaciones sustanciales.
- f. **Resultados y Discusión:** Se dan a conocer los datos obtenidos más importantes. Estos deben presentarse en la forma más concisa posible (si es necesario se utilizarán subtítulos, si son varios los factores que intervinieron en el estudio). Las figuras y cuadros deben ser elementos de apoyo a los resultados y no deben repetir la información que aparece en el texto. Los promedios y señalamientos de diferencias significativas deben acompañarse de las indicaciones de la variación relativa y probabilidad alcanzada.

En la discusión de resultados se señalan las relaciones entre los hechos observados. Debe indicarse el significado de los hechos, las causas, sus efectos y sus implicaciones.

- g. **Conclusiones :** En esta sección se presentan los hechos significativos en forma clara y lógicamente ordenadas. Las conclusiones deben dar respuesta a los objetivos descritos en la introducción.
- h. **Recomendaciones:** Esta sección puede estar o no presente en el artículo. En caso de que el autor presente sugerencias, las mismas deberán presentarse en esta sección.

- i. **Bibliografía:** Se incluirá sólo la literatura citada tomada en cuenta las recomendaciones del documento sobre Redacción de Referencias Bibliográficas del IICA, 4ª edición.
- j. **Agradecimiento:** Para efecto de reconocimiento del autor a personas e instituciones que hayan colaborado en la información del manuscrito deberán presentarse en esta sección.

2. NOTAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

a. **Notas Científicas:** Serán considerados aquellos escritos basados en aspectos experimentales o investigaciones terminadas o en curso, de cualquier tipo, que presenten un aspecto metodológico novedoso o con resultados que el autor decida comunicar, en este estilo, por considerarlo importante.

b. **Notas Técnicas:** Serán considerados aquellos escritos que presenten: (1) Descripción de una nueva técnica de producción; (2) Estudios preliminares de caracterización de nuevos criterios de selección; (3) Resultados o logros sobresalientes de un programa; (4) Temas de interés, científico y tecnológico.

Las notas científicas y técnicas no requieren de separación de acápites ni de subtítulos, deben contener en el texto los antecedentes y deben resaltar claramente el objetivo del trabajo, metodología con énfasis en los procedimientos. Las conclusiones y las recomendaciones deben aparecer en el curso de la discusión de resultados (totales o parciales) alcanzados al tratar el problema.

Las notas deben llevar el título en español e inglés, nombres y dirección de autores e instituciones se anotarán en pie de página. El escrito no debe exceder cinco páginas (21.2 cm x 27.5 cm) incluyendo referencias, cuadros y figuras. Los cuadros no deberán ser más de tres.

3. ENSAYOS Y REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS

Se estructurarán de la siguiente forma: Título, nombre del autor (es), introducción, subtítulos y referencias bibliográficas. Podrá ser presentado en otro idioma, previa consulta con la Directora de la Revista. Debe tener una extensión máxima de 20 páginas, incluyendo cuadros, figuras y referencias bibliográficas.

CONTENIDO

-
- | | |
|--------|--|
| 1-34 | <p>EVALUACIÓN DE LA VITAMINA D₃ SOBRE EL COMPORTAMIENTO ANIMAL, CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y TERNEZA DE LA CARNE DEL GANADO BRAHMAN Y SUS CRUCES. GUALACA, PANAMÁ. 2003.</p> <p><i>Pedro Guerra M.; Omar Chacón; Karina L. Lara S.; Ricaurte A. Quiel</i></p> |
| <hr/> | |
| 35-50 | <p>PRODUCCIÓN DE CARNE BLANCA CON TERNEROS MACHOS DE LECHE A BASE DE LECHE SUSTITUTO. CHIRIQUÍ, PANAMÁ. 2003.</p> <p><i>José Almillátegui C.; Eliut Santamaría; Odenis Troetsch; Luis A. Carreño</i></p> |
| <hr/> | |
| 51-64 | <p>INFLUENCIA DE LAS FRECUENCIAS DE CORTE SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CULTIVARES DE <i>Pennisetum purpureum</i> EN DOS LOCALIDADES DE BUGABA, CHIRIQUÍ, PANAMÁ. 1999 - 2002.</p> <p><i>Luis A. Hertentains; Odenis Troetsch; Eliut Santamaría; Luis A. Carreño</i></p> |
| <hr/> | |
| 65-80 | <p>EFFECTOS TÓXICOS DEL COBRE SOBRE PLANTAS DE ARROZ. BARÚ, PANAMÁ. 1999.</p> <p><i>Leonardo A. Marcelino; Jaime Espinosa</i></p> |
| <hr/> | |
| 81-94 | <p>EFFECTO DEL BANCO DE KUDZÚ SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE A BASE DE <i>Brachiaria decumbens</i> DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA. GUALACA, PANAMÁ.</p> <p><i>Manuel H. Ruiloba V.</i></p> |
| <hr/> | |
| 95-103 | <p>RESPUESTA DE <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Señal A LA APLICACIÓN FRACCIONADA DE NITRÓGENO EN CONDICIONES DE GUALACA, PANAMÁ. 2001-2003.</p> <p><i>Bolívar Pinzón; Rubén Montenegro; Eliut Santamaría</i></p> |
-

NOTA TÉCNICA

-
- 104-112** SUSCEPTIBILIDAD DE LA MOSQUITA MINADORA (*Liriomyza huidobrensis*) (Diptera: Agromyzidae) A CUATRO INSECTICIDAS COMERCIALES EN VOLCANCITO, BOQUETE, PANAMÁ. 2002.
José A. Lezcano; Nazareth Saavedra; Campo Serrano
-
- 113-122** ESTUDIO PRELIMINAR DE FUENTES Y DOSIS DE ABONOS ORGÁNICOS EN CEBOLLA (*Allium cepa* cv. Regia) EN CERRO PUNTA, BUGABA. 1996-1997.
José A. Lezcano B.
-
- 123-130** PRIMER REPORTE SEROLÓGICO DE LA NEOSPOROSIS BOVINA (*Neospora caninum*) EN PANAMA. 2002-2004.
Marcelino Jaén T; Ginnette Rodríguez; Víctor E. Vega B.
-

EVALUACIÓN DE LA VITAMINA D₃ SOBRE EL COMPORTAMIENTO ANIMAL, CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y TERNEZA DE LA CARNE DEL GANADO BRAHMAN Y SUS CRUCES. GUALACA, PANAMÁ. 2003.¹

**Pedro Guerra M.²; Omar Chacón³; Karina L. Lara S.⁴;
Ricaurte A. Quiel⁵.**

RESUMEN

El propósito fue evaluar el efecto de la vitamina D₃ sobre el comportamiento animal (CA), características de la canal (CC) y terneza (TRN) de la carne del Brahman y sus cruces. Dos cebas (A) se efectuaron de 110 días (A1) y 133 (A2) días cada uno con dos grupos raciales (GR): Brahman (Br) y Cruzados (Cx). Niveles de vitamina D₃ (T) evaluados: 0 (T1), 2.5 (T2), 5.0 (T3) y 7.5 (T4) x 10⁶ UI/animal/día, 10 días antes de finalizada la ceba. Muestras del *Longissimus dorsi* fueron tomadas en la 11ª y 12ª costilla de ambas medias canales. Las variables del CA fueron: peso inicial (PI), peso final (PF), ganancia diaria de peso (GDP), peso del último mes (PUM) y ganancia diaria de peso en el último mes (GDPUM); de CC: peso matadero (PM), peso canal caliente (PCC), rendimiento en canal (RC), largo de canal (LC), proporción de grasa pelviana (PGP) y grado de rendimiento USDA (YG); de la carne (*Longissimus dorsi*): área del lomo (AL), grasa dorsal (GD), proporción de hueso (HP), proporción de músculo (MP), proporción de grasa (GP) y TRN, medida en cuatro tiempos de maduración (TM, 7, 14, 21 y 28 días *postmortem*). Las variables dependientes se analizaron con un modelo lineal generalizado usando PI como covariable. PI fue efectivo (P<0.10 a P<0.01) PF, PM, PUM, PCC, AL, MP y GP. Como criterio de bloque (A) fue significativo (P<0.05 a P<0.01) para PF, GDP, PM, PUM, GDPUM, PCC, LC, PGP, AL y TRN. Además, T solamente afectó negativamente a PUM y GDPUM (P<0.01), pero mientras aumentaba el nivel de vitamina D₃, la TRN disminuyó en 18.8% (T4 vs T1). Cr superaron (P<0.01) en 29.0% y 14.7% a Br en YG y AL, respectivamente. T*GR fue significativo (P<0.10 a P<0.01) en

¹ Trabajo realizado en el PID sobre Mejoramiento del Valor Agregado de la Carne Bovina en la Fase *Post Mortem*. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC). Gualaca.

² Ing. Agr. Zoot., M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC). Gualaca. e-mail: pguerra@idiap.gob.pa.

³ Lic. Química, M.Sc. Ciencia de la Carne. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental. Gualaca. e-mail: ochacon@idiap.gob.pa.

⁴ Ing. Agr. Zootecnista. Chiriquí.

⁵ Ing. Agr. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental. Gualaca. e-mail: rquiell@idiap.gob.pa.

PF, GDP, PUM, LC, YG, GD, AL y TRN. TM mejoró ($P<0.05$) la TRN en la medida que aumentaron los días (21.2% entre el día 7 al día 28). T*TM resultó significativo ($P<0.05$). Se concluye que la vitamina D₃ y TM tienen grandes efectos sobre TRN, pero muy poco en el CA y CC.

PALABRAS CLAVES: Ganado bovino; ganado de carne; vitamina D₃; comportamiento, características de la canal; terneza.

VITAMIN D₃ EVALUATION ON ANIMAL PERFORMANCE, CARCASS TRAITS AND MEAT TENDERNESS OF BRAHMAN CATTLE AND ITS CROSSES. GUALACA, PANAMÁ. 2003.

The purpose was to evaluate the effect of vitamin D₃ on the animal performance (AP), carcass traits (CT) and beef tenderness (TRN) of Brahman and its crosses. Two fattening (A) were done: A1 (110 days) and A2 (133 days) with two racial groups (GR): Brahman (Br) y Crossbred (Cx). Levels of vitamin D₃ (T) were: 0 (T1), 2.5 (T2), 5.0 (T3) y 7.5 (T4) $\times 10^6$ UI/animal/d, supplied 10 days before finished fattening period. Samples of the *Longissimus dorsi* were taken from the 11th and 12th rib from both carcass sides. Performance traits were: initial weight (PI), final weight (PF), daily weight gain (GDP), last month weight (PUM) y daily weight gain at last month (GDPUM); from the carcass: slaughter weight (PM), hot carcass weight (PCC), dressing percentage (RC), carcass length (LC), proportion of pelvic fat (PGP) and USDA yield grade (YG); from the beef (*Longissimus dorsi*): rib eye area (AL), fat thickness (GD), bone proportion (HP), beef proportion (MP), fat proportion (GP) and tenderness (TRN), measure at four aging time (TM): 7, 14, 21 and 28 days *postmortem*. Dependent variables were analyzed by a generalized linear model using PI as covariable. PI was effective ($P<0.10$ a $P<0.01$) for PF, PM, PUM, PCC, AL, MP and GP. As blocking criteria (A) was significant ($P<0.05$ a $P<0.01$) for PF, GDP, PM, PUM, GDPUM, PCC, LC, PGP, AL and TRN. Besides, T only affected negatively to PUM y GDPUM ($P<0.01$), but while level of vitamin D₃ increased, TRN value decreased to 18.8% (T4 vs T1). Cx overcame ($P<0.01$) in 29.0% and 14.7% to Br in YG and AL, respectively. T*GR was significant ($P<0.10$ a $P<0.01$) in PF, GDP, PUM, LC, YG, GD, AL and TRN. TM improved ($P<0.05$) TRN as days increased (21.2% between day 7th and day 28th). T*TM resulted significant ($P<0.05$). It was concluded that vitamin D₃ and aging time have great effects on TRN, but little on AP and CT.

KEY WORDS: Beef cattle; vitamin D₃; performance; characteristics of the carcass; tenderness.

INTRODUCCIÓN

La terneza, sabor y jugosidad son los tres factores sensoriales principales que afectan la percepción y satisfacción del consumidor de carne bovina (Morgan y col., 1991; Savell y col., 1991; Quiel y col., 2003). De estos tres factores, la terneza de la carne bovina ha demostrado ser la más variable y la más influyente en la satisfacción del consumidor (Morgan, 1991) y de alta prioridad para resolver el problema de la disminución de su consumo (Tatum y col., 1980).

CCDH (1997); Smith y col. (2001) señalan que la terneza de la carne bovina está en función de la edad, raza, sistema de alimentación, entre otros factores. Koch y col. (1982); Whipple y col. (1990); Huffman y col. (1990) y Wheeler (1990 a, b) indican que a medida que aumenta la proporción de **Bos indicus**, la terneza de la carne disminuye. La carne bovina que se consume en Panamá proviene de animales Cebú criados y cebados en sistemas tradicionales de alimentación y manejo, por lo que su edad al sacrificio está entre los 36 a 40 meses de edad. Bajo estas condiciones, de acuerdo a Alvarez y Moreira Dos Santos (2001) se espera que los valores de terneza medidos a través del Warner-Bratzler Shear estén muy por encima de los valores de 2.27 a 3.58 kgf que califican a la carne como tierna (Boleman y col., 1997).

En Panamá no se acostumbra a madurar las canales con la finalidad de mejorar la terneza. Sin embargo, Wheeler y col., 1993; 1994; 1997 han reportado que la terneza se mejora significativamente con la maduración *postmortem*. Una vez sacrificado el animal comienza la instauración del *rigor mortis*, el cual es responsable de la rigidez calavérica de la carne. Esta instauración y duración del *rigor mortis* está en función de la caída del pH y de ciertas actividades enzimáticas. La proteólisis miofibrilar, debido a la acción de enzimas intracelulares proteasas dependientes de calcio (m-calpain y m-calpain) ha mostrado ser responsable de minimizar los efectos del *rigor mortis*. Inyecciones de soluciones de CaCl_2 24h después del sacrificio han mostrado activar el sistema de calpains y acelerar el proceso de ternezación de la carne (Koochmaraie y col., 1988, 1989 y 1990). El efecto de la vitamina D_3 sobre la terneza de la carne bovina fue primero reportado por Swanek y col. (1999). Otros reportes de Montgomery y col. (2000) y Reiling y Johnson (2003) indican que la vitamina D_3 actúa en forma similar al sistema mejorador de terneza, inducido por el calcio, lo que incrementa el valor agregado de la carne bovina. De acuerdo a Horst y Littledike (1979), la suplementación oral diaria de vitamina D_3 , previo al sacrificio, incrementa marcadamente el calcio sanguíneo por la acción del 1,25-dihidroxy-vitamina D.

Este calcio sanguíneo activa las proteasas intracelulares dependientes de calcio (m-calpaina y m-calpaina), para que ocurra la proteólisis, indicada por la presencia del componente 30-kDa (producto de la degradación de T-tropina, Huff-Lonergan y col., 1996) y, posteriormente ocurra la terneización.

Los estudios antes señalados se han realizado en bovinos *Bos taurus* (continentales y británicos) y recientemente en *Bos indicus* (Montgomery y col., 2002). Sin embargo, no hay reportes bajo condiciones tropicales utilizando animales *Bos indicus* y sus cruces con *Bos taurus*. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como propósito evaluar el efecto de la vitamina D₃ sobre las características de la canal y su efecto conjunto con la maduración sobre la terneza de la carne bovina del Brahman y sus cruces.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La fase de campo del estudio se realizó en la Estación Experimental de Gualaca del Centro de Investigación Agropecuaria del IDIAP. Esta Estación está elevada a 100 msnm con una precipitación anual de 4,200 mm y temperatura anual media de 26.3°C. El suelo es franco-arcilloso, latosólico, color rojo de origen mixto basáltico y andesítico. Posee buena estructura y drenaje, pH

de 5.0 a 5.2; MO de 5%; P de 2 mg/kg y K de 35 a 40 Cmol/kg.

Duración del estudio

Se realizaron dos cebas (A). La primera ceba (A1) inició el 4 de enero de 2002 y finalizó el 24 de abril de 2002 (110 días) y la segunda ceba (A2) comenzó el 23 agosto de 2002 y terminó el 3 de enero de 2003 (133 días). En la primera ceba, los animales se sacrificaron el 30 de abril del 2002 (6 días después). Sin embargo, en la segunda ceba, los animales se sacrificaron el 17 de enero del 2003 (14 días después).

Grupos raciales

Los animales se agruparon en: Brahman (Br) y cruzados (Cx) ($\frac{1}{2}$ Simmental + $\frac{1}{2}$ Brahman y $\frac{1}{2}$ Charolais + $\frac{1}{2}$ Brahman). Se utilizaron en total 36 animales sin castrar distribuidos en 16 animales en la primera ceba y 20 animales en la segunda ceba. El peso vivo promedio inicial fue de 374 kg.

Pasturas y manejo

La fase de alimentación se ejecutó en un área de 4.0 ha dividida en ocho cuadras. Las pasturas predominantes eran: 20% *Brachiaria decumbens*; 70% *Brachiaria humidicola* y 10% *Digitaria swazilandensis*. La rotación antes de la implementación de los ni-

veles de vitamina D₃ fue de siete días de pastoreo por 21 días de descanso. Cuando se implementaron los cuatro tratamientos (niveles de vitamina D₃) se formaron cuatro potreros, cada uno con dos cuadras y rotación alterna de cinco días de pastoreo por cinco días de descanso.

Fertilización de las pasturas

Se aplicaron dosis anuales de 60, 30 y 20 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. El nitrógeno se fraccionó en tres aplicaciones y el fósforo y potasio se aplicaron después que se estabilizaron las lluvias.

Suplementación energética proteica

Para suplir los nutrimentos diarios que la pastura no cubría y obtener una ganancia de peso vivo de acuerdo a la NRC (1976), se utilizó una mezcla líquida basada en melaza (1.022 kg BS/ 100 kg PV), harina de soya (0.182 kg BS/ 100 kg PV) y urea (0.041 kg Bs/ 100 kg PV). Se adicionaron 10 g/animal/día de Lasalocid sódico al 4%.

Promotores de crecimiento

Para acelerar el crecimiento y reducir el período de ceba, los animales se implantaron con una combinación de Estrógeno + Andrógeno al día 15 y 60 de iniciada la ceba.

Plan sanitario

Al inicio del experimento, los animales fueron desparasitados interna y externamente. Luego cada 30 días se bañaban con una solución ectoparasitocida. A los 60 días de iniciado el experimento se volvió a desparasitar internamente.

Suplementación mineral

A la mezcla líquida, se añadían 2 onz/animal/día de una mezcla mineral con 12% de Ca, 8% de P y microminerales.

Tratamientos de vitamina D₃

Se evaluaron cuatro niveles diarios por animal de vitamina D₃: T1 (0.0 x10⁶ UI de vitamina D₃); T2 (2.5 x10⁶ UI de vitamina D₃); T3 (5.0 x10⁶ UI de vitamina D₃); T4 (7.5 x10⁶ UI de vitamina D₃). Estos tratamientos se suministraron en la mezcla líquida, 10 días antes de finalizar el período de ceba, de acuerdo a Swanek y col.(1999).

Toma de la muestra de carne

Con la colaboración del matadero MACHISA, se tomaron los cortes del *Longissimus dorsi* en la 11ª y 12ª costilla de ambas medias canales. Las pruebas de análisis de las muestras cárnicas se realizaron en el Laborato-

rio de calidad de carne del CIA Occidental (David).

Tiempos de maduración

Cada corte del ***Longissimus dorsi*** se seccionó en dos muestras dando un total de cuatro muestras. Estas cuatro muestras fueron asignadas al azar a cuatro tiempos de maduración: 7, 14, 21 y 28 días *postmortem* (Wheeler y col., 1990 b).

Tipo de maduración

Se utilizó la maduración tipo húmeda que consistió en guardar las muestras en bolsas herméticas Cryovac® y se almacenaron de 1 a 0°C con humedad relativa entre 80 a 85%.

Variables dependientes

Las variables de interés (y su simbología) en el estudio se agruparon de la siguiente forma:

Características del comportamiento animal

- PI = peso vivo inicial, kg
 PF = peso vivo final de la ceba, kg
 GDP = ganancia diaria de peso (kg/d) durante el período de ceba (TC)
 GDP = (PF-PI)/TC

- PUM = peso vivo del último mes previo a la suplementación de vitamina D₃, kg
 GDPUM = ganancia diaria de peso (kg/d) en el mes donde ocurrió la suplementación de vitamina D₃.

Características del corte en la 12ª costilla, Longissimus dorsi

- REA = área del ojo del lomo, plg²
 AL = área del lomo, cm²
 FT = grosor de la grasa dorsal ajustada medida a ¾ del largo del ***L. dorsi***, plg
 GD = grosor de la grasa dorsal ajustada; medida a ¾ del largo del ***L. dorsi***, mm
 HP = porcentaje de hueso en el ***L. dorsi***
 MP = porcentaje de músculo en el ***L. dorsi***
 GP = porcentaje de grasa en el ***L. dorsi***.

Las variables dependientes HP, MP y GP fueron medidas sólo en la segunda ceba.

Características de la canal

- PM = peso en ayuno (mata-dero), kg
 PCC = peso de la canal caliente, kg
 HCW = peso de la canal caliente, lb
 RC = rendimiento en canal (%)
 RC = (PCC/PM) x 100
 LC = Largo de la canal, cm

PGP = grasa pelviana, %

PGP = relación entre el peso de la grasa pelviana (GP) y PCC
(GP/PCC) x 100

YG = grado de rendimiento de carne al detal de la cadera, lomo, costilla y paleta

Grado de rendimiento	1	2	3	4	5
% de cortes al detal	52.6-54.6	50.3-52.3	48.0-50.0	45.7-47.7	43.3-45.4

Fuente: Burson (1997)

$$YG = 2.50 + (2.50 \times FT) + (0.20 \times PGP) + (0.0038 \times HCW) - (0.32 \times REA)$$

Prueba de terneza

Se utilizó la metodología propuesta por Wheeler y col. (1990 a, b) y estandarizada según Brooks y col. (2000). Las muestras fueron descongeladas a temperatura ambiente por no menos de 24 horas. Las muestras fueron cocinadas con un asador eléctrico de chimenea abierta. Una vez las muestras alcanzaban los 40°C se voltearon y se retiraron a los 70°C. La temperatura se monitoreó con termómetro digital para carnes, el cual se colocaba en el centro geométrico de la muestra. El mínimo de espesor de cada muestra fue de 2.54 cm. Las muestras cocidas se les removió la grasa externa y tejido conectivo. Luego se envolvieron en papel aluminio y refrigerados a 4°C por lo menos 10 h. Posteriormente, seis tarugos de 1.3 cm² fueron extraídos de cada muestra. Los tarugos se obtuvieron con cortes de sacabocados paralelos a la orientación a la fibra muscular. Estos fueron colocados

perpendicularmente al pase de la cuchilla del Warner-Bratzler Shear, el cual registra la fuerza máxima (kgf) requerida para cortar al tarugo (WBS).

Análisis estadísticos de la información

Los datos del comportamiento animal en pastoreo y suplementación, características del corte en la 11^a y 12^a costilla del *Longissimus dorsi* y características de la canal se analizaron a través del siguiente modelo lineal fijo (Searle, 1971):

$$Y_{ijkm} = \mu + \beta_i(X_i - \bar{X}) + \alpha_j + \tau_j + \delta_k + (\tau \delta)_{jk} + \epsilon_{ijkm}$$

Donde, Y_{ijkm} es la variable dependiente; μ es la media general de la característica de interés; β_i es el coeficiente parcial de regresión; $(X_i - \bar{X})$ es la desviación del PI del i-avo individuo con respecto a la media; α_j es el efecto del año o bloque (A); τ_j es el

efecto de los tratamientos (T) o j-niveles de vitamina D₃ (T1, T2, T3 y T4); δ_k es el efecto de grupos raciales (GR; Br vs CX); $(\tau^*\delta)_{jk}$ es la interacción entre los tratamientos y grupos raciales y ε_{ijkmn} es el error aleatorio. Debido a que algunas variables son proporciones o índices con alto nivel de variabilidad se estableció como nivel de significancia, $\alpha = 0.10$. Se estimaron medias ajustadas y errores estándar (Harvey, 1975) y se compararon a través de pruebas de t ajustada por Bonferroni.

Para la terneza se utilizó el siguiente modelo matemático (Searle, 1971):

$$Y_{ijkmn} = \mu + \beta_i(X_i - \bar{X}) + \varphi_i + \tau_j + \delta_k + (\tau^*\varphi)_{ij} + \lambda_m + r(\lambda)_{mn} + (\tau^*\lambda)_{jm} + (\delta^*\lambda)_{im} + \varepsilon_{ijkmn}$$

Donde, Y_{ijkmn} es la variable dependiente (terneza); μ es la media general; β_i es el coeficiente parcial de regresión para la edad del animal; $(X_i - \bar{X})$ es la desviación de la edad del animal con respecto a la media; φ_i es el efecto de año; τ_j es el efecto de los tratamientos; δ_k es el efecto del grupo racial; $(\tau^*\varphi)_{ij}$ es la interacción entre los tratamientos y el grupo racial (este es el término de error para probar las hipótesis de los efectos de φ_i y δ_j); λ_m es el efecto del tiempo de maduración; $r(\lambda)_{mn}$ es el efecto de la réplica dentro del tiempo de maduración; $(\tau^*\lambda)_{jm}$ es la interacción entre los tratamientos y

tiempo de maduración; $(\delta^*\lambda)_{km}$ es la interacción entre grupo racial y tiempo de maduración y ε_{ijkmn} es el término de error aleatorio. Debido a la alta variabilidad de las características en estudio se determinó que el nivel de significancia, $\alpha = 0.10$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para determinar si los niveles de vitamina D₃ tuvieron algún efecto sobre características del comportamiento animal se ejecutó un ANAVA cuyos resultados se presentan en el Cuadro 1.

El efecto de la covarianza (Peso Inicial, PI) fue altamente significativo ($P < 0.01$) para PF, PM y PUM, pero no para GDP y GDPUM, ($P > 0.10$). Además, el efecto de año (A) fue altamente significativo ($P < 0.01$) en las cinco variables. Esto indica que al incluir la variable año como un criterio de bloque resultó ser muy efectivo al remover esa variabilidad del error experimental. Por otra parte, los efectos de T, GR y la interacción T*GR no fueron estadísticamente significativos ($P > 0.10$) para PF, GDP y PM. Esta insignificante variación relacionada a los niveles de vitamina D₃ es importante porque demuestra que usar esta vitamina no se tiene ningún efecto colateral en estas características de interés económico del comportamiento animal. Por otro lado, T resultó

CUADRO 1. CUADRADOS MEDIOS DEL ANAVA PARA CARACTERÍSTICAS DEL COMPORTAMIENTO ANIMAL.

F de V	gl	Cuadrados Medios				
		PF	GDP	PM	PUM	GDPUM
PI	1	29466.946***	0.014 ^{ns}	19346.344***	31621.56***	0.014 ^{ns}
A	1	21140.547***	0.576***	15636.118***	3410.90***	2.256**
T	3	347.985 ^{ns}	0.021 ^{ns}	717.024 ^{ns}	781.94**	0.569**
GR	1	77.234 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.009 ^{ns}	83.40 ^{ns}	0.021 ^{ns}
T*GR	3	1090.291**	0.072**	1343.725 ^{ns}	1175.10***	0.119 ^{ns}
Error	26	285.293	0.015	694.169	221.09	0.068
CV %		3.48	15.98	5.87	3.23	35.77

*** Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).** Diferencia significativa ($P < 0.05$).* Diferencia significativa ($P < 0.10$).ns= no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$).

altamente significativo para PUM y GDPUM ($P < 0.01$). Los coeficientes de variación son aceptables para el tipo de variables en estudio, principalmente para aquellas estimadas como índice o proporción.

El peso inicial (PI) promedio de los animales del T1 y T2 fue de 371.3 kg, siendo 3.2% más livianos que el promedio de los animales del T3 y T4 (Cuadro 2). Durante todo el período de ceba, la mayor GDP se obtuvo en los animales que no recibieron vitamina D₃ superando hasta en 15.7% al T3 ($P < 0.10$). Sin embargo, entre los tratamientos con vitamina D₃, el T2 superó en 9.5% al T3 y en 4.6% al T4. Debido a las mayores GDP en el T1, sus pesos finales (PF) también superaron al PF del T3 en 3,3% ($P < 0.10$), pero no al resto de los tratamientos. La mayor diferencia entre tratamientos con vita-

mina D₃ se observó entre el T2 y T3 (2.1%), aunque no resultó significativa ($P < 0.10$). Las diferencias detectadas en GDP y PF entre tratamientos no se atribuye a efectos de la vitamina D₃.

Aunque no se han reportado diferencias significativas en la GDP y PF sí existe una tendencia a obtener menores respuestas en dosis altas de vitamina D₃. Reiling y Johnson (2003) tampoco encontraron efectos significativos ($P > 0.10$) de la vitamina D₃ (5.0 x 10⁶ UI/animal/día, suministrada siete días antes del sacrificio), comparada con un control (sin vitamina D₃) sobre PF (530.0 vs 549.1 kg, con y sin vitamina D₃, respectivamente), pero en la GDP (1.545 vs 1.682 kg/d, con y sin vitamina D₃, respectivamente) la diferencia fue altamente significativa ($P < 0.01$). Scanga y col. (2001) tampoco encontraron diferencias significativas

CUADRO 2. MEDIAS AJUSTADAS PARA CARACTERÍSTICAS DEL COMPORTAMIENTO ANIMAL Y SUS ERRORES ESTÁNDAR DE LA MEDIA POR TRATAMIENTO (A).

Tratamientos	Características del comportamiento animal					
	PI g	PF g	GDP kg/d	PM g	PUM g	GDPUM, kg/d
<i>Vitamina D₃ /d:</i>						
T1: 0 x 10 ⁶ UI	372.9±12.8	490.4±6.0a	0.941±0.050a	460.0±9.3a	466.1±5.3a	0.676±0.092 b
T2: 2.5 x 10 ⁶ UI	369.7±12.8	484.7±6.0ab	0.890±0.050ab	446.1±9.3ab	449.2±5.3 b	1.033±0.092a
T3: 5.0 x 10 ⁶ UI	382.8±14.6	474.6±6.8 b	0.813±0.057 b	435.7±9.6 b	447.6±6.0 b	0.786±0.105 b
T4: 7.5 x 10 ⁶ UI	383.4±12.9	478.3±6.0 b	0.851±0.051 b	444.9±9.4ab	466.2±5.3a	0.365±0.093 c
<i>Grupo racial:</i>						
Br: Brahman	372.7± 7.4	483.6±3.4a	0.886±0.029a	446.7±5.4a	459.0±3.0a	0.688±0.053a
Cx: Cruzado	381.6±11.1	480.4±5.2a	0.861±0.044a	446.7±8.1a	455.6±4.6a	0.742±0.080a

(a) Medias seguidas de la misma letra no difieren entre si (P<0.10), según prueba de t.

($P < 0.05$) en seis niveles de vitamina D_3 evaluados (0 hasta 5×10^6 UI) encontrándose un rango de 516 a 500 kg en el PF para estos niveles.

Para detectar si la vitamina D_3 afecta el comportamiento animal durante el período en que se suministró, se tomó el peso vivo 30 días antes del peso final (PUM) y se determinó, también, la ganancia diaria de peso (GDPUM) en ese período.

De acuerdo al Cuadro 2, los animales del T1 y T4 reportaron un PUM muy similar ($P > 0.10$), siendo en promedio 3.9% más pesados al promedio de los animales del T2 y T3 ($P < 0.10$, 466.1 kg y 448.4 kg, respectivamente). Durante los últimos días en pastoreo con suplementación energética proteica, los animales del T1, diariamente ganaron (GDPUM) menos que los animales del T2 (34.5%, $P < 0.10$) y del T3 (14.0%, $P < 0.10$), pero superaron (46.0%) a los animales del T4 ($P < 0.10$). El mayor PM se encontró en el T1 (460.0 kg) superando en 3.1, 5.5 y 3.4% al T2, T3 y T4, respectivamente y está asociado a la mayor GDP encontrada.

Montgomery y col. (2002) evaluaron por 25 días *antemortem*, cuatro dosis de vitamina D_3 (0.0, 0.5, 1.0 y 5.0×10^6 UI Vitamina D_3 /animal/día suministrada en los últimos ocho días *antemortem*) en tres tipos biológicos (*Bos indicus*, *Bos taurus* continental y *Bos taurus*

británico). Estos autores encontraron que PUM y el consumo diario de alimento no fueron afectados ($P > 0.10$) por niveles de vitamina D_3 menores a 5×10^6 UI/d, pero la GDPUM fue significativamente ($P < 0.01$) reducida cuando la dosis era de 5×10^6 UI/d (1.17, 1.12, 1.02 y 0.87 kg/d, respectivamente). En un estudio previo, Scanga y col. (2001) reportaron que las ganancias diarias fueron afectadas por los niveles de vitamina D_3 . De acuerdo a los niveles evaluados (0, 1, 2, 3, 4, y 5×10^6 UI), la GDPUM durante el período de suministro de la vitamina (últimos ocho días de ceba) disminuyó en la medida que aumentaba la dosis (2.2, 1.7, 1.1, 1.0, 0.2 y -0.1 kg/d, respectivamente).

Además, en el Cuadro 2 se observa que el PI de los animales cruzados fue 2.4% más pesados ($P > 0.10$) que los Brahman, pero el PM fue 0.6% más liviano ($P > 0.10$) debido a que tuvieron más baja GDP (-2.9%, $P > 0.10$) en todo el período experimental. No existió diferencia marcada ($P > 0.10$) en el PUM entre Brahman y Cruzados (0.7%), pero se encontró una diferencia de 7.8% en la GDPUM de los Cruzados sobre los Brahman ($P < 0.10$). A pesar de que en los trabajos de Montgomery y col. (2002) y Reiling y Jonson (2003) utilizaron animales cruzados con Brahman, no se tienen reportes sobre sus comportamientos.

En los cuatro tratamientos, el PI fue superior en los animales Cruzados comparado con los Brahman, siendo la mayor diferencia observada en el T4 (7.1%); por el contrario, en el T2, los animales Brahman superaron en 6.0% a los Cruzados (Cuadro 3). Esta ligera superioridad del Brahman en el T2 se amplió a 8.1% en el PF (Cuadro 3). Por otra parte, los animales Cruzados fueron superiores en el PF y esta diferencia aumentaba a medida que el nivel de vitamina D₃ se incrementó (1.7% en el T3 y 4.1% en el T4).

Los mayores PF de los animales Cruzados en el T3 y T4 (Cuadro 3) se atribuyen a sus mayores GDP (Cuadro 3) con respecto a los Brahman (17.1% y 6.7% para T4 y T3, respectivamente). Sin embargo, la superioridad de los Brahman en el PF, también se debe al 29.4% de superioridad en la GDP de estos animales con respecto a los Cruzados.

Los pesos vivos al sacrificio (PM) que se muestran en el Cuadro 3 son pesos con 24 horas en ayuno y son los tomados en cuenta al calcular el rendimiento en canal. En los animales Cruzados, el mayor PM se observó en los animales sin vitamina D₃ (T1) superando en 7.6% al mismo tipo racial en el T2.

En los tratamientos con vitamina D₃, la tendencia fue a aumentar el PM a medida que aumentaba el nivel de

vitamina D₃. En los Brahman no se observó tal tendencia y el mayor PM se registró en el T2 con 465.9 kg, superando a los Cruzados en 8.0%; además, los Brahman del T2 fueron más pesados en 9.3% y 7.0% que los Brahman del T3 y T4, respectivamente. Además, en los niveles más altos de vitamina D₃ (Cuadro 3), los Cruzados superaron en ambos tratamientos, en PM, a los Brahman en 4.4%.

Para determinar si la suplementación de la vitamina D₃ afectaría la ganancia diaria de peso, se tomó el peso de los últimos 30 días (PUM) como referencia (Cuadro 3), observándose que la mayor diferencia entre Brahman y Cruzados fue de 8.0% favoreciendo al Brahman y de 6.1%, al Cruzado para el T2 y T4, respectivamente ($P < 0.01$). El Cuadro 3 muestra que las mayores GDPUM de los Cruzados se encontraron en el T2 y T3, superando al Brahman en 36.9% en el T3 y en 7.7% en el T2. Sin embargo, los Brahman reportaron mayor GDPUM (55.3%) que los Cruzados en el T4 ($P < 0.10$). Los niveles de vitamina D₃ de los T2 y T3 favorecieron a los animales Cruzados, encontrándose una reducción en la GDPUM en la máxima dosis evaluada.

Horst y Littledike (1979) reportaron que la suplementación diaria de vitamina D₃ incrementa el calcio sanguíneo por la acción adicional de la 1,25-dihidroxi vitamina D₃, el cual es el metabolito activo biológico. El calcio es el responsable

CUADRO 3. MEDIAS AJUSTADAS POR MÍNIMOS CUADRADOS ($\pm$ E.E.) PARA PESO VIVO INICIAL (PI), PESO VIVO EN MATADERO (PM), GANANCIA DIARIA DE PESO (GDP), PESO VIVO AL ÚLTIMO MES (PUM) Y GANANCIA DIARIA DE PESO AL ÚLTIMO MES (GDPUM) POR NIVEL DE VITAMINA

Características	T1		T2		T3		T4	
	Br	Cx	Br	Cx	Br	Cx	Br	Cx
PI, kg	364.1 $\pm$ 15.0	381.6 $\pm$ 21.1	380.5 $\pm$ 15.0	358.9 $\pm$ 21.1	376.1 $\pm$ 13.8	389.5 $\pm$ 25.7	370.3 $\pm$ 14.8	396.6 $\pm$ 21.1
PF, kg	491.6 $\pm$ 7.0	489.1 $\pm$ 9.8	503.6 $\pm$ 7.0	465.9 $\pm$ 9.9	470.6 $\pm$ 6.4	478.6 $\pm$ 12.0	468.7 $\pm$ 6.9	487.9 $\pm$ 10.0
PM, kg	458.9 $\pm$ 10.9	461.0 $\pm$ 15.3	465.9 $\pm$ 10.9	426.4 $\pm$ 15.4	426.4 $\pm$ 10.0	445.0 $\pm$ 18.7	435.4 $\pm$ 10.8	454.4 $\pm$ 16.6
GDP, kg/d	0.947 $\pm$ 0.06	0.935 $\pm$ 0.08	1.043 $\pm$ 0.06	0.737 $\pm$ 0.08	0.785 $\pm$ 0.05	0.842 $\pm$ 0.10	0.771 $\pm$ 0.06	0.930 $\pm$ 0.08
PUM, kg	457.7 $\pm$ 6.2	464.5 $\pm$ 8.6	466.6 $\pm$ 6.1	431.8 $\pm$ 8.7	448.9 $\pm$ 5.6	446.2 $\pm$ 10.6	452.5 $\pm$ 6.1	479.8 $\pm$ 8.8
GDPUM, kg/d	0.649 $\pm$ 0.11	0.704 $\pm$ 0.15	0.992 $\pm$ 0.11	1.075 $\pm$ 0.15	0.608 $\pm$ 0.10	0.964 $\pm$ 0.18	0.506 $\pm$ 0.11	0.226 $\pm$ 0.15

de la activación del sistema de enzimas proteolíticas dependientes de calcio. Este sistema está formado por tres enzimas: una que requiere baja concentración de calcio (m-calpaína), otra que requiere altas concentraciones de calcio (m-calpaína) y un inhibidor, la calpastatina. Esta última inhibe la actividad de las calpaínas. Las calpaínas son las responsables de la proteólisis y terneización del músculo indicado por la presencia del componente 30-kDa. De acuerdo a Montgomery y col. (2002) para convertir la vitamina D₃ a su metabolito final (1,25-dihidroxi vitamina D₃) toma de tres a cinco días desde el tratamiento inicial. De allí que no hay efecto en la concentración de calcio y consumo alimenticio en los primeros cinco días *antemortem*.

El PI como covariable fue muy influyente ($P < 0.01$) en el PCC, pero no tuvo efecto significativo ($P > 0.10$) sobre RC, LC, PGP y YG (Cuadro 4). Por otra parte, el año (A) afectó muy significativamente a PCC y LC, y significativamente ($P < 0.10$) a PGP; sin embargo, no tuvo efecto alguno ($P > 0.10$) sobre RC y YG. Los efectos de T y GR no fueron significativos ($P > 0.10$) en PCC, RC, LC y PGP, pero GR resultó altamente significativo en YG. La interacción entre T*GR fue significativa ($P < 0.05$) en YG y significativa ($P < 0.10$) en LC, para las otras variables no existieron discrepancias marcadas entre los GR en cada nivel de vitamina D₃. Los CV para los índices PGP y YG fueron ligeramente altos, pero aceptables, y para el resto de la variables, están dentro de los rangos de ser muy aceptables.

CUADRO 4. CUADRADOS MEDIOS DEL ANAVA PARA CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL.

F de V	gl	C M				
		PCC	RC	LC	PGP	YG
PI	1	7365.112***	1.417 ^{ns}	8.050 ^{ns}	0.025 ^{ns}	0.126 ^{ns}
A	1	4112.101***	4.215 ^{ns}	360.722***	0.253*	0.079 ^{ns}
T	3	402.79 ^{ns}	1.678 ^{ns}	14.062 ^{ns}	0.019 ^{ns}	0.314 ^{ns}
GR	1	11.19 ^{ns}	0.631 ^{ns}	0.333 ^{ns}	0.158 ^{ns}	2.814***
T*GR	3	570.02 ^{ns}	0.792 ^{ns}	26.207*	0.034 ^{ns}	1.023**
Error	26	290.95	2.868	10.697	0.082	0.290
CV, %		6.65	2.96	2.36	23.82	26.04

*** Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

** Diferencia significativa ($P < 0.05$).

* Diferencia significativa ($P < 0.10$).

ns = no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$).

El efecto promedio de los niveles de vitamina D_3 no influyeron significativamente ($P>0.10$) características como PCC, RC, LC, PGP e YG. Sin embargo, en la pruebas de medias de tratamientos, el PCC de los animales del T3 (Cuadro 5) fue 6.5% menor al reportado en los animales del T1, siendo esta diferencia estadísticamente diferente ($P<0.01$). Los animales en el nivel de vitamina D_3 evaluado en el T2 presentaron PCC muy ligeramente mayor (1.2%) comparado con los animales del T4 ($P>0.10$) y ambos tratamientos tampoco difirieron del T1 ($P>0.10$).

El trabajo de Reiling y Johnson (2003) concuerda con nuestros resultados en que los animales suplementados con vitamina D_3 presentaron canales más livianas que los no suplementados (321.8 kg y 311.8 kg, respectivamente); sin embargo, de acuerdo a Montgomery y col. (2002) los PCC de los animales con 0.5, 1.0 y 5.0 x 10^6 UI de vitamina D_3 fueron muy ligeramente más pesadas que las canales de los animales no suplementados (361.4, 358.6 y 359.1 kg vs 355.0 kg, respectivamente).

Para RC las comparaciones entre medias tampoco detectó diferencias significativas ($P>0.10$) entre tratamientos (Cuadro 5). Sin embargo, si se observó una ligera tendencia a disminuir el valor de RC en la medida que los niveles de vitamina D_3 aumenta. El RC cambia en 1.05 unidades porcentuales

al comparar cuando no se aplica vitamina D_3 a cuando se aplica 7.5 x 10^6 UI. Reiling y Johnson (2003) tampoco encontraron diferencias en RC para animales no suplementados (58.6%) y suplementados (58.8%). Similarmente, Scanga y col. (2001) también reportaron ningún efecto de la vitamina D_3 sobre RC al evaluar niveles de 0, 1, 2, 3, 4, y 5 x 10^6 UI (59.8, 60.0, 60.2, 60.1, 60.9 y 60.8%, respectivamente).

El LC y PGP son características que no estuvieron relacionadas o influenciadas ($P>0.10$) por los niveles de vitamina D_3 evaluados en este estudio (Cuadro 5). Los LC más largas se reportaron en el T4 y T3 y superaron en 1.9% y 1.8% a los LC de los animales del T1. Por otro lado, los animales del T1 fueron más obesos que los animales suplementados con vitamina D_3 . El promedio del PGP de los animales con vitamina D_3 fue 7.6% menor que el promedio de los animales sin la vitamina ($P>0.10$). Nuevamente, en esta característica, la tendencia es que a medida que aumenta el nivel de vitamina D_3 , el PGP aumenta ligeramente. Los valores encontrados en los tratamientos están aún por debajo de los estándares de mercados altamente exigentes. El PGP publicado por Reiling y Johnson (2003) es igual en los animales suplementados y no suplementados con vitamina D_3 (2.1%) y de los resultados

CUADRO 5. MEDIAS AJUSTADAS PARA CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y SUS ERRORES ESTÁNDAR DE LA MEDIA POR TRATAMIENTO (A).

Tratamientos	Características de la canal				
	PCC, kg	RC, %	LC, cm	PGP, %	YG
<i>Vitamina D₃ diaria:</i>					
T1: 0 x 10 ⁶ UI	265.83±6.03a	57.85±0.60a	136.68±1.16a	1.23±0.10a	1.84±0.22ba
T2: 2.5 x 10 ⁶ UI	255.58±6.04ab	57.27±0.60a	137.15±1.16a	1.11±0.10a	1.93±0.20ba
T3: 5.0 x 10 ⁶ UI	248.43±6.89b	56.94±0.68a	139.16±1.32a	1.15±0.12a	1.70±0.22b
T4: 7.5 x 10 ⁶ UI	252.58±6.11ab	56.80±0.61a	139.39±1.17a	1.17±0.10a	2.19±0.19 a
<i>Grupo racial:</i>					
Br: Brahman	254.98±3.47a	57.07±0.34a	137.99±0.66a	1.23±0.06a	2.24±0.11 a
Cx: Cruzado	256.23±5.27a	57.36±0.52a	138.20±1.01a	1.09±0.09a	1.59±0.18 b

(a) Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí ($P < 0.01$), según prueba de t.

de Montgomery y col. (2002), los valores de PGP son muy similares en los cuatro niveles de vitamina D₃ evaluados (1.96, 1.92, 1.87 y 1.92 % para 0, 0.5, 1.0 y 5.0 x 10⁶ UI).

Aunque el efecto promedio de los tratamientos no fue significativo para YG, la comparación de media indicó diferencias altamente significativas entre los valores promediados del T1, T2 y T4 comparado con el T3 (favoreciendo al T3 en 16.9%, Cuadro 5). Sin embargo, de acuerdo a Burson (1997), independientemente de los valores decimales del YG, los grados de acuerdo a USDA serían grado 1 para T1, T2 y T3 y grado 2 para T4. Grado 1 corresponde a un rendimiento de carne al detal esperado entre el 52.6 a 54.6%, mientras que para el grado 2 se esperaría un rango entre 50.3 a 52.3%. De los cuatro tratamientos, el T4 sería el menos favorecido. Estos valores de YG son mejores que los de Montgomery y col. (2002) quienes reportaron YG (USDA) de 2.19, 2.31, 2.38 y 2.22 para 0, 0.5, 1.0 y 5.0 x 10⁶ UI de vitamina D₃, respectivamente.

El componente genético representado en los grupos raciales no influyó significativamente ($P>0.10$) a las variables PCC, RC, LC y PGP, pero sí a las variables YG ($P<0.10$). Así en PCC, RC, LC y PGP, los animales Cruzados fueron favorecidos con respecto a los Brahman en 1.25 kg, 0.29%, 0.21 cm y -0.14%, respectivamente (Cuadro 5). Solamente en el PGP, los animales Cruzados

registraron el mayor índice, superando a los animales Brahman en 41%. Basado en estos resultados todo parece indicar que los efectos heterocíclicos actúan sobre estas características. Esta interacción génica fue observada por Wheeler y col. (1990a) al comparar cruces recíprocos entre Hereford (H) y Brahman (B). Para H x B las ventajas en PCC, RC y PGP sobre el promedio de H y B fueron de 6.6, 7.6 y 0%, respectivamente y para B x H fue 13.9, 4.9 y 24.3%, respectivamente. Huffman y col. (1990) reportaron que en animales con proporción de sangre Brahman con respecto al Angus de 50 y 75%, se observaron cambios importantes en PCC (7.3 y 10.1%), en RC (0.3 y 0.5%), en PGP (-0.1 y 0.1), pero en YG los valores fueron 3.1 para ambos grupos con el Angus de 2.8. Con estos resultados se observa que con encastes Brahman entre 50% y 75%, las canales son más pesadas, mayor rendimiento en canal, canales más largas, pero más grados de rendimientos poco deseables al comparárlas con el Angus.

El mayor PCC (Cuadro 6) en los animales Cruzados (590.9 kg) se encontró en el tratamiento sin vitamina D₃, superando a los animales Brahman en 2.0%. Solamente en el T2, los animales Brahman tuvieron 9.4% más pesadas PCC que la de los animales Cruzados, pero en la medida en que los niveles de vitamina D₃

aumentaba, así también se observaba esta tendencia en los PCC de los animales Cruzados. Los Cruzados llegaron a tener PCC 5.3% y 4.3% más pesadas que la de los Brahman en el T3 y T4, respectivamente.

Los mayores RC se registraron en los animales Cruzados de los T1, T3 y T4 (Cuadro 6). Sin vitamina D₃, los RC de los animales Cruzados fueron 1.5% superior a los de los Brahman, pero en el T3 y T4 la diferencia fue apenas de 1.2% y 0.4%, respectivamente. En los Brahman bajo suplementación con vitamina D₃ se observa una tendencia a reducirse el RC, pero en los animales Cruzados no se percibe algún tipo de tendencia.

En la Cuadro 6 se observa que en los animales Cruzados, los LC aumentaron en la dirección en que los niveles de vitamina D₃ aumentó, aunque en los Brahman la tendencia observada fue a reducirse el LC. Las diferencias en el LC entre Brahman y Cruzados fue de 3.4% en el T2, en el T4 la diferencia de 3.1% observada favoreció a los animales Cruzados. Por otra parte, la mayor diferencia en el PGP (Cuadro 6) entre Brahman y Cruzados fue de 26.6% ($P<0.10$) del T2 con 36.2%, considerándose a estos animales como ligeramente obesos. Los animales Brahman también obtuvieron mayor PGP en el T1 (12.0%) y T4 (9.8%), lo cual no es muy favo-

rable comparado con los Cruzados. Por otra parte, los valores de PGP están por debajo de lo aceptable en mercados de alta exigencia.

Los mejores rendimientos esperados de carne al detal (YG) son los de valores muy cercanos a 1.0 (52.6 a 54.6% de carne al detal, Burson, 1997). De acuerdo a la Cuadro 6, los animales Brahman no fueron muy favorecidos por los YG encontrados. Los YG de los animales Brahman estuvieron arriba del valor 2.0, el cual ubica el rendimientos al detal de carne mercadeable entre 50.3 a 52.3%, de acuerdo a Burson (1997). Sin embargo, animales Cruzados del T4 también registraron YG superiores al grado 2, pero el resto de los Cruzados en los T1, T2 y T3 están en el YG de grado 1 ó 52.6 a 54.6% de rendimiento de carne al detal.

El PI fue muy efectivo como co-variable en MP y GP ($P<0.01$) y ligeramente efectivo ($P<0.10$) en el AL al remover una buena proporción de la variabilidad de estos datos. Además, solamente para esta característica, la diferencia encontrada entre A y GR fueron altamente significativas ($P<0.01$). En otro sentido, la interacción T*GR resultó significativa al 10% en características como GD, AL y GP. El CV para GD es relativamente alto en comparación a los encontrados en las otras variables de respuestas.

CUADRO 6. MEDIAS AJUSTADAS POR MÍNIMOS CUADRADOS ($\pm$ E.E.) PARA PESO CANAL CALIENTE (PCC), RENDIMIENTO EN CANAL (RC), LARGO DE LA CANAL (LC), PROPORCIÓN DE GRASA PELVIANA (PGP) Y GRADO DE RENDIMIENTO (YG) POR NIVEL DE VITAMINA D₃ Y GRUPO RACIAL.

Características	T1		T2		T3		T4	
	Br	Cx	Br	Cx	Br	Cx	Br	Cx
PCC, kg	263.1 $\pm$ 7.1	268.6 $\pm$ 9.9	268.1 $\pm$ 7.0	243.0 $\pm$ 9.9	241.7 $\pm$ 6.5	255.2 $\pm$ 12.1	247.0 $\pm$ 7.0	258.1 $\pm$ 10.1
RC, %	57.4 $\pm$ 0.7	58.3 $\pm$ 1.0	57.6 $\pm$ 0.7	57.0 $\pm$ 1.0	56.6 $\pm$ 0.6	57.3 $\pm$ 1.2	56.7 $\pm$ 0.7	56.9 $\pm$ 1.0
LC, cm	137.4 $\pm$ 1.6	136.0 $\pm$ 1.9	139.3 $\pm$ 1.3	135.0 $\pm$ 1.9	138.1 $\pm$ 1.2	140.3 $\pm$ 2.3	137.2 $\pm$ 1.3	141.5 $\pm$ 1.9
PGP, %	1.30 $\pm$ 0.12	1.15 $\pm$ 0.16	1.28 $\pm$ 0.12	0.94 $\pm$ 0.17	1.15 $\pm$ 0.11	1.15 $\pm$ 0.20	1.22 $\pm$ 0.12	1.12 $\pm$ 0.17
YG	2.15 $\pm$ 0.15	1.61 $\pm$ 0.16	2.41 $\pm$ 0.13	1.51 $\pm$ 0.14	2.50 $\pm$ 0.14	0.96 $\pm$ 0.15	2.11 $\pm$ 0.14	2.42 $\pm$ 0.12

CUADRO 7. CUADRADOS MEDIOS DEL ANAVA PARA CARACTERÍSTICAS DEL *Longissimus dorsi*.

F de V	gl	C M		gl	C M		
		GD	AL		HP	MP	GP
PI	1	0.210 ^{ns}	277.468*	1	0.575 ^{ns}	104.867***	120.888***
A	1	0.191 ^{ns}	735.321***	-	-	-	-
T	3	0.091 ^{ns}	51.887 ^{ns}	3	2.910 ^{ns}	11.303 ^{ns}	21.923 ^{ns}
GR	1	0.156 ^{ns}	608.765***	1	10.649 ^{ns}	0.004 ^{ns}	11.044 ^{ns}
T*GR	3	0.190*	237.019*	3	4.001 ^{ns}	17.543 ^{ns}	28.497*
Error	24	0.078	87.701	11	8.567	13.009	9.907
CV, %		43.95	13.53		14.62	5.89	16.75

*** Diferencia altamente significativa (P<0.01).

* Diferencia significativa (P<0.10).

ns = no hubo diferencia significativa (P>0.05).

A mayor cantidad de vitamina D₃ se produjo mayor cantidad de grasa dorsal (GD). Los animales de T4 presentaron la más gruesa GD en comparación con los otros tres tratamientos (Cuadro 8), siendo estadísticamente ($P < 0.10$) superior la diferencia con el T2 (45.7%), pero no así con el T1 (44.8%) y T3 (36.7%). Sin embargo, todos los valores están dentro de lo aceptado por mercados de alta exigencias. Los resultados de Reiling y Johnson (2003) tampoco muestran efecto de la vitamina D₃ sobre la GD, con valores de 10.9 y 10.7 mm para animales sin y con suplementación de vitamina D₃ (5×10^6 UI), respectivamente. Además, en el presente estudio se encontró que con el mayor nivel de Vitamina D₃ (T4), el AL fue menor, pero muy similar a AL del T2 y que el AL del T1 también es muy similar al AL del T3. Estos datos indican que no existe relación entre los niveles de vitamina D₃ con el AL. Similar respuesta encontraron Montgomery y col. (2002) cuyos animales presentaron valores de AL de 86.3, 86.6, 86.6 y 88.2 cm² para niveles de vitamina D₃ de 0, 0.5, 1.0 y 5.0×10^6 UI, respectivamente. Sin embargo, Reiling y Johnson (2003) reportan efectos altamente no significativos ($P < 0.01$) de la vitamina D₃ sobre AL y los valores encontrados fueron de 78.1 y 74.8 cm², sin y con suplementación de vitamina D₃ (5×10^6 UI), respectivamente.

La GD fue 10.7% menos gruesa ($P > 0.10$) en los animales Cruzados (Cuadro 8) comparada con los animales Brahman, pero el AL fue 12.8% mayor ($P < 0.10$) en los animales Cruzados. Ambas características son determinantes en estimar el grado de producción (YG), prefiriéndose menor GD y mayor AL. Wheeler y col. (1990a) los animales cruzados H x B y B x H superaron a animales puros Hereford (H) y Brahman (B) en 2.8 y 19.8% en GD y 7.6% y 4.9% en AL, respectivamente. De acuerdo a Huffman y col. (1990), mayor GD se encontró en cruces con 50 a 75% Brahman (12.1 y 12.0 mm, respectivamente) comparado con animales puros Angus (GD de 11.8 mm). Además en AL, los animales Angus y 75% Brahman fueron muy similares en AL (74.9 y 75.0 cm², respectivamente), mientras que en animales 50%, el AL fue menor (73.1 cm²).

Por otra parte, en el Cuadro 8 se observa que los animales del T1 presentaron las menores proporciones de hueso (HP) con 18.3% y músculo (MP) con 58.5%, pero la más alta proporción de grasa (GP) con 23.2%; sin embargo en los animales del T2 se encontró menor proporción de GD (17.0%), intermedia HP (20.0%), pero la más favorable MP (63.0%). De acuerdo a estas cifras, los altos niveles de vitamina D₃ no afecta la proporción de músculo (MP) en el *Longissimus dorsi*, pero se observó una muy ligera

CUADRO 8. MEDIAS AJUSTADAS PARA CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y SUS ERRORES ESTÁNDAR DE LA MEDIA POR TRATAMIENTO (A).

Tratamientos	Características del <i>Longissimus dorsi</i>				
	GD, mm	AL, cm ²	HP, %	MP, %	GP, %
<i>Vitamina D₃ diaria:</i>					
T1: 0 x 10 ⁶ UI	5.15±1.14 a	72.77±3.84 a	18.33±1.74 a	58.47±2.14 a	23.19±1.87 a
T2: 2.5 x 10 ⁶ UI	5.12±1.02 a	68.93±3.44 a	19.99±1.67 a	63.04±2.06 a	16.97±1.80 a
T3: 5.0 x 10 ⁶ UI	5.58±1.13 a	73.65±3.80 a	20.59±1.74 a	61.02±2.14 a	18.38±1.86 a
T4: 7.5 x 10 ⁶ UI	7.46±1.00 b	68.12±3.37 a	19.46±1.36 a	62.06±1.67 a	18.48±1.46 a
<i>Grupo racial:</i>					
Br: Brahman	6.60±0.59 a	66.03±1.98 a	20.66±0.81 a	61.17±1.00 a	18.17±0.87 a
Cx: Cruzado	5.06±0.92 a	75.70±3.07 b	18.53±1.59 a	61.13±1.96 a	20.34±1.71 a

(a) Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí ($P>0.10$), según prueba de t.

disminución en la proporción de grasa (GP).

El aspecto genético no se reveló en características como HP, MP y GP (Cuadro 8). Sin embargo, a pesar que los animales Cruzados no difirieron en MP con los Brahman, registraron menor HP (-11.5%), pero mayor GP (10.7%) esto relacionado a su mayor grosor de GD.

El Cuadro 9 muestra que la menor GD en los animales Cruzados se observaron en el T2 y T3, pero la mayor GD se registró en el T4 con 7.9 mm. Esta tendencia en los animales Cruzados no revela un efecto de los niveles de vitamina D₃ sobre la GD. Sin embargo, en los animales Brahman, del T1 al T3 (8.1 mm) se observa una tendencia lineal de la GD sobre la vitamina D3 para luego en el T4 caer a un nivel similar al T3.

En ninguno de los dos grupos raciales, la vitamina D₃ mostró algún tipo de tendencia (Cuadro 9). En los animales Cruzados, la menor GD en el T3 coincide con el mayor AL (86.3 cm²) superando al Brahman en 30.0%.

El corte del *Longissimus dorsi* entre la 11ª y 12ª costilla es utilizada para predecir YG y dar un estimado de la proporción de hueso, músculo y grasa de la canal. Los niveles de vitamina D₃ no influyeron significativamente en HP, MP y GP. El Cuadro

9 muestra que los animales Brahman registraron mayor HP en los cuatro niveles de vitamina D₃ evaluados. La mayor discrepancia entre los grupos raciales se encontró en el T4, superando el Brahman (HP de 21.6%) al Cruzado en 20.3%.

En el Cuadro 9, el mayor MP se observó en el Cruzado con el T2 (MP de 66.2%) superando al Brahman en 9.7%. Por otro lado, el mayor MP en los Brahman se detectó en el T1 (61.5%) superando al Cruzado en 9.9%. El mayor porcentaje de grasa (GP) se ha reflejado en los animales Cruzados, exceptuando lo observado en el T2. En el T1, los Cruzados superaron en 34.3% a los Brahman, pero éstos reportaron 30.8% más de GP que los Cruzados (Cuadro 9) en el T2.

Los cuadrados medios del análisis de varianza de la terneza de la muestra del *Longissimus dorsi* se presenta en el Cuadro 10.

La edad como covarianza tuvo un efecto altamente significativo (Cuadro 10), al igual que el efecto de año (A) de la actividad (P<0.05); sin embargo, los niveles de vitamina D₃ (T) y su interacción (T*GR) mostraron un efecto significativo al 10 y 5% sobre la terneza, respectivamente. Los GR no presentaron un efecto significativo (P>0.10) sobre la terneza, pero el TM y su interacción con los grupos raciales (TRT*TM) fueron significativos (P<0.05).

CUADRO 9. MEDIAS AJUSTADAS POR MÍNIMOS CUADRADOS ($\pm$ E.E.) PARA GRASA DORSAL (GD), ÁREA DEL LOMO (AL), PORCENTAJE DEL HUESO (HP), PORCENTAJE DE MÚSCULO (MP) Y PORCENTAJE DE GRASA (GP) DEL CORTE DEL *Longissimus dorsi* EN LA 12ª COSTILLA POR NIVEL DE VITAMINA D₃ Y GRUPO RACIAL.

Características	T1		T2		T3		T4	
	Br	Cx	Br	Cx	Br	Cx	Br	Cx
GD mm	4.19 $\pm$ 1.16	6.12 $\pm$ 2.0	7.07 $\pm$ 1.28	3.17 $\pm$ 1.63	8.11 $\pm$ 1.06	3.06 $\pm$ 1.99	7.04 $\pm$ 1.140	7.88 $\pm$ 1.66
AL cm ²	66.88 $\pm$ 3.89	78.66 $\pm$ 6.67	67.62 $\pm$ 4.31	70.23 $\pm$ 5.47	60.94 $\pm$ 3.55	86.35 $\pm$ 3.68	68.69 $\pm$ 3.82	67.56 $\pm$ 5.57
HP, %	20.1 $\pm$ 1.5	16.6 $\pm$ 3.3	20.1 $\pm$ 1.5	19.9 $\pm$ 3.0	20.8 $\pm$ 1.5	20.4 $\pm$ 3.2	21.7 $\pm$ 1.7	17.3 $\pm$ 2.2
MP, %	61.5 $\pm$ 1.9	55.4 $\pm$ 4.1	59.8 $\pm$ 1.8	66.2 $\pm$ 3.6	61.6 $\pm$ 1.8	60.5 $\pm$ 3.9	61.7 $\pm$ 2.1	62.4 $\pm$ 2.8
GP, %	18.4 $\pm$ 1.6	28.0 $\pm$ 3.6	20.1 $\pm$ 3.9	13.9 $\pm$ 3.2	17.6 $\pm$ 1.6	19.1 $\pm$ 3.4	16.6 $\pm$ 1.9	20.3 $\pm$ 2.4

CUADRO 10. CUADRADOS MEDIOS DEL ANAVA DE LA TERNEZA.

F de V	gl	CM
Edad	1	46.15**
A	1	14.16**
T	3	17.11*
GR	1	0.12ns
T*GR	3	9.88**
TM	3	35.39**
Rep(TM)	16	1.05ns
TRT*TM	9	6.13**
GR*TM	3	3.61ns
Error	634	1.98
Total	674	—
CV, %		34.41

*** Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

** Diferencia significativa ($P < 0.05$).

* Diferencia significativa ($P < 0.10$).

ns = no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$).

La interacción T*GR es el término de error para probar las hipótesis de T y GR.

Rep(TM) es el término de error para probar la hipótesis de TM.

La interacción GR*TM no mostró significancia alguna ($P > 0.10$) sobre la terneza.

De acuerdo al Cuadro 11, a medida que aumentaba el nivel de vitamina D_3 , el nivel de terneza mejoró en un 18.8% al pasar de 0 a 7.5×10^6 UI ($P < 0.10$). Comparando 0 y 5×10^6 UI de vitamina D_3 suministrado siete días *antemortem*, Swanek y col. (1999) también encontraron mejorar la terneza de la carne bovina al reducir el valor TRN en 0.58 kgf al día 7 de maduración. De acuerdo a Reiling y Johnson (2003), suplir 5×10^6 UI de vitamina D_3 versus un testigo no mejoró

la terneza ya que encontraron valores TRN similares de 3.8 kgf y 3.75 kgf para ambos tratamientos. Montgomery y col. (2002) encontraron que al aumentarse la concentración de vitamina D_3 , los valores TRN disminuían hasta un 15.2% (5.19 kgf sin vitamina D_3 versus 4.40 kgf con 5×10^6 UI). Previamente, Montgomery y col. (2002) obtuvieron valores TRN menores, 3.38, 3.00 y 2.96 kgf, pero similar tendencia en la respuesta al evaluar 0, 5 y 7.5×10^6 UI de vitamina D_3 , respectivamente. Otros autores como UNL (1999); Rider y col. (2000); Morgan y Hill (2000); también han reportado efectos significativos de niveles de vitamina D_3 , tiempos de

CUADRO 11. MEDIAS AJUSTADAS PARA LA TERNEZA DE LA CARNE Y SUS ERRORES ESTÁNDAR DE LA MEDIA POR NIVEL DE T, GR Y TM (A).

	T1: 0.0×10^6 UI	T2: 2.5×10^6 UI	T3: 5.0×10^6 UI	T4: 7.2×10^6 UI
<i>Vitamina D₃/día</i>	4.42±0.29 a	4.19±0.29ab	4.04±0.29ab	3.59±0.25 b
<i>Grupo Racial</i>	Brahman 4.05±0.14 a	Cruzados 4.08±0.24 a		
<i>Tiempo maduración</i>	7 días 4.57±0.09 a	14 días 4.45±0.09 a	21 días 3.63±0.09 b	28 días 3.60±0.09 b

(a) Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí ($P < 0.01$), según prueba de t.

maduración y periodos de suplementación *antemortem* iguales a los evaluados en este estudio. Por el contrario, Berry y col. (2000) y Scanga y col. (2001) no encontraron efecto de la vitamina D₃ sobre el mejoramiento de la terneza. El primer grupo de investigadores compararon 6 x 10⁶ UI vitamina D₃ por cinco días *antemortem* (VIT) contra un control (C) y con maduración de siete días, los valores TRN fueron 4.05 y 4.36 kgf, para C y VIT, respectivamente. En el segundo grupo de investigadores, se compraron dosis igualmente espaciadas de 1 a 5 x 10⁶ UI suministrada siete días *antemortem* contra un control y maduración de siete días. Los valores TRN fueron 4.64, 4.96, 4.87, 5.11 y 5.16 kgf versus 4.91 kgf, respectivamente. Berry y col. (2000) sostienen que probablemente debido a la reducción en el consumo alimenticio durante el periodo de suministro de la vitamina D₃, se encontró un consumo de los 4.8 x 10⁶ UI de vitamina D₃ y, en vez del previsto nivel de 6 x 10⁶ UI. Esto pudo afectar el nivel de calcio muscular almacenado, necesario para activar las enzimas proteolíticas.

Además, de acuerdo al Cuadro 11, no existió diferencia en los valores de terneza entre los grupos raciales (P>0.10). De acuerdo a Johnson y col. (1990), los TRN aumentaron en relación a la proporción de Brahman en el animal. Para animales Angus el TRN fue de 4.0 kgf aumentando en 2.5, 7.5 y

30% cuando el encaste de Brahman fue de 25, 50 y 75%, respectivamente. El cruce Hereford x Brahman (H x B) fue 4.4% más tierno que el Hereford, pero 36.7% que el Brahman, sin embargo el cruce Brahman x Hereford (B x H) fue 3.8% menos tierno que el Hereford, pero 25.9% más tierno que el Brahman (Wheeler y col., 1990a). Los valores TRN de Hereford y Brahman fueron 4.01 y 5.25 kgf, respectivamente.

En el presente estudio (Cuadro 11) se encontró que al aumentar el tiempo de maduración, la terneza mejoró significativamente (P<0.01) en 2.6%, 20.6% y 21.2% a los 14, 21 y 28 días al compararla con los siete días de maduración (4.57 kgf). Wheeler y col. (1990a) habían reportado esta disminución en 19.1, 26.7 y 28.2% al madurar la muestra cárnica por 14, 21 y 28 días comparado con siete días de maduración (5.17 kgf). De acuerdo a Montgomery y col. (2002), los valores WBS disminuyeron al comparar la maduración a los tres días *postmortem* (3.29 kgf) con maduraciones a los 7, 14 y 21 días (4.6, 10.6 y 5.8%, respectivamente). En estudio reciente, Scanga y col. (2001) también encontraron un mayor efecto de la maduración sobre la terneza al comparar maduraciones a los 2, 7, 14 y 21 días, obteniéndose valores de TRN de 6.1, 5.0, 4.6 y 4.0 kgf, respectivamente. Reiling y Johnson (2003) reportaron que al madurar la carne de cinco a 14 días el valor TRN disminuyó en 5.8% cuando no se adicionó vitamina

D₃ y en 8.1% cuando se suplementó con 5×10^6 UI.

De acuerdo al Cuadro 12, la carne de los animales Cruzados alcanzaron el menor grado de terneza (3.89 kgf) con el T2, siendo 17.9% más tierna que la carne de los animales Brahman. Sin embargo, la carne de los animales Brahman alcanzó su mejor nivel de terneza en el T4 con 3.26 kgf. Tomando en consideración el TM (Cuadro 12), la carne de los animales Cruzados (3.56 kgf) y Brahman (3.60 kgf) fueron más tiernas a los 21 días de maduración favoreciéndose la carne de los Cruzados (3.56 kgf).

En los cuatro TM evaluados se observó (Cuadro 12) que a medida que aumentaba el nivel de vitamina D₃, el grado de terneza mejoraba, siendo más marcado en el día 21 de maduración, comparado con el día 7, para tratamientos como T4 (29.7%) y T3 (27.5%). Para el tratamiento control (T1) y T2, el menor valor TRN se alcanzó a los 28 días de maduración con 16.2% y 29.3%, respectivamente al compararlo con el día 7. Tendencias similares también las reportaron Montgomery y col. (2002) previamente, pero con niveles de vitamina D₃ de 5.0 y 7.5×10^6 UI y tiempo de maduración de 14 días (10.0 y 12.3%, respectivamente); además, el tratamiento testigo mejoró su valor TRN en 9.2%. Sin embargo, Scanga y col. (2001) observaron que los menores valores TRN se alcanzaron a los 21 días de

maduración comparada con el día 2 de maduración, mejorándose la terneza en 35.0, 32.2, 32.6, 34.4, y 26.8% para los tratamientos con 1, 2, 3, 4 y 5×10^6 UI vitamina D₃, respectivamente. Para el grupo sin vitamina D₃, la maduración mejoró el valor TRN en 34.9%, el cual los llevó a la conclusión de que no encontraron efectos significativos entre niveles de la vitamina D₃, pero sí del tiempo de maduración. Sin embargo, posteriormente, Montgomery y col. (2002) encontraron valores menores de TRN en dosis de 0.5, 1.0 y 5.0×10^6 UI de vitamina D₃ a los 14 días de maduración (4.04, 3.99 y 4.21 kgf, respectivamente) superando al día 3 de maduración en 21.6, 16.2 y 11.6%, respectivamente. En el grupo sin vitamina D₃, el valor TRN disminuyó en 9.0% al día 14 de maduración.

En general, la suplementación con vitamina D₃ es una alternativa biológicamente factible de implementar por la industria de carne bovina para mejorar la terneza de la carne del ganado Brahman (Cebuínos) y sus cruces, pero se debe tener en cuenta dos hechos reportados en la literatura: el primero, encontrado también en el presente estudio, disminución del comportamiento en el periodo donde se suministró la vitamina D₃ (10 últimos días) y el segundo, la posibilidad de un aumento de residuos en los músculos (no se pudo demostrar en este trabajo). Por lo tanto, tomando

CUADRO 12. MEDIAS AJUSTADAS POR MÍNIMOS CUADRADOS ($\pm$ E.E.) PARA LA TERNEZA DEL *Longissimus dorsi* POR NIVEL DE VITAMINA D₃, MADURACIÓN Y GRUPO RACIAL.

Grupo Racial	Niveles de vitamina D ₃			
	T1	T2	T3	T4
Brahman; Br	4.51 $\pm$ 0.13	4.48 $\pm$ 0.13	3.93 $\pm$ 0.12	3.26 $\pm$ 0.13
Cruzados, Cx	4.33 $\pm$ 0.22	3.89 $\pm$ 0.22	4.15 $\pm$ 0.22	3.93 $\pm$ 0.18
Grupo Racial	Tiempo de maduración			
	7 días	14 días	21 días	28 días
Brahman, Br	4.36 $\pm$ 0.13	4.62 $\pm$ 0.13	3.69 $\pm$ 0.13	3.51 $\pm$ 0.13
Cruzados, Cx	4.77 $\pm$ 0.21	4.28 $\pm$ 0.21	3.56 $\pm$ 0.21	3.69 $\pm$ 0.21
Niveles de Vitamina D₃	Tiempo de maduración			
	7 días	14 días	21 días	28 días
T1	4.69 $\pm$ 0.24	4.89 $\pm$ 0.24	4.20 $\pm$ 0.24	3.98 $\pm$ 0.24
T2	5.08 $\pm$ 0.24	3.98 $\pm$ 0.24	4.16 $\pm$ 0.24	3.59 $\pm$ 0.24
T3	4.48 $\pm$ 0.23	4.88 $\pm$ 0.23	3.25 $\pm$ 0.23	3.55 $\pm$ 0.24
T4	4.01 $\pm$ 0.22	4.06 $\pm$ 0.22	2.89 $\pm$ 0.22	3.41 $\pm$ 0.22

como base esta experiencia y la literatura, todo parece indicar que el siguiente estudio bajo condiciones similares del experimento y grupos raciales sería a través de dosis bajas entre 0.5 a 2.5×10^6 UI de vitamina D₃ por siete días consecutivos buscando nuevamente como objetivo mejorar la terneza y sin afectar el comportamiento del animal y residuos en tejidos.

CONCLUSIONES

Del presente estudio y bajo las condiciones en que se ejecutó se derivan las siguientes conclusiones:

- * La terneza se puede mejorar a través de la vitamina D₃ sin afectar negativamente características de importancia económica de la canal.
- * Mayores niveles de vitamina D₃ afectan el comportamiento animal *antemortem* en el período en que es suministrada.
- * Los grupos raciales fueron igualmente afectados por los tratamientos de vitamina D₃.
- * La maduración *postmortem* del músculo es un importante factor mejorador de la terneza y afectó el valor TRN de los grupos raciales por igual.
- * A mayores niveles de vitamina D₃ y tiempo de maduración, mayores

son los efectos sobre la terneza de la carne bovina.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ, M.I.; DOS SANTOS MOREIRA, W.L. 1998. Evaluación de la terneza del bife angosto (músculo *Longissimus dorsi*) de bovinos machos castrados mestizos Nelore. Facultad de Ciencias veterinarias-UNNE. Corrientes, Argentina. Escuela Veterinaria-UFMG. Belo Horizonte, MG, Brasil. 3 p. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/cyt/2001/4-veterinarias/v-026.pdf>.
- BERRY, B.A.; GILL, D.R.; BALL, R. 2000. Effects of feeding vitamin D on feedlot performance, carcass traits, and meat tenderness of finishing steers. 2000 Animal Science Research Report. Oklahoma State University. Department of Animal Science. pp. 98-103.
- BOLEMAN, S. J.; BOLEMAN, S. L.; MILLER, R.K.; TAYLOR, J.F.; CROSS, H.R.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAI, M.; SHACKELFORD, S.D.; MILLER, M.F.; WEST, R.L.; JOHNSON, D.D.; SAVELL, J.W. 1997. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. Journal of Animal Science 75: 1521-1524.

- BROOKS, J.C.; BELEW, J.B.; GRIFFIN, D.B.; GWARTNEY, B.L.; HALE, D.S.; HENNING, W.R.; JOHNSON, D.D.; MORGAN, J.B.; PARRISH, F.C.; REAGAN, J.O.; SAVELL, J.W. 2000. National beef tenderness survey -1998. *Journal of Animal Science* 78: 1852-1860.
- BURSON, D.E. 1997. Quality and yield grades for beef carcasses. North Central Regional Publication #357. Extension Service of Illinois, Kansas, Nebraska, North Dakota and Wisconsin. University of Nebraska, Lincoln, NE. USA. 7 p.
- CENTRO DE CONSIGNATARIOS DIRECTOS DE HACIENDA (CCDH). 1997. Evaluación integral de calidad de carne bovina. CCDH-AACREA-INTA-JNC. Del Campo al gancho. Buenos Aires, Argentina. 31 p.
- HARVEY, W.R. 1975. Least squares analysis of data with unequal subclass numbers. USDA Report ARS H-4. 78 p.
- HORST, R.L.; LITTLEDIKE, E.T. 1979. Assay for vitamin D₂ and vitamin D₃ in plasma of dairy cows: Changes after massive dosing of vitamin D₃. *Journal of Dairy Science* 62: 1746-1751.
- HUFF-LONERGAN, E.; MITSUHASHI, T.; BEEKMAN, D.D.; PARRISH Jr., F.C.; OLSON, D.G.; ROBSON, R.M. 1996. Proteolysis of specific muscle structural proteins by m-calpain at low pH and temperature is similar to degradation in post-mortem bovine muscle. *Journal of Animal Science* 74: 993 -1008.
- HUFFMAN, R.D.; WILLIAMS, S.E.; HARGROVER, D.D.; JOHNSON, D.D.; MARSHALL, T.T. 1990. Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding, and slaughter end point on feedlot performance and carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 68: 2243-2252.
- KOCH, R.M.; DIKEMAN, M.E.; SEIDEMAN, S.C. 1982. Characterization of biological types of cattle (Cycle III). III. Carcass composition, quality and palatability. *Journal of Animal Science* 54: 35-46.
- KOOHMARAIE, M.; BABIKER, A.S.; SCHROEDER, A.L.; MERKEL, R.A.; DUTSON, T.R. 1988. Acceleration of postmortem tenderization process of ovine carcass through activation of Ca⁺² dependent proteases. *Journal of Food Science* 53: 1638 -1641.
- KOOHMARAIE, M.; CROUSE, J.D.; MERSMANN, H.J. 1989. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through of infusion of calcium chloride:

- rization process of ovine carcass through activation of Ca^{+2} dependent proteases. *Journal of Food Science* 53: 1638-1641.
- KOOHMARAIE, M.; CROUSE, J.D.; MERSMANN, H.J. 1989. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through infusion of calcium chloride: Effect of concentration and ionic strength. *Journal of Animal Science* 67: 934-942.
- KOOHMARAIE, M.; WHIPPLE, G.; CROUSE, J.D. 1990. Acceleration of postmortem tenderization in lamb and Brahman-cross beef carcasses through infusion of calcium chloride. *Journal of Animal Science* 68: 1278-1283.
- MONTGOMERY, J.L.; PARRISH Jr, F.C.; BEITZ, D.C.; HORST, R.L.; HUFF-LONERGAN, E.F.; TRENLKE, A.H. 2000. The use of vitamin D_3 to improve beef tenderness. *Journal of Animal Science* 78: 2615-2621.
- MONTGOMERY, J.L.; MILLER, M.F.; BLANTON Jr, J.T.; HORST, R.L. 2002. Using vitamin D_3 to improve beef tenderness in three different breed types. Final Report. Texas A & M University. Texas, USA. 25 p.
- MORGAN, J.B.; SAVELL, J.W.; HALE, D.S.; MILLER, R.K.; GRIFFIN, D.B.; CROSS, H.R.; SHACKELFORD, D.S. 1991. National beef tenderness survey. *Journal of Animal Science* 69: 3274-3283.
- MORGAN, J.B.; HILL, D.R. 2000. Influencing beef tenderness through manipulation of calcium metabolism with vitamin D. *Journal of Animal Science* 78: 23. Supplement 1/ *Journal of Dairy Science* 83: 23. Supplement 1. (Abstract).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1976. Nutrient requirements of beef cattle. National Academy of Science. 5th ed. Washington, DC. USA. 34 p.
- QUIEL, R.A.; GUERRA M., P.; CHACÓN, O. 2003. Resultados de la encuesta nacional sobre demandas, preferencias y limitaciones de los consumidores de carne bovina en Panamá. *En Conferencias del 1er Expo Carne y Expo Rural*. Centro de Convenciones Atlapa. Panamá, Panamá. (Comunicación personal).
- REILING, B; JOHNSON, D. 2003. Effect of implant regiment and vitamin D_3 on fresh beef color and quality. *In* 2003 Florida Beef Report. Beef products. Chapter 2. Department of Animal Science. University of Florida. Gainesville, FL. USA. 6 p. Disponible en: <http://www.animal.ufl.edu/extension/>

beef/documents/BCRep.../BeefProducts-Chapter2.html.

RIDER, N.C.; MIKEL, W.B.; BEHREND, J.M.; SCALETTI, R.W.; XIONG, Y.L.; AARON, D.K. 2000. Effects of dietary vitamin D₃ supplementation of cull cows on *longissimus* and semitendinosus muscle tenderness. *Journal of Animal Science* 78: 16. Supplement 2. (Abstract).

SCANGA, J.A.; BELK, K.E.; TATUM, J.D.; SMITH, G.C. 2001. Supranutritional oral supplementation with vitamin D and calcium, and the effects on³ beef tenderness. *Journal of Animal Science* 79: 912-918.

SAVELL, J.W. 1991. Standardized Warner-Bratzler Shear force procedures for genetic evaluation. 6 p. Disponible en: <http://www.savell-j.tamu.edu/shearstand.html>.

SEARLE, S.R. 1971. Linear models. John Wiley & Sons. New York, USA. 317 p.

SMITH, G.C.; J.D. TATUM; K.E. BELK; M.H. GEORGE; G.G. HILTON; M. KOOHMARAIE; R.K. MILLER. 2001. evaluation of the Tendertec Beef Grading Instrument to predict tenderness of steaks from beef carcasses. *Journal of Animal Science* 79: 688 - 697.

SWANEK, S.S.; J.B. MORGAN; F.N. OWENS; D.R. GILL; C.A. STRASIA; H.G. DOLEZAL; F.K. RAY. 1999. Vitamin D supplementation of beef³ steers increases *Longissimus* tenderness. *Journal of Animal Science* 77: 874-881.

TATUM, J.D.; SMITH, G.C.; BERRY, B.W.; MURPHEY, C.E.; WILLIAMS, F.L.; CARPENTER, Z.L. 1980. Carcass characteristics, time on feed and cooked beef palatability attributes. *Journal of Animal Science* 50: 833-840.

UNIVERSITY OF NEBRASKA LINCOLN (UNL). 1999. Vitamin D supplementation improves beef tenderness. Nebraska Veterinary and Biomedical Newsletter. University of Nebraska-Lincoln Cooperative Extension 28 (10). 1 p. (Abstract). Disponible en: http://www.ag.unr.edu/AHB/articles/1999/11/99_art3_week3.htm. (24-3-2001).

WHEELER, T.L.; SAVELL, J.W.; CROSS, H.R.; HUNT, D.K.; SMITH, S.B. 1990a. Effect of postmortem treatments on the tenderness of meat from Hereford, Brahman and Brahman-cross beef cattle. *Journal of Animal Science* 68: 3677-3686.

- WHEELER, T.L.; SAVELL, J.W.; CROSS, H.R.; HUNT, D.K.; SMITH, S.B. 1990b. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Herdford cattle. *Journal of Animal Science* 68: 4206-4220.
- WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; LANDSDELL, J.L.; SIRAGUSA, G.R.; MILLER, M.F. 1993. Effects of *postmortem* injection time, injection level, and concentration of calcium chloride on beef quality traits. *Journal of Animal Science* 71: 2965-2974.
- WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D. 1994. Reducing inconsistent beef tenderness with calcium-activated tenderization. In *Proc. Meat Industrial Research Conference*. pp. 119-130. Chicago, IL. USA.
- WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D. 1997. Effect of *postmortem* injection time and postinjection aging time on the calcium-activated tenderization process in beef. *Journal of Animal Science* 75: 2652-2660.
- WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M.E.; CROUSE, J.D.; HUNT, M.C.; KLEEM, R.D. 1990. Evaluation of attributes that affect *Longissimus* muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science* 68: 2716-2728.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la excelente colaboración brindada por el gerente Ing. Alfredo De La Guardia, personal directivo, administrativo y de planta del Matadero de Chiriquí (MACHISA); sin esta ayuda este estudio no hubiera sido posible realizarlo tal como fue programado.

Agradecemos igualmente al Ing. Noboru Mori (Voluntario japonés, JICA) y Téc. Milagros De Gracia por las colaboraciones desinteresadas que nos brindaron al inicio del proyecto.

**PRODUCCIÓN DE CARNE BLANCA CON TERNEROS MACHOS
DE LECHE A BASE DE LECHE SUSTITUTO.
CHIRIQUÍ, PANAMÁ. 2003.**

**José Almillátegui C.¹; Eliut Santamaría²; Odenís Troetsch²;
Alexis Carreño²**

RESUMEN

El trabajo se desarrolló en finca de productor a 1,100 msnm durante 120 días. El objetivo fue evaluar la factibilidad bioeconómica de la ceba de machos de leche para producción de carne blanca con un sustituto lácteo (SL) comercial, usando dos concentraciones del SL y la adición de un probiótico. Donde, T1 (0.110 kg SL/lit H₂O) y T2 (0.125 kg SL/lit H₂O + 7.0 g del probiótico/animal/día). Ocho terneros machos de la raza Holstein o cruzados (3/4 Holstein x 1/4 Pardo Suizo) fueron distribuidos al azar (4 animales/tratamiento). Los terneros ingresaron a cada tratamiento con edades entre 2.4 (T1) a 3.5 (T2) semanas y se sacrificaron a los 18.1 (T1) y 18.3 (T2) semanas. Se efectuaron pesos cada 7 días, se determinó la ganancia diaria de peso (GDP), el consumo de leche (kg/animal/día) y se registraron los gastos e inversiones para la evaluación económica. El análisis indicó que no se observó diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos. La GDP fue 0.413 y 0.588 kg/animal/día (T2 fue 42% superior a T1). El SL cubrió un 79 y 109% del requerimiento proteico de los animales para T1 y T2, respectivamente. El requerimiento total de energía cubrió un 89 y 97% para T1 y T2, respectivamente. La producción total de carne durante el período fue 47.3 y 64.0 kg/animal para T1 y T2, respectivamente. La GDP se incrementó desde la 10ª semana diferenciando claramente dos etapas, las cuales se diferenciaron ($P<0.01$) para cada tratamiento. En la etapa inicial (EI) la GDP fue de 0.291 y 0.389 kg/animal/día, para T1 y T2, respectivamente. En la etapa final (EF), la GDP fue 0.546 y 0.808 kg/an/día, para T1 y T2, respectivamente. El consumo promedio de leche en la (EI) fue 0.51 y 2.8 kg/animal/día, para T1 y T2, respectivamente. El consumo promedio de leche en la (EF) fue 0.67 y 3.86 kg/an/día, para T1 y T2, respectivamente. La eficiencia de alimentación, en promedio, para ambos tratamientos (T1 y T2) fue de 4.6 kg de leche (en polvo) por cada 1.0 kg de carne ganada, la cual se considera como baja. Lo anterior se atribuye a la calidad de la proteína utilizada en la fabricación del SL. El análisis de costos por tratamiento indicó que la rentabilidad en T2 fue de 27.7% y para T1 de 18% con un ingreso neto de B/.67.63 y de B/.136.35 /animal, para T1 y T2, respectivamente.

¹ Ing. Agr. IDIAP. Estación Experimental de Gualaca. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC). e-mail: jalmillategui@idiap.gob.pa.

² Agr. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC).

PALABRAS CLAVES: Ganado bovino; ganado de leche; ternero; producción de carne; alimentación de los animales; leche artificial; Panamá.

WHITE MEAT PRODUCTION OF MILK MALE CALVES USING REPLACEMENT MILK. CHIRIQUÍ, PANAMÁ. 2003.

This study was conducted in a producer farmer located over 1,100 masl during 120 days. The aim of this research was to evaluate the bioeconomic profitability of feeding milk males for producing white meat using commercial replacement milk (RM). Two concentrations of RM and the addition of one probiotic were tested. There were two treatments: T1 (0.110 kg of RM / 1L H₂O) and T2 (0.125 kg of RM / 1L H₂O + 7.0 g of probiotic/head/day). Eight Holstein or crossing (3/4 Holstein x 1/4 Brown Swiss) male calves were randomly (4 animal/treatment) utilized. Calves's age of entry was 2.4 (T1) and 3.5 (T2) weeks, and they were slaughtered with 18.1 (T1) and 18.3 (T2) weeks of age. Each seven days animals were weighted, daily gain weight (DGW) and milk intake were determined, and also, expenses and investments were registered for economic evaluation. Results indicated that there was not significant differences between treatments ($P>0.05$). The DGW for T1 and T2 was 0.413 and 0.588 kg/animal/day, respectively (T2 was 42% higher than T1). The RM utilized in this study covered 79 and 109% of the protein requirements for animals in T1 and T2, respectively. On the other hand, the RM supplied 89% in T1 and 97% in T2 of the total energy requirement. Total meat yield during the study period was 47.3 and 64.0 kg/animal for T1 and T2. The DGW increased from week 10th, differentiating two stages, which revealed significant differences ($P<0.01$) on each treatment. On the first stage (FS) DGW was 0.291 and 0.389 kg/animal/day for T1 and T2, respectively, while for the second stage (SS) the DGW was 0.546 and 0.808 kg/animal/day for T1 and T2, respectively. Milk intake on FS was 0.51 and 2.8 for T1 and T2, respectively. Milk intake on SS was 0.67 and 3.86 kg/animal/day for T1 and T2, respectively. Mean feeding efficiency for both treatments was 4.6 kg of milk (powder milk) for each generated kilogram of meat, which, by the way, is considered low. This is probably because of the protein quality utilized for preparing the RM. Cost analysis per treatment indicated that the profitability on T2 was 27.7% and on T1 it was 18%, resulting in a net income of 67.63 and 136.35 dollars/animal for T1 and T2, respectively.

KEYWORDS: Meat cattle; milk cattle; calves; meat production; animal feeding; artificial milk; Panama.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas intensivos y semi intensivos de producción de leche en Panamá, una limitante es la falta de	adopción y validación de tecnologías que permita obtener un mayor valor agregado de los terneros machos na-
---	---

cidos cada año. Estos, generalmente son sacrificados al nacimiento, obsequiados o vendidos para mejoramiento genético o para el estímulo al ordeño de vacas de menor encaste de sistemas doble propósito cuyos terneros han muerto.

En países más industrializados los terneros machos nacidos y el remanente de terneras descartadas al nacer, se disponen para producir carne de ternera (Dairy beef) o carne blanca (Veal); ésta última producida usualmente con leche entera o sustituto lácteo (Ensminger, 1978).

Estos terneros reciben dietas a base de leche entera o fabricadas con ingredientes sobrantes de la industria lechera, conocidos como sustitutos lácteos y suministrados durante un periodo de 16 a 30 semanas, según sea el tipo de leche (entera o sustituto) y si la dieta es sólo con leche o complementada con granos (OVA, 1996). Estos sustitutos son de igual o mayor valor nutricional que la leche entera. Las dietas basadas en leche o complementadas con cantidades restringidas de granos producen una ligera coloración rosada en la carne. Webster y col. (1975) señalan que la coloración se debe a una anemia por deficiencia de hierro (20 a 40 ppm en la materia seca).

Winter y Lachance (1983) indicaron que terneros alimentados con

leche eran normalmente faenados al lograrse pesos vivos entre 150 y 160 kg. Pero actualmente, según la OVA (1996), éstos son procesados al lograr aproximadamente de 182 a 205 kg.

En una primera experiencia de producción de carne blanca en Panamá (López, 2001), a base de sustituto lácteo y la adición de un probiótico (PROCREATIN 7), se obtuvo mayor respuesta con una concentración de 125 g de leche/litro de agua + 7.0 g probiótico/animal/día. Se inició con un suministro diario de 6 litro/animal y se finalizó ofreciendo 24 litro/animal, a las 24 semanas. Se logró ganancias diarias de peso promedio 0.690 kg/animal, peso final de 105 kg, precio a la venta en pie de B/.2.44 /kg, un ingreso por ternero de B/.324.5, un ingreso neto de B/.68.39 y una utilidad neta de 26.7%.

Una nueva alternativa para la industria ganadera son los probióticos, término que describe a los microorganismos naturales que producen enzimas y son utilizados como aditivos en la alimentación, con el fin de inhibir el crecimiento de organismos patógenos e incrementan el peso en el ganado (Ayarza y Cash, 2001).

Los probióticos son productos natural altamente concentrados de levaduras vivas (*Saccharomyces cerevisiae*). Entre sus beneficios en la ali-

mentación animal tenemos que, estabiliza el pH ruminal, estimula la producción de ácidos grasos volátiles y aumenta la síntesis microbiana (López, 2001) y en terneras lactantes disminuye significativamente las diarreas aumentando la ganancia diaria de peso.

Los productores de leche han reportado que el suministro de probióticos, en la alimentación de terneras, mejora la salud y el consumo de materia seca, pero hay pocas investigaciones que lo avalen (Lance y col., 2003).

En base a la necesidad de generar o evaluar tecnologías en los sistemas intensivos de producción de leche, para obtener un mayor valor agregado de los terneros machos nacidos en el sistema, se diseñó este experimento con el objetivo de determinar la factibilidad biológica y económica de producir carne blanca con terneros machos de razas lecheras alimentados a base de un sustituto lácteo comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló durante un período de 18 semanas (febrero-junio 2003), en Buena Vista, Volcán, a 1,000 msnm, con una precipitación media anual de 5,325 mm y temperatura media de 20.1°C (14.9 -25.3°C). La finca corresponde a un sistema de producción intensiva de leche de la raza Holstein y Pardo Suizo, con sistema de levante de reemplazo intensivo (separación del ternero al nacimiento, confinamiento en jaulas y alimentación a base de leche sustituto y concentrado).

Se evaluaron dos tratamientos a base de un sustituto lácteo comercial (SL) conformados de la siguiente manera: el primer tratamiento (T1), en base a la concentración que recomienda el fabricante (110 g/lit de agua) para la alimentación de terneras lactantes y el segundo (T2) con base en una concentración mayor (125 g/lit de agua)

CUADRO 1. ESQUEMA DE ALIMENTACIÓN DIARIA DE TERNEROS HASTA PESO DE MERCADO PARA PRODUCCIÓN DE CARNE BLANCA CON SUSTITUTO LÁCTEO.

<i>Edad (semanas)</i>	<i>Sustituto (kg)</i>	<i>Edad (semanas)</i>	<i>Sustituto (kg)</i>
1	0.60	8	1.75
2	0.65	9	2.00
3	0.70	10	2.20
4	0.75	12	2.65
5	1.05	14	3.00
6	1.20	16	3.40
7	1.60		

Fuente: Ontario Veal Association, 1996.

complementado con un probiótico (7.0 g/animal/día). Este último valida el mejor tratamiento encontrado en una experiencia local previa (López, 2001) para producción de carne blanca con un SL comercial.

El sustituto lácteo preparado diariamente en agua atemperada (36-38°C) se ofrecía en dos tomas diarias. El probiótico utilizado corresponde al denominado comercialmente PRO-CREATIN 7 de la casa SAFMEX S.A. de México.

El suministro del sustituto lácteo (kg/animal/día) tuvo como referencia la tabla propuesta por la OVA (1996) sobre diferentes esquemas de alimentación diaria para la producción de carne blanca (Cuadro 1).

La dieta (kg/animal/día) fue ajustada cada siete días en la medida en que no se observara incidencia de diarreas. De no observarse y estimando que el ternero podría beber mayor cantidad de leche, se reajustaba a partir del segundo o tercer día nuevamente; esto con la intención de retar al ternero a un mayor consumo.

Un total de ocho terneros, cinco de raza Holstein y tres cruzados $\frac{1}{4}$ Pardo Suizo x $\frac{3}{4}$ Holstein, que se asignaron al azar a cada tratamiento y colocados en jaulas individuales. Ingre-

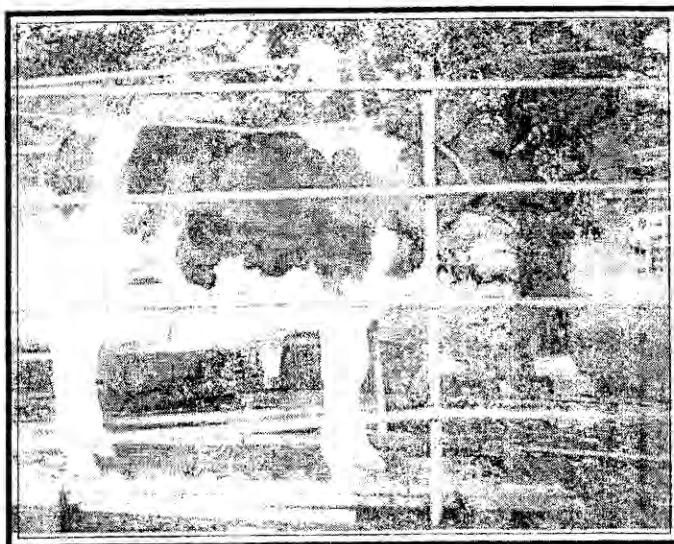
saron a cada tratamiento en el término de la primera semana de vida, una vez cubierta la etapa del calostro.

Se confeccionaron jaulas individuales de 1.0 m de ancho con 2.0 m de largo y 1.30 m de altura, con una elevación del suelo de 0.34 m, esto considerando la talla que alcanzarían los terneros al final de la ceba. Los pisos se construyeron de rejilla para evitar la exposición de los terneros a las excretas y humedad, lo que conlleva problemas de piel, parasitismo y estrés. (Foto 1)

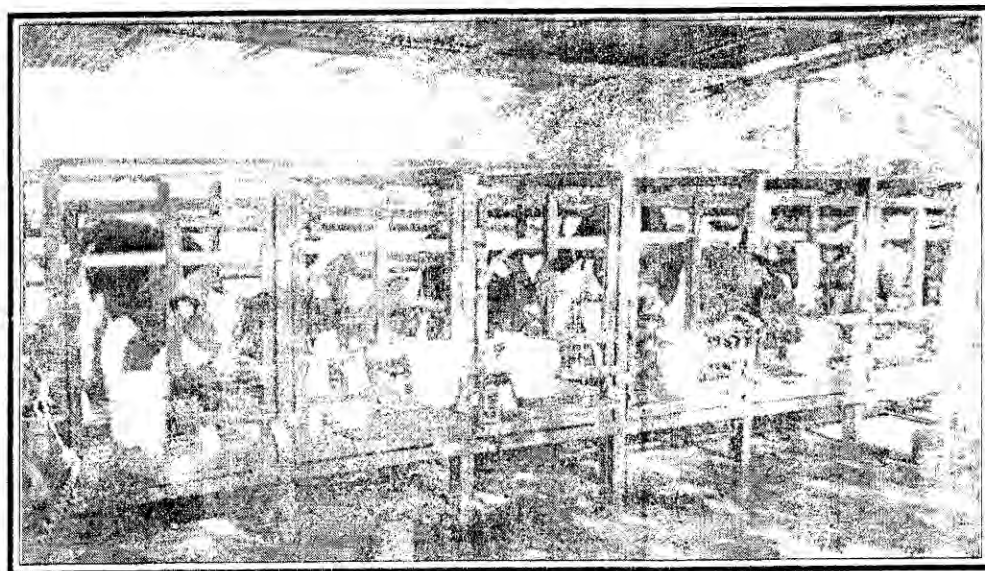
Al sustituto utilizado se le efectuó examen bromatológico y se determinó su contenido de proteína bruta en 21.4% y grasa en 22.8%. Según el fabricante, éste contiene además vitaminas (A, D₃, E, K, B₁ y B₂) y oligoelementos (Mn, Zn, Co y Fe).

Cada siete días, se registraban los pesos de los terneros (Foto 2) para determinar la ganancia diaria de peso (GDP) y el consumo en litros del sustituto lácteo. Se efectuaron controles de parásitos internos, externos y control de coccidias, según tecnología IDIAP (Saldaña, 1997).

Se determinó el costo de producción de carne y la rentabilidad de ambos tratamientos, a través de un flujo de ingresos y egresos.



***Registro
Semanal de Peso
de Ternero
Holstein Cebado
con sustituto lácteo.***



***Instalaciones utilizadas para la Ceba de Machos
de Lechería con sustituto lácteo.***

Los datos sobre ganancia de peso, obtenidos a través del peso semanal fueron sometidos a análisis de varianza mediante un modelo de parcela dividida en un diseño Completo al Azar (Gill y Hafs, 1971), modificado por Hall (1973), donde la parcela principal son los tratamientos y las subparcelas, los periodos o número de pesadas. Se efectuó prueba de contraste entre la etapa inicial (1^a-8^a semana) y final (10^a-18^a semana) del proceso de la ceba, por tratamiento y dentro de tratamiento, para determinar el efecto de los tratamientos.

El modelo usado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + \alpha_{ij} + \beta_k + (A\beta)_{ik} + e_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta (GDP)

μ = Media general

A_i = Efecto de la parcela grande (tratamientos) en su nivel i

α_{ij} = Error asociado con parcelas grandes E (a)

β_k = Efecto de la parcela chica (número de pesada) en su nivel k

$(A\beta)_{ik}$ = Efecto de la interacción AB al nivel ik

e_{ijk} = Error aleatorio asociado con parcelas chicas E(b)

Medias ajustadas se les estimaron los errores estándar y fueron comparadas a través de prueba de t (Searle, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ganancia diaria de peso

El modelo utilizado para el análisis de los resultados fue significativo ($P < 0.01$), con un R^2 de 61%.

Los cuadrados medios del análisis de varianza para la ganancia diaria de peso se presentan en el Cuadro 2.

CUADRO 2. CUADRADO MEDIO DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA GANANCIA DIARIA DE PESO.

F de V	gl	CM
TRT	1	1.09203 ^{ns}
NT(NTRT) (Error a)	6	1.12767*
NPESADAS	17	0.64618*
TRT*NPESADAS (Error b)	17	0.10132 ^{ns}

* Diferencia significativa ($P < 0.05$)

ns= No hubo diferencia significativa

El análisis de varianza indica que no hubo diferencia significativa entre tratamientos ($P>0.05$) sobre la GDP, al utilizar como término del error el número de tratamiento dentro del tratamiento.

No obstante, la GDP con T2 resultó 42.3% superior a T1 (Figura 1). López (2001), al evaluar bioeconómicamente, por 12 semanas, la producción de carne de ternera con SL comercial y con tratamientos similares a T1 y T2, reportó GDP de 0.360 a 0.690 kg/animal/día, respectivamente, donde T2 resultó un 92.0% superior a T1.

El balance entre el requerimiento proteico y el consumo real observado indicó que el sustituto lácteo utilizado cubrió entre 79 y 109% adicional al requerimiento estimado para los terneros de T1 y T2, respectivamente.

Sin embargo, el requerimiento energético sólo se cubrió en un 61 y 70% de lo estimado para T1 y T2, respectivamente; este déficit energético pudo afectar la GDP esperada, que en T1 y T2 sólo se cubrió en un 89 y 97% de lo estimado, respectivamente.

Quigley (2001) señala que en el levante en condiciones de frío se requiere más energía adicional para mantenimiento del peso corporal y el crecimiento del ternero, lo cual pudo afectar los resultados obtenidos, ya que en el área las temperaturas míni-

mas son de 14 a 15 °C durante la noche.

Por otro lado, Lance y col. (2003), al determinar el efecto de suministrar probióticos a terneras de leche desde el nacimiento hasta el levante, señala que en período de verano, las ganancias promedio de peso y el consumo diario de alimentos, así como una mayor consistencia en las heces fecales, fueron favorecidas por el suministro de probióticos en la dieta de los animales; lo cual debió favorecer la respuesta obtenida con T2 al que se agregó este aditivo, tal como lo determinó López (2001).

Al iniciarse la 9ª semana, hubo que fraccionar la dieta en tres tomas diarias para favorecer el consumo de los volúmenes crecientes de leche y evitar la incidencia de diarreas. Con el cambio se observó una reducción en la 9ª semana de la GDP a sólo 0.188 kg/animal/día (Figura 2), que diferenció el proceso en dos etapas. Se efectuó un análisis de resultados en función de estas dos etapas: la primera (1ª - 8ª semana) y la segunda (10ª - 18ª semana), dejando la 9ª semana como una etapa intermedia o de adaptación. Se realizó una prueba de contraste para determinar diferencias entre éstas y el efecto dentro de tratamiento.

La prueba determinó diferencias significativas ($P<0.01$) entre las dos



FIGURA 1. GANANCIA DIARIA DE PESO EN LA CEBADA DE MACHOS DE LECHE PARA PRODUCCIÓN DE CARNE BLANCA A BASE DE UN SUSTITUTO LÁCTEO COMERCIAL. BUGABA. 2001.

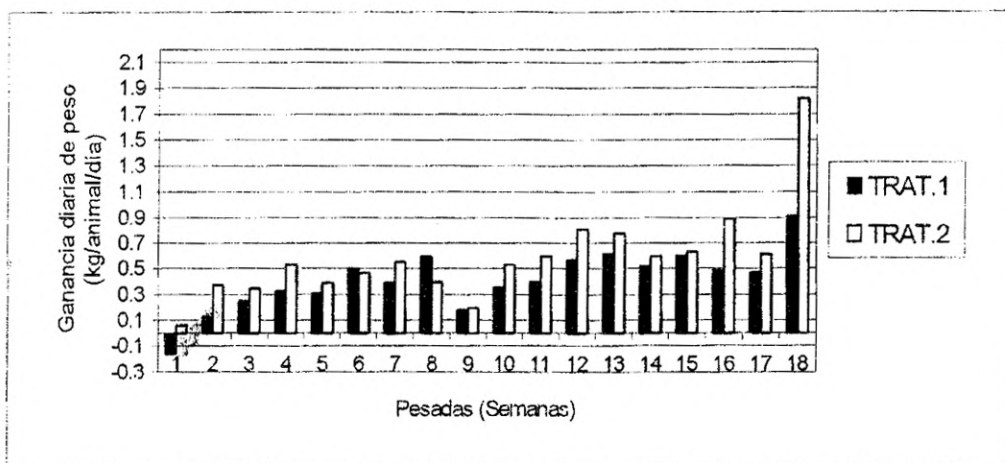


FIGURA 2. GANANCIA DIARIA DE PESO POR PESADA EN LA CEBADA DE MACHOS DE LECHE PARA PRODUCCIÓN DE CARNE BLANCA A BASE DE UN SUSTITUTO LÁCTEO COMERCIAL. BUGABA. 2002.

etapas así como entre etapas ($P < 0.01$) dentro de cada tratamiento (T1 y T2).

Al fraccionar la dieta se observó una mayor GDP en la segunda etapa (Figura 3); esto representó un incremento de 88 a 108%, para T1 y T2, respectivamente; manteniendo T2 siempre una ventaja en las diferentes fases sobre T1.

El análisis por etapas determinó que el déficit de energía, señalado anteriormente, fue más crítico en la segunda etapa para T1 (Figura 3); esto sólo permitió lograr un 85% de la GDP esperada; y con T2 se logró obtener hasta 95% de la misma, lo cual puede atribuirse al mayor consumo y a los beneficios del probiótico en la dieta, lo cual se discutirá más adelante.

Ganancia Total de Peso (GTP)

Durante el período de evaluación, la GTP fue de 47.3 a 64.0 kg/animal, que representó un incremento de 111 a 154% respecto al peso inicial para T1 y T2, respectivamente (Figura 4); donde el cambio total de peso con T1 fue 15% menor al logrado con T2. López (2001), utilizando tratamientos similares, en 12 semanas reportó cambios de peso de 32.2 a 63.3 kg/animal, respectivamente.

Las diferencias de peso y tiempo de ceba, logrado entre ambos trabajos, pueden atribuirse también en cierto

grado a diferencias en el potencial genético de los animales empleados de ambos hatos.

La OVA (1996) indica que en Canadá se sacrifican los terneros al pesar 160 kg (16 semanas). Esta respuesta está dada por el mayor peso de los terneros al nacer y a la calidad del sustituto lácteo utilizado por su mayor eficiencia y nivel proteico (37.9%) versus el 18 a 20% que contienen los utilizados en años anteriores (Winter y Lachance, 1983) o los que normalmente utilizamos localmente para levante de reemplazos.

Consumo de Sustituto Lácteo

En la Figura 5 se observan los consumos (kg/animal/día) de SL que se registraron al iniciarse la evaluación con 2.4 y 3.5 semanas de edad para T1 y T2, respectivamente; al intermedio, con 9.4 y 10.5 semanas de edad y al final, con 18.3 y 18.1 semanas, donde T2 mantuvo siempre un mayor consumo de leche. Esto equivale, en leche diluida a un consumo de 4.6 a 5.36 lt (etapa inicial), igual consumo, 15.7 para ambos tratamientos (etapa intermedia) y 25.4 a 30.9 lt (etapa final).

Al compararse los consumos observado con la tabla de recomendación de la OVA (1996), utilizada como referencia, se observó que el consumo de los terneros en T2 se

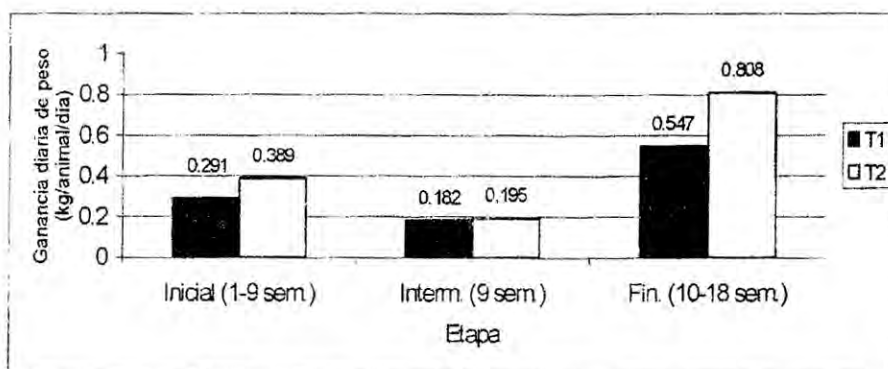


FIGURA 3. GANANCIA DIARIA DE PESO POR ETAPA EN LA CEBADA DE MACHOS DE LECHE PARA PRODUCCIÓN DE CARNE BLANCA A BASE DE UN SUSTITUTO LÁCTEO COMERCIAL. BUGABA. 2002.

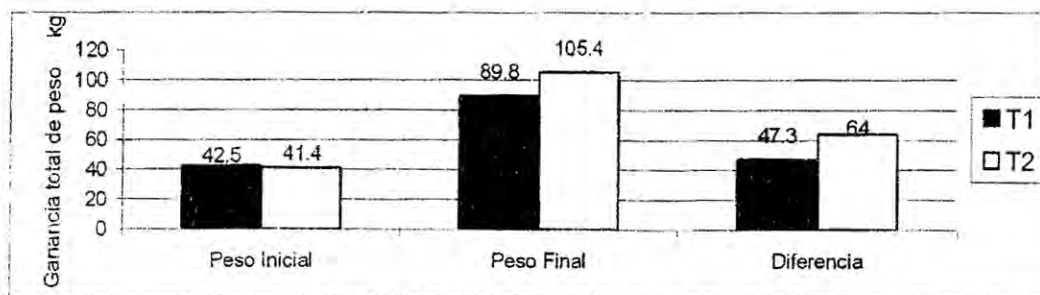


FIGURA 4. GANANCIA TOTAL DE PESO EN LA CEBADA DE MACHOS DE LECHE PARA LA PRODUCCIÓN DE CARNE BLANCA A BASE DE UN SUSTITUTO LÁCTEO COMERCIAL. BUGABA. 2002.

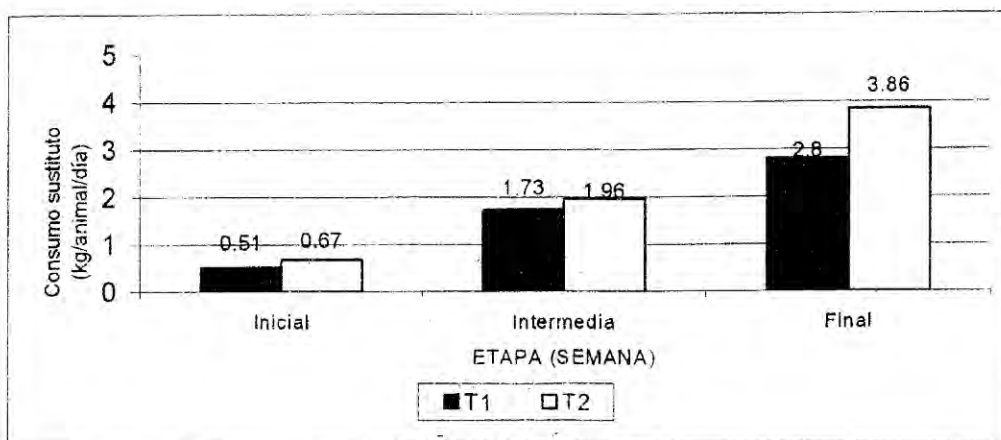


FIGURA 5. CONSUMO DE SUSTITUTO LÁCTEO EN LA ETAPA INICIAL, INTERMEDIA Y FINAL EN LA EVALUACIÓN DE UN SUSTITUTO LÁCTEO COMERCIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE CARNE BLANCA. BUGABA, 2002.

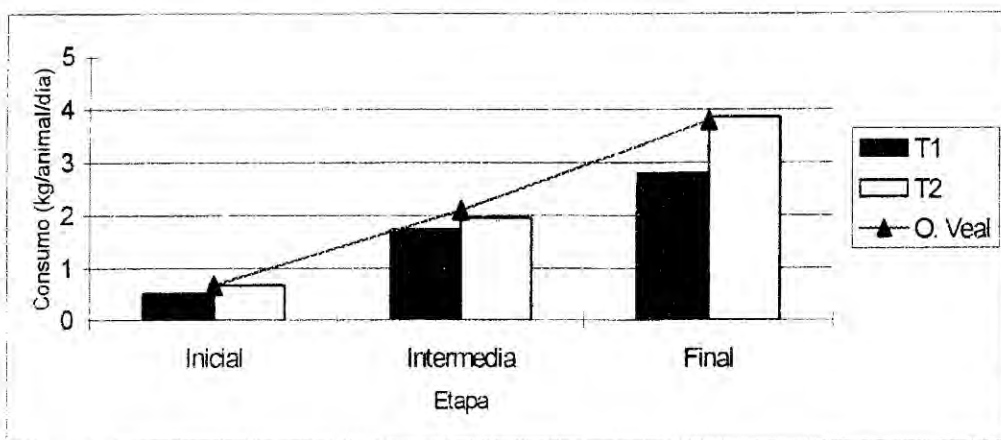


FIGURA 6. COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE UN SUSTITUTO LÁCTEO COMERCIAL EN LA CEBA DE MACHOS DE LECHE PARA PRODUCCIÓN DE CARNE BLANCA VS LA RECOMENDACIÓN DE LA ONTARIO VEAL ASSOCIATION. BUGABA, 2001.

ajustaron más a la recomendación, que los terneros en T1 (Figura 6).

Aún cuando el consumo se incrementó hacia la etapa final (Figura 6), la eficiencia de conversión fue baja (4.5 kg de leche/1.0 kg de peso ganado), para ambos tratamientos; ya que los reportes de Winter y Lachance (1983) la ubican en 1.7 kg por cada 1.0 kg de peso ganado; y Smith (1993), en 1.5 a 2.0 kg SL por cada 1.0 kg de peso ganado.

La baja eficiencia observada podría atribuirse a la calidad del SL utilizado por su alto contenido de fibra cruda (0.7%). Quigley (1998) indica que la calidad del SL tiene una influencia determinante sobre el desempeño de las terneras, donde el nivel de fibra puede indicarnos la calidad de la proteína cruda, ya que niveles mayores a 0.5% de fibra cruda indican un alto contenido de proteínas de origen vegetal. Rojas (1992) señala que incluir en SL proteínas no lácteas o mal industrializadas, trae consigo la formación de un cuajo inadecuado que reduce el aprovechamiento de los nutrimentos. De igual forma indica que, la sustitución de un gramo de proteína láctea por un gramo de otra proteína (vegetal) reduce el nivel de un importante número de aminoácidos en más de 25%. Por ello, Smith (1993) recomienda que para producir carne de ternera deben seleccionarse SL que

haya sido formulado especialmente para ello.

Análisis de Costos

El análisis de costos por tratamientos (Cuadro 3) indicó que la rentabilidad de la actividad fue mayor con T2 (27.7%) a la obtenida con T1 (18%), con un ingreso neto de B/. 67.63 a 136.35/ternero, para T1 y T2, respectivamente.

Los costos fijos fueron similares para cada tratamiento (B/.42.08) y los costos variables fluctuaron de B/.236.37 (T1) a B/.279.28 (T2), donde la diferencia se atribuye al gasto por sustituto y probiótico empleado.

Se observó similitud en la rentabilidad con los datos reportados por López (2001). No obstante, el mayor ingreso neto obtenido en el presente trabajo (T2), se atribuye al mercadeo directo de la carne faenada a falta de procesadores interesados en la compra del animal en pie.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó el estudio se derivan las siguientes conclusiones:

- * En los sistemas intensivos de producción de leche es posible

CUADRO 3. COSTOS DE PRODUCCIÓN POR TERNERO PARA LA PRODUCCIÓN DE CARNE BLANCA*. BUGABA, 2003.

TRATAMIENTOS	Unidad	T1	T2
Costos Fijos			
Valor Inicial del Ternero	B/.	25.00	25.00
Mano de Obra	B/.	13.50	13.50
Jaulas	B/.	1.13	1.13
Pesaje de terneros	B/.	0.07	0.07
Sub-total	B/.	39.70	
Interés (6%)	B/.	2.38	39.70
Total (B/.)	B/.	42.08	2.38
			42.08
Costos Variables			
Sustituto lácteo	B/.	208.600	246.300
Probiótico	B/.	0.000	3.170
Sanidad	B/.	1.350	1.350
Gas	B/.	0.671	0.671
Honorario profesional	B/.	5.000	5.000
Transporte	B/.	7.000	7.000
Tasa de degüello	B/.	1.500	1.500
Impuesto	B/.	1.000	1.000
Imprevisto (5%)	B/.	11.250	13.290
Sub-total (B/.)	B/.	236.370	279.280
Interés (12%)	B/.	28.360	33.510
CostoTotal / ternero	B/.	306.810	354.870
Análisis de rentabilidad			
Total Carne Limpia**	kg.	74.00	97.08
Precio de Carne, (B/.x kg).	B/.	5.06	5.06
Ingreso Tot./Carne,	B/.	374.44	491.22
(kg/precio).	B/.	67.63	136.35
Ingreso neto, (IT-CT).	%	18.00	27.70
Rentabilidad (IN/CT)			

* Carne de terneros machos de raza lechera cebados con leche.

** Rendimiento en canal (%) x Rendimiento carne limpia (sin hueso) a 74%.

obtener un mayor valor agregado de los terneros machos nacidos en el sistema a través de la producción de carne blanca.

Es factible biológica y económicamente la producción de carne blanca a través del empleo de un sustituto lácteo comercial.

- * Aún cuando no se observó diferencias entre tratamientos, aparentemente con una mayor concentración (125 g/animal/día) a la recomendación del fabricante se logra una mayor ganancia diaria de peso.

RECOMENDACIONES

- * Continuar con las evaluaciones de este tipo con SL de mayor calidad proteica y energética; complementados con aditivos (probióticos) o combinados con alimentos sólidos (concentrado).
- * Esta actividad requiere la utilización de terneros con mayor potencial genético y con características físicas deseables (salud, vigor, peso, etc.).
- * El manejo de cada ternero se efectúe en cunas individuales, que deben situarse dentro de un área debidamente abrigada (galera) para evitar el estrés.

- * Para que esta actividad con gran potencial se transforme en una actividad atractiva, los productores deben hacer un mayor esfuerzo abriendo el mercado a nivel local o nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- AYARZA, Z. M; CASH, M. 2001. Efectos de probióticos y enzimas en la alimentación de terneros y novillas semi-estabuladas. Resúmenes de trabajos de graduación. No. 1, Sep. 2000-Ene. 2001. Escuela de Biología. Universidad Nacional de Panamá.
- ENSMINGER, M.E. 1978. Feed and nutrition. The Ensminger. USA. Publisher Company.
- GILL, J. L; HAFS, H.D. 1971. Analysis of repeated measurements of animal. Journal of Animal Science 33: 331-336.
- HALL, W.B. 1973. Repeated measurements experiment. In Development in field experiments design and analysis. Australia University of New England. Bulletin 5. pp. 33-42.
- LANCE, R.D.; MCCOY, G.C.; HUTJENS, M.F. 2003. Feeding of probiotics to calves. (en línea). Disponible en: <http://www.IlliniDayrnet.com>.

- LÓPEZ, P. 2001. Evaluación bioeconómica de la producción de carne de ternera Holstein en lecherías especializadas. FACA. Tesis de Licenciatura. 83 p.
- Ontario Veal Association (OVA). 1996. Feeding whole milk and liquid skim milk to dairy heifers and veal calves (en línea). Disponible en: <http://www.ontarioveal.on.ca>.
- QUIGLEY, J. 1998. Medida de la calidad de un sustituto de leche. Nota acerca de terneros No. 33. *En* Calfnotes (en línea). Disponible en: <http://www.calfnotes.com>.
- QUIGLEY, J. 2001. Supplemental fat in liquid diets for calves. Nota acerca de terneros No.29. *En* Calfnotes (en línea). Disponible en: <http://www.calfnotes.com>.
- ROJAS, A.B. 1992. Alimentación y manejo de terneras de lechería. Editorial de la Universidad de Costa Rica. p. 34.
- SALDAÑA, C. 1997. Tecnología para el mejoramiento de los sistemas de crianza de terneros. *En* Programa de actualización a especialistas. IDIAP-MIDA, Divisa, 17 al 21 febrero. pp. 71-80.
- SEARLE, S.R. 1988. The ANOVA Procedure. *En* SAS/STAT User's Guide Release 6.03 Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. p. 139.
- SMITH, J. 1993. Raising dairy veal. Information adapted from The guide for the care and production of veal calves. 4th ed. American Veal Association, Inc., P.O.Box 306, North Manchester, Indiana 46962.
- WEBSTER, A.; DONNELLY, J. F.; BROCKWAY, J.M.; SMITH, J.S. 1975. Dairy cattle feeding and nutrition. *Animal Production* 20: 69-75.
- WINTER, A.; LACHANCE, B. 1983. Management and feeding dairy animal. Agriculture Canada. Publication 1432 E. Canada.

INFLUENCIA DE LAS FRECUENCIAS DE CORTES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CULTIVARES DE *Pennisetum purpureum* EN DOS LOCALIDADES DE BUGABA, CHIRIQUÍ, PANAMÁ. 1999-2002.

**Luis A. Hertentains¹; Odenis Troetsch²;
Eliut Santamaria²; Luis. A. Carreño²**

RESUMEN

El trabajo se realizó durante el período 1999-2002, en las localidades de Volcán y Buena Vista en Bugaba, Chiriquí. Volcán se encuentra a una altura de 1,250 msnm, precipitación pluvial anual de 3,100 mm y temperatura promedio de 20°C. Buena Vista se localiza a una altura de 850 msnm, temperatura promedio de 21°C y precipitación pluvial anual de 5,900 mm. Se estudió el efecto de las frecuencias de corte (70, 90, 110 y 130 días) sobre el rendimiento de materia seca (MS) y la composición química de cultivares de *Pennisetum purpureum* (CT-22, 115, 169 y Taiwán A-144). Se sembraron dos tallos de 0.35 m de largo, a una profundidad de 0.15 m y 0.75 m entre hileras y surcos. Se aplicó 45, 40 y 25 kg/ha/año de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, a la siembra; después del corte de emparejamiento se aplicó 275 kg de N/ha/año, fraccionado para cada corte, más 40 kg de P₂O₅/ha/año y 25 kg de K₂O/ha/año al inicio de las lluvias. El diseño experimental fue Bloques al Azar en arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones, donde la parcela principal la constituyeron las localidades, las subparcelas, los cultivares y las subsubparcelas, las frecuencias de corte. Se analizó mediante el modelo lineal generalizado. La producción de MS aumentó significativamente (P<0.01) con la edad de corte, variando de 2.56 a 15.96 t MS/ha/corte para los 70 y 130 días, respectivamente. La proteína cruda fue diferente para las edades de corte con 9.76 y 6.71%, a los 70 y 130 días, respectivamente. Los cultivares cubanos CT-22, 115 y 169 presentaron producción aceptable de materia seca, destacándose el CT-22 con rendimiento similar al Taiwán A-144 y por sus características de no poseer vellosidades. Analizando la producción de forraje, persistencia de la pradera y calidad del material cosechado, la frecuencia óptima de cosecha del *Pennisetum purpureum* ocurrió a los 90 y 110 días, para Volcán y Buena Vista, respectivamente.

Palabras claves: Cultivares; *Pennisetum purpureum*; frecuencia de corte; producción de biomasa; composición química.

¹ Ing. Agr. Zootecnista. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC).
e-mail: lhertentains@idiap.gob.pa

² Agr. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC).

INFLUENCE OF CUTTING FREQUENCIES ON THE PRODUCTION OF BIOMASS AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE CULTIVARS OF *Pennisetum purpureum* IN TWO LOCALITIES. BUGABA, CHIRIQUI, PANAMA. 1999-2002.

This work was performed during the period 1999 to 2002 in Volcan and Buena Vista at Bugaba, Chiriqui, Panama. Volcan is located at 1,250 masl with a pluvial precipitation of 3,100 mm and a temperature of 20°C, while Buena Vista is located at 850 masl with a temperature average of 21°C and a pluvial precipitation of 5,900 mm. Cutting frequencies effects were studied (70, 90, 110, 130 d) on dry matter (DM) production and chemical composition of cultivars of *Pennisetum purpureum* (CT-22, 115, 169 and Taiwan A-144). Two stems with 0.35 m long were planted with 0.15 m depth and 0.75 m among rows and grooves. At planting, 45, 40 and 25 kg of N, P₂O₅, K₂O/ha/year, respectively, were applied. Then, a cut of equal length was carried out and 275 kg of N/ha was applied, fractionally to each cut, plus 40 kg of P₂O₅/ha/year and 25 kg of K₂O/ha/year at the beginning of the rain season. A split plot (Randomly blocks) statistical analysis, with three repetitions, was utilized, and the main plot was constituted by locations, subplots, cultivars and sub subplots, and the cutting frequency. A generalized lineal model was used for analyzing. The production of DM increased significantly ($P < 0.01$) regarding age of cutting and varied from 2.56 to 15.96 tons of DM/ha/cut on days 70 and 130, respectively. Crude protein was different among ages of cutting varying from 9.76 to 6.71% on days 70 and 130, respectively. Cuban cultivars CT-22, 115 and 169 showed acceptable productions of DM. Similar production was observed between CT-22 and Taiwan A-144 probably because CT-22 does not have hairs. Analyzing forage production, persistancy and quality of harvested materials, it is concluded that the ideal harvest frequency for the *Pennisetum purpureum* occurred on days 90 and 110 in Volcan and Buena Vista, respectively.

KEY WORDS: Cultivates; *Pennisetum purpureum*; frequency of cutting; production of biomass; chemical composition.

INTRODUCCIÓN

En las tierras altas chiricanas de Panamá, la escasez de forraje se acentúa durante la época seca (febrero a abril) y para la época lluviosa, en los meses de septiembre a noviembre. Por efecto de la intensidad y duración de las lluvias, el animal consume muy poco forraje; por lo que los pastos de corte y acarreo constituyen una alternativa forrajera para la alimentación animal.

El pasto Taiwán A-144 es un cultivar del *Pennisetum purpureum*, introducido a Panamá en 1984 y fue reproducido en la Estación Experimental de Gualaca, en la provincia de Chiriquí. Posteriormente, fue diseminado en varias localidades del territorio nacional (Pinzón y Hertentains, 2001).

Los cultivares de King grass CT-22, CT-115 y CT-169 son producto de cultivos de tejido, a partir del clon King

grass (donante de ápices). Estos cultivares se caracterizan por su alto rendimiento de forraje, entre ellos, el Cuba CT-22, que además es una planta sin vellosidades, características que facilitan su manejo en el proceso de corte. Con respecto al CT-115, según Martínez y col. (1994), este cultivar presentó menor resistencia al corte, lo que se valora como una característica positiva para el corte mecanizado. El clon Cuba CT-169 sobresale porque sus hojas son más anchas entre todos los tipo elefantes (*Pennisetum*).

El rendimiento de materia seca y frecuencia de corte de estos cultivares constituye una limitante, debido a las pocas investigaciones realizadas. Her-tentains y Troetsch (1990), en un estudio por un año, evaluaron la adaptación de especies forrajeras en la comunidad de Buena Vista, a 850 msnm, de los cuales el pasto Taiwán A-144 produjo 57.16 t MS/ha/año. Sin embargo, las experiencias a nivel de finca de tierras altas de Chiriquí indican que, a cortes sucesivos entre 45 y 60 días, las plantas desaparecen. Por su parte, Will y Valle (1990) reportan rendimientos de 72 t MS ha/año en el pasto King Grass fertilizado con afluentes de biogas, a razón de 250 kg/ha/año.

La edad de rebrote es uno de los elementos que más influye en la calidad del pasto. Esto se debe, principalmente, a los cambios que ella produce en la composición química, estructu-

ra y en el balance total de las sustancias que componen el pasto (Herrera, 1980, citado por Herrera y Hernández, 1987). Al respecto, Salinas (2003) informa que el corte debe ser efectuado a nivel del suelo; es decir, a 5 cm de altura. Cuando se realizan cortes cada 60 días, se conjugan la mejor producción de materia seca, la digestibilidad y el contenido de proteína bruta. La mayor acumulación de MS ocurre entre las 8 y 15 semanas y la mejor calidad del forraje entre 4 y 6 semanas (8 a 10% de PB); y digestibilidad de 65% se adquiere entre las 6 y 7 semanas de su desarrollo.

Por su parte, Herrera y Ramos (1990) demostraron que el pasto King grass del género *Pennisetum* mostró el mayor rendimiento anual de MS (20 a 28 t/ha), en comparación a otras variedades como el Napier, Enano y San Carlos, que produjeron de 14 a 16 t/ha.

Cáceres y Santana (1988) informan que el valor nutritivo de los forrajes tropicales disminuye con la edad y varía del 19% en rebrotes de dos semanas, a menos de 5% en los estados avanzados de madurez, lo que ocurre de igual forma con la digestibilidad de los nutrimentos. Cuando estudiaron el King grass, observaron que el valor nutritivo más alto se encontró a los 49 días, mientras que al analizar en conjunto todos los indicadores (persistencia, producción de

biomasa, etc.) la edad óptima de cosecha fue a los 56 días.

Los pastos de corte tienen un gran potencial para la alimentación animal; por lo que este trabajo se planteó como objetivo, determinar la influencia de la frecuencia de corte sobre el rendimiento de materia seca de *Pennisetum purpureum* en dos localidades de la provincia de Chiriquí.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en dos localidades del distrito de Bugaba, Volcán y Buena Vista, de octubre de 1999 a octubre 2002. Volcán se encuentra loca-

lizado a 1,250 msnm, con precipitación pluvial anual de 3,100 mm y temperatura promedio de 20°C. Buena Vista está localizada a 850 msnm, precipitación pluvial anual de 5,900 mm y temperatura promedio de 21°C.

Las características físicoquímicas del suelo de ambas localidades se presentan en el Cuadro 1.

Se evaluaron cuatro cultivares de *Pennisetum purpureum*: CT-22, 115, 169 y Taiwan A-144, bajo cuatro frecuencias de corte (70, 90, 110 y 130 días), en parcelas de 3x3 m. Los pastos se sembraron con material vegetativo, colocando dos trozos de tallo de 35 cm de

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE BUENA VISTA Y VOLCÁN, BUGABA, CHIRIQUÍ.

CARACTERÍSTICAS	BUENA VISTA	VOLCAN
pH	5.30	5.50
P, mg/kg	6.20	137.00
K, Cmol/kg	71.00	168.00
Ca, Cmol/kg	2.80	0.25
Mg, Cmol/kg	0.02	0.03
Al, Cmol/kg	0.10	0.10
Mn, mg/kg	0.20	3.00
Fe, mg/kg	1.60	2.00
Zn, mg/kg	5.00	5.00
Cu, mg/kg	1.20	3.00
Mo %	10.59	4.96
Arena %	48.00	80.00
Limo %	50.00	10.00
Arcilla %	2.00	10.00

largo a una profundidad de 15 cm y 0.75 m entre hileras y plantas.

A la siembra, los cultivares se fertilizaron con 50-30-20 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente. Tres meses después, se realizó un corte de emparejamiento y se aplicó 275 kg de N/ha/año fraccionados para cada corte; según la frecuencia del mismo, 40 kg de P_2O_5 /ha/año y 25 kg de K_2O /ha/año al inicio de las lluvias. Se cosecharon los tres surcos centrales de cada parcela para medir las siguientes variables: Materia seca (MS), proteína cruda (PC), fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg), utilizando los métodos descritos por la AOAC (1970). La fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) se determinaron mediante los métodos descritos por AOAC (1990). Para la digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) se usó la técnica de Goering y Van Soest (1977). Previo al corte, se midió en cada parcela la altura de las plantas y posterior al corte, se tomaron 10 plantas para determinar relación hoja/tallo.

El diseño experimental fue de Bloques al Azar en un arreglo de parcelas subdivididas con tres repeticiones, donde la parcela principal estuvo constituida por las localidades, la subparcelas por los cultivares y las sub-subparcelas por las frecuencias de corte.

Los datos de rendimiento se analizaron mediante el modelo siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + B_j + C(A_i)_k + E_l + E_l \times A_i + D_m + E_l \times D_m + E_{ijklm}$$

en donde:

μ = media general

A_i = efecto de las localidades con $i = 1$ y 2

B_j = efecto de años, con $j = 1$ y 2

$C(A_i)_k$ = efecto de época dentro de cada año, con $k = 1$ y 2

E_l = efecto de cultivares, con $e = 1, 2, 3$ y 4 .

$E_l \times A_i$ = interacción del cultivar por localidad

D_m = efecto de frecuencia, con $m = 1, 2, 3$ y 4

$E_l \times D_m$ = interacción del cultivar por efecto frecuencia

E_{ijklm} = residuo o error (b)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presenta el efecto altamente significativo ($P < 0.01$) de la localidad, años y época (año), localidad por cultivares y frecuencia de corte sobre el rendimiento de materia seca (MS). Además, se muestra significancia ($P < 0.01$) entre cultivares de *Pennisetum*. La mayor varianza se observó en la frecuencia de corte, indicando de esta manera que fue el factor de mayor importancia, seguido por las localidades.

El rendimiento promedio de MS fue significativo ($P < 0.01$) entre localidades, con rendimiento de 11.09 y 7.97 t

CUADRO 2. CUADRADO MEDIO PARA EL RENDIMIENTO DE MS DE CULTIVARES DE *Pennisetum purpureum*, BAJO CUATRO FRECUENCIAS DE CORTE EN DOS LOCALIDADES DE LAS TIERRAS ALTAS CHIRICANAS.

F de V	gl	CM
Localidad	1	395.00 ***
Años	1	381.00 ***
Época (año)	2	151.00 ***
Cultivares	3	29.00 *
Localidad x Cultivares	3	66.00 ***
Frecuencia de corte	3	899.00 ***
Cultivar x Frecuencia de corte	9	6.00 NS
Error	97	10.00

NS = no hubo diferencia significativa; * Diferencia significativa ($P < 0.05$);

** Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$)

de MS/ha/corte para Buena Vista y Volcán, respectivamente; esto representó un 39.1% más de forraje en Buena Vista que en Volcán. Estas diferencias se asocian a la mejor fertilidad del suelo en esta localidad y a las condiciones agroclimáticas de la zona (Langer, 1972). Mientras que Volcán es un área caracterizada por poca precipitación en la época seca y las constantes brisas limitan la producción de forraje.

Independientemente de la frecuencia de corte, los cultivares, las épocas del año y las localidades, se encontró que en el primer año los rendimientos de MS fueron superiores en un 38.0% a los del segundo año (11.06 vs 8.01 t de MS/ha/año). Esta caída en la disponibilidad de forraje, de acuerdo a Pinzón y Montenegro (2000), se debe a que en el

primer año de establecida la pastura, por norma general presenta gran vigor, debido al aumento de la disponibilidad de nutrimentos provocada por la remoción del suelo y que a través de los años se va estabilizando.

El rendimiento promedio de los cultivares fue de 10.73, 10.04, 9.03 y 8.76 t MS/ha/corte, para Taiwán A-144, CT-22, CT-169 y CT-115, respectivamente. Probablemente esta respuesta se debe a que el *Pennisetum purpureum* Taiwán A-144 está mejor adaptado al área; sin embargo, no presenta diferencia significativa ($P > 0.05$) en producción de MS con el Cuba CT-22. Cabe señalar que esta respuesta es importante, ya que el material CT-22 no posee vellosidades irritantes al contacto,

siendo ésta una característica que facilita su manejo.

En la Figura 1 se observa que la producción de MS aumentó de acuerdo a la frecuencia de corte, obteniéndose rendimientos de 2.56 t MS/ha/corte a los 70 días y de 15.96 t MS/ha/corte a los 130 días. Estos rendimientos de MS concuerdan con los encontrados por Palhano y Haddad (1992, citado por Girón, 2001), cuando evaluaron Costa cross (*Cynodon dactylon* (L.) a diferentes frecuencias de corte y Girón (2001) cuando estudió gramíneas forrajeras tropicales a diferentes edades de corte. En los trabajos de Polo (1995), bajo otras condiciones edafoclimáticas en el área Oriental de Panamá encontró producciones similares.

Al analizar la producción de materia seca de los cultivares por localidad se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) lo que indica un comportamiento diferente de los cultivares en las localidades. Los cultivares CT-22 y Taiwán A-144 produjeron rendimiento similar de materia seca en ambas localidades. CT-115 y CT-169 produjeron menor materia seca en Volcán que en Buena Vista. El rendimiento de materia seca en Volcán para CT-169, tan sólo representó 47.35% del producido en Buena Vista. Estas diferencias se asocian a características propias de las localidades que limitan la producción de forraje de los cultivares.

La altura de la planta es un parámetro que está correlacionado con el rendimiento de materia seca; a mayor altura mayor peso y es una respuesta fisiológica a la aplicación de nitrógeno, cuando crece en un medio donde existe mayor suministro de elementos nutritivos (Faría y col., 1997).

La altura promedio de todas las plantas, sin considerar el efecto de localidad, épocas del año, año, especies y frecuencia de corte fue de 1.24 m, con un coeficiente de variación de 19.88% y un $R^2 = 0.87$.

Al comparar la altura de las plantas por localidad, se encontró que las plantas en Buena Vista crecieron hasta 1.57 m, comparadas con la localidad de Volcán con 0.88 m. Este es un crecimiento muy bajo y está relacionado con las condiciones agroclimáticas del área (Langer, 1972).

Entre mayor frecuencia de corte mayor altura de las plantas, oscilando entre 1.10 y 1.97 m a los 70 y 130 días, respectivamente, para la localidad de Buena Vista; con respecto a Volcán, ésta varió de 0.53 a 1.20 m a los 70 y 130 días, respectivamente.

Relación hoja / tallo (H/T)

La relación hoja/tallo es un parámetro que ayuda a explicar la calidad nutricional de los forrajes, ya que la mejor calidad, en general, se encuen-

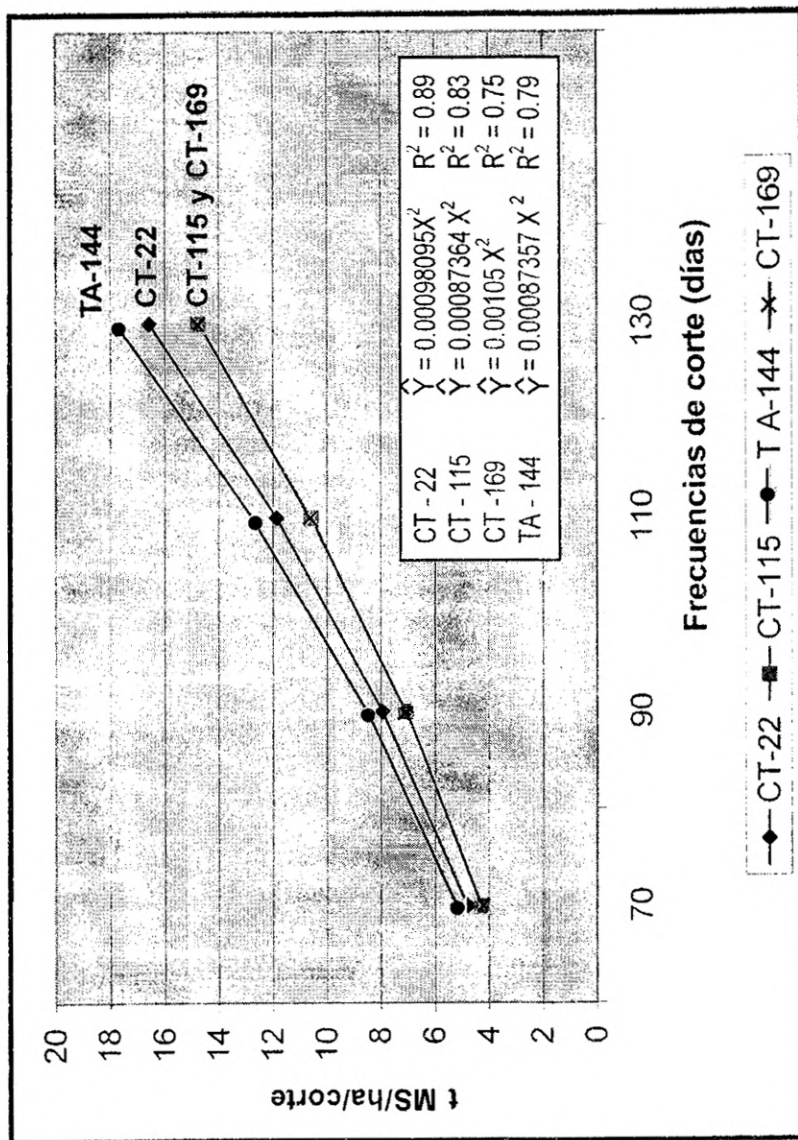


FIGURA 1. PRODUCCIÓN DE MS (t/ha/CORTE) DE CULTIVARES DE *Pennisetum purpureum* POR FRECUENCIAS DE CORTE.

tra en las hojas y el mayor contenido de fibra en el tallo y ésta se incrementa con la edad de la planta.

En ambas localidades, la relación hoja/tallo disminuyó con la edad de corte, para la localidad de Buena Vista. A los 70 días, ésta varió de 45.91-54.09% a 41.35 - 58.65%, a los 130 días. Para la localidad de Volcán, esta relación varió de 48.40 a 51.60% a los 70 días y de 41.21 a 58.79% a los 130 días. Como se observa, hubo tendencia a una mejor relación hoja/tallo del pasto en Volcán que en Buena Vista; esto se debió a que estos cultivares fueron seleccionados para ecosistemas ubicados a alturas inferiores a 1,000 msnm (Avila, 1997). En Volcán, a 1,250 msnm, la planta sufre estrés y para lograr una mejor respiración desarrolla una mayor lámina foliar como lo indica Langer (1972). Las plantas forrajeras se desarrollan de acuerdo a las condiciones agroclimáticas.

Proteína Cruda

La proteína cruda fue diferente ($P<0.01$) entre localidades, con valores entre 7.33 y 8.60% para Volcán y Buena Vista, respectivamente.

La proteína cruda de los cultivares en las dos localidades no fue diferente estadísticamente ($P>0.01$) (Cuadro 3).

Entre las frecuencias de corte, como se esperaba, hubo diferencia es-

tadística ($P<0.01$), con valores que oscilaron de 9.52 a 7.07% de los 70 a 130 días, respectivamente, en Buena Vista y de 8.64 a 6.20% de los 70 a 130 días, respectivamente en Volcán (Cuadro 3). Los valores más bajos estuvieron asociados a la mayor edad de corte, ya que a mayor edad, la planta se lignifica; sin embargo, estos valores están dentro de lo reportado por Fick y col. (1978) como aceptable para una gramínea forrajera y muy similar a los encontrados por Pinzón y Montenegro (2000) y Hertentains y Troetsch (1995) para el pasto Taiwán A-144, cuyos cortes se realizaron a los 45 y 60 días, respectivamente. Otra consideración es la documentada por Gomide (1978), citado por Girón (2001), donde indica que valores proteicos bajos se derivan de la alta producción de MS que ocasiona una menor concentración de la proteína cruda en la planta.

Fibra Detergente Ácida (FDA)

Los contenidos de fibra detergente ácida (FDA) de los pastos se presentan en el Cuadro 4. En ambas localidades, estos valores aumentaron con la frecuencia de corte. Para la localidad de Volcán, FDA varió de 37.49 a 44.84%, de los 70 a 130 días, respectivamente. Para Buena Vista, la misma osciló de 43.54 a 46.12%, para 70 a 130 días, respectivamente. Se observa que la FDA en ambas localidades fue similar; sin embargo, estos cultivares, de-

bido a estos porcentajes de fibra detergente ácida presentan problemas de consumo, cuando los valores son mayores de 40%, como lo indicaron Nussio y col. (1998), citados por Girón (2001).

Fibra Detergente Neutra (FDN)

Los valores de FDN encontrados en este estudio, aumentaron con la edad de corte en ambas localidades. Así, para la comunidad de Volcán ésta varió de 80.27 a 87.82%, de los 90 a 110 días de corte, respectivamente; en Buena Vista, las variaciones fueron de 81.46 a 84.02%, para los 70 a 110 días de corte, respectivamente. Estos valores concuerdan con los reportados por Wilkins (1969) y Reis y Rodríguez (1993), citados por Girón (2001), donde además indican que la FDN aumenta con la madurez de las plantas favorecidas por las altas temperaturas.

Digestibilidad in vitro de la Materia Seca (DIVMS)

La digestibilidad de la MS de los cultivares bajo estudio se presenta en el Cuadro 4, encontrándose que en Volcán, la DIVMS es ligeramente superior a la de Buena Vista. Esta respuesta se atribuye a que se registró mayor temperatura y ésta, según Van Soest (1994), citado por Girón (2001), bajo condiciones tropicales, promueven una rápida lignificación de la pared celular acelerando la actividad metabólica de la célula,

reduciendo los metabolitos del contenido celular.

Los mejores valores en DIVMS se encontraron a los 70 días de corte y éstos disminuyeron a medida que los cortes eran más tardíos. Independientemente de la edad de corte y los cultivares en estudio, la DIVMS osciló entre 39.41 y 48.09%, los cuales son relativamente bajos y se justifican por largas frecuencias de corte a que fueron sometidos estos pastos; valores similares fueron encontrados por Pinzón y Montenegro (2000) en Rambala, Bocas del Toro, cuando evaluaron cultivares de *Pennisetum purpureum* cada 45 días de corte.

Los contenidos de fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg), para cada cultivar y frecuencia de corte se presentan en el Cuadro 5.

El fósforo varió estadísticamente ($P<0.01$), con valores promedio de 0.29%; la mayor concentración fue de 0.33% a los 70 días y la menor, 0.22% a los 90 días. Entre cultivares, también hubo diferencia significativa ($P<0.01$) con valor promedio de 0.29%, la mayor concentración de fósforo (0.32%) se encontró en el cultivar CT-22.

El elemento calcio (Ca) varió significativamente ($P<0.01$) entre localidades con 0.34 y 0.47%, para Volcán

CUADRO 3. CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA (PC) DE ACUERDO A LA FRECUENCIA DE CORTE Y CULTIVARES DE *Pennisetum purpureum*.

Frecuencia de corte (días)	Buena Vista	Volcán	Cultivares	Buena Vista	Volcán
	PC, %			PC, %	
70	9.52a	8.64a	CT- 22	9.11a	6.94a
90	9.26a	7.61 b	CT-115	8.37a	7.25a
110	8.58a	6.87 b	CT-169	8.67a	7.85a
130	7.07 b	6.20 ^c bc	Taiwán A-144	8.28a	7.27a
Media General	8.60	7.33		8.60	7.33

Medias columna seguidas de la misma letra, no difieren entre sí ($P < 0.01$).

CUADRO 4. FIBRA DETERGENTE ÁCIDO (FDA Y FDN) Y DIGESTIBILIDAD *in vitro* DE LA MATERIA SECA (DIVMS) DE CULTIVARES DE *Pennisetum purpureum*.

FRECUENCIA DE CORTE (días)	BUENA VISTA		
	FDA %	FDN %	DIVMS %
70	37.49	----	44.43
90	45.62	80.27	42.23
110	43.44	87.82	39.41
130	44.84	----	39.49
	VOLCAN		
70	43.54	81.46	48.09
90	44.75	----	44.64
110	46.74	84.02	42.95
130	46.12	----	41.57

CUADRO 5. PORCENTAJE DE FÓSFORO (P), CALCIO (Ca) Y MAGNESIO (Mg) DE ACUERDO A LA FRECUENCIAS DE CORTE Y LOS CULTIVARES DE *Pennisetum purpureum* CUBA CT- 22, CT- 115, CT- 169 Y TAIWÁN A-144.

MINERALES		P	Ca	Mg
Frecuencia de Corte	70	0.33a	0.49a	0.49a
	90	0.22c	0.37b	0.36b
	110	0.32a	0.37b	0.42b
	130	0.27b	0.31b	0.41b
Promedio		0.29	0.39	0.42
Cultivares	CT-22	0.32a	0.47a	0.44a
	CT-115	0.28ab	0.39ab	0.40a
	CT-169	0.30ab	0.42ab	0.46a
	TAIWAN A-144	0.27b	0.33b	0.41a
Promedio		0.29	0.40	0.43

Medias seguidas de la misma letra, no difieren entre sí ($P>0.01$).

y Buena Vista, respectivamente. El mayor contenido de calcio en Buena Vista está asociada a la mayor concentración de este elemento en los suelos (Cuadro 2). El contenido promedio de Ca entre cultivares fue de 0.40%; estos valores variaron significativamente ($P<0.01$), con 0.47% para la especie CT-22 y 0.33% para el Taiwán A-144.

Entre frecuencias de corte se encontró en promedio 0.39% de Ca en la MS, variando estadísticamente ($P<0.05$), de 0.49% a los 70 días a 0.31 % a los 130 días. De igual manera, Oliveira (2000), citado por Girón (2001), observó que los contenidos de Ca de Tifton 85 se redujeron linealmente con la edad, variando de 0.56 a 0.37%, en el período de 14 a 70 días de rebrote.

El contenido de magnesio de las especies no varió estadísticamente entre sí ($P>0.01$) con valor promedio de 0.43%. Entre las edades de corte se encontró diferencias significativas ($P<0.01$), el mayor contenido de Mg fue de 0.49% a los 70 días y además, entre ésta y las demás edades de corte (90, 110 y 130 días de corte) no hubo diferencia significativa.

CONCLUSIONES

- ❖ Los cultivares cubanos CT-22, CT-115 y CT-169 presentaron producciones aceptables de materia seca, destacándose el CT-22 con rendimiento similar al Taiwán A-144, además de su característica de no presentar vellosidades,

lo cual lo hace un forraje adecuado para los sistemas de producción de leche en las tierras altas de Chiriquí.

- ❖ Analizando en conjunto los indicadores de frecuencia óptima de cosecha que incluyen producción de forraje, persistencia de la pradera y calidad del material cosechado, los *Pennisetum purpureum* deben cosecharse cada 90 a 110 días para las localidades de Buena Vista y Volcán, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁVILA, M.A. 1997. Los pastos y su manejo. En Programa de actualización a Especialistas del IDIAP - MIDA. Suplemento Pecuário. Panamá. Divisa, 17-21 de febrero, 1997. pp.101-141.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1970. Methods of Analysis. 11th ed. Washington, D.C. George Benta Company, Inc. 1,015 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. 13th ed. Washington, D.C.
- CÁCERES, C.; SANTANA, H. 1988. Influencia de la edad de cosecha sobre el valor nutritivo y rendimiento de nutrimentos de tres gramíneas forrajeras. Pastos y Forrajes 11: 183.
- FARÍA, R.J.; GONZÁLEZ, B.; MARMOL, J.F. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre el rendimiento total y distribución en hoja, tallo y material muerto de la materia seca del pasto Elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott). Rev. Fac. Agron. (Luz). 14: 417-425.
- FICK, K.R.; McDOWELL, L.R.; HOUSER, R.H. 1978. Current status of Mineral Research. In J. H. Conrad y L. R. McDowell (eds). Proceedings Latin American Symposium on Mineral Nutrition response with grazing ruminant. University of Florida, IFAS, Gainesville, USA. pp. 149-162.
- GIRÓN, J.A. 2001. Estudio de gramíneas forrajeras tropicales en diferentes edades. Disertación presentada en la Universidad de Lavras, como parte de las exigencias del curso de Postgrado en Zootecnia, área de concentración en forrajecultura y pastos, para optar el título de "Maestre".
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. 1977. Forage fiber analysis. USA, Department of Agriculture, Handbook 279. 20 p.

- HERRERA, R.S.; HERNÁNDEZ, Y. 1987. Efecto de la edad de rebrote en algunos indicadores de calidad de la Bermuda cruzada-1. I. Componentes solubles. Pastos y Forrajes 10: 160.
- HERRERA, R.; RAMOS, N. 1990. Evaluación Agronómica. In Herrera, R. (ed.). King grass, plantación, establecimiento y manejo en Cuba. EDICA, Cuba. pp. 111-170.
- HERTENTAINS, L.A.; TROETSCH, O. 1990. Evaluación de gramíneas tropicales en dos localidades de las tierras altas chiricanas. En Informes Técnicos Pecuarios. pp. 9-13.
- LANGER, R.H.M. 1972. How grasses grow. London: Edward Arnold Publishers. 60 p.
- MARTÍNEZ, R. O.; HERRERA, R. S.; CRUZ, R.; TUERO, R.; GARCÍA, M. 1994. Producción de biomasa con hierba elefante (*Pennisetum purpureum*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la ganadería tropical. I. Rendimientos. Revista Cubana Ciencia Agrícola 28: 229.
- PINZON, B.R.; MONTENEGRO, R. 2000. Evaluación del pasto Guallaca (*Brachiaria dictyoneura* CIAT 6133) en producción de carne. Ciencia Agropecuaria (Panamá) 10: 15-24.
- PINZÓN, B.R.; HERTENTAINS, L. 2001. Características, manejo y uso del pasto Taiwan *Pennisetum purpureum* cultivar A-144. IDIAP, Panamá. Plegable.
- POLO, E. 1995. Efecto de la fertilización nitrógeno fosfatada en la producción de materia seca y composición química del pasto *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf. CIAT 6780. En Informes Técnicos Pecuarios 1994-1995. pp. 61-65.
- SALINAS, A. 2003. Utilización del pasto Elefante. Sistemas de corte y pastoreo. Consultado 10 octubre 2003, disponible en <http://www.Ini.unipi.it/stevia/Supplemento/PAG4806.htm>
- WILL, J.M.; VALLE, G. 1990. Comportamiento del pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum*) fertilizado con efluente de biogas en época de máxima precipitación pluvial. Agronomía Mesoamericana 1: 69-71.

EFFECTOS TÓXICOS DEL COBRE SOBRE PLANTAS DE ARROZ. BARÚ, PANAMÁ. 1999.¹

Leonardo A. Marcelino²; Jaime Espinosa³

RESUMEN

El estudio se inició en abril de 1999, en la localidad de La Esperanza, Barú, Chiriquí, República de Panamá, con el objetivo de determinar la relación concentración de cobre y su efecto tóxico en plantas de arroz. El mismo se ubicó a 30 msnm, en una zona de la vertiente del Pacífico afectada por la contaminación con Caldo Bordelés, a los 08° 24' 20.6" latitud Norte y 83° 43' 27.6" longitud Oeste. Se estableció un vivero, con envases plásticos de 50 cm de altura, con un volumen de 16 lt; éstos tenían perforaciones en su base y fueron colocados a campo abierto, sin cobertura vegetal; el suelo fue obtenido en la localidad de Progreso, distrito de Barú, en un área no contaminada con cobre. Los tratamientos (microparcels) fueron dispuestos en un diseño Completamente al Azar; en concentraciones de cobre como $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (≤ 10 , 250, 500, 750 y 1,000 mg de cobre/kg de suelo seco). La siembra de plantas de arroz (variedad IDIAP-863) se realizó a una densidad equivalente a 113.62 kg/ha y se cosechó a los 120 días. El análisis de cobre en las estructuras de las plantas determinó, en las muestras de raíces, concentraciones de cobre de 1,847.6 mg/kg; las muestras compuestas de tallos y hojas presentaron niveles máximos de 4.8 mg/kg, registrándose en las muestras de panículas los valores más bajos (1.9 mg/kg). Se concluyó que la planta de arroz acumula altas cantidades de cobre en sus raíces; ello se explica por un mecanismo genético de defensa que reduce la traslocación del cobre a las partes aéreas de la planta. Las variables como altura de planta, total de granos por planta, granos llenos por planta, granos vanos por planta, panículas por planta y granos por panículas fueron afectadas negativamente en las concentraciones superiores a 500 mg de cobre/kg de suelo. Síntomas de la toxicidad del cobre como clorosis y pobre vigor de la planta de arroz se incrementaron a medida que aumentaban las concentraciones de cobre en el suelo.

PALABRAS CLAVES: *Oryza sativa*; arroz; suelo contaminado; sulfato de cobre; microparcels; crecimiento; Panamá.

¹ Marcelino, L.A. 2002. Estudio de los Posibles Efectos Toxicológicos del Sulfato de Cobre sobre Microorganismos del Suelo y Plantas de Arroz en el Distrito de Barú. Panamá. Tesis Mag. Sci. David, Panamá. USMA. 96 p.

² Ing. Agr. Gerente del PID-Plátano, IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC). e-mail: lmarcelino@idiap.gob.pa

³ Ph.D. Toxicología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Oriental (CIAOr). e-mail: jespinos@idiap.gob.pa

TOXIC EFFECTS OF COPPER IN RICE PLANTS. BARÚ, PANAMÁ. 1999.

This study began on april 15, 1999, in the locality of La Esperanza, Barú District, Province of Chiriquí, Republic of Panama, with the objective of determining concentrations of copper and the toxic effect in rice plants. The experiment was located at 30 masl, within a zone of the Pacific Ocean Slope, 08° 24' 20.6" North Latitude and 83° 43' 27.6" West Longitude, affected by Bordesles Broth contamination. A rice nursery was established in 0.5 m height plastic drums with capacity of 16 lt; holes were made at the bottom of all drums and they were placed in the open field without any covering. All drums were filled with soil from an area of Progreso, District of Barú, free of copper contamination. Treatments (microplots) were distributed following a Completely Randomized Design and consisted in adding copper from $\text{Cu}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ to soil in the drums, at ≤ 10 , 250, 500, 750 and 1000 mg of copper/kg of soil. Rice plants of IDIAP 863 variety were sowed in each drum at a density equivalent to 113.62 kg/ha. Rice plants were harvested after 120 days from microplots establishment. The analysis of copper in plant tissues showed copper concentrations of 1847.6 mg/kg in roots, a maximum of 4.8 mg/kg in stem and leaves combined samples, with the lowest values found in panicles (1.9 mg/kg). Experimental variables as plant height, total amount of kernels per plant, total amount of filled kernels per plant, total amount of empty kernels per plant, the amount of panicles per plant, and the amount of kernels per panicle were negatively affected by copper concentrations above 500 mg/kg of soil. Symptoms like yellowing and poor plant vigor were observed as copper concentrations in soil were increased.

KEY WORDS: *Oryza sativa*; rice; contaminated soil; copper sulphates; microplots; Panama.

INTRODUCCIÓN

El recurso suelo presenta la dicotomía de constituir el pilar básico en que se sustenta el equilibrio biótico natural y, al mismo tiempo, ser uno de los factores de producción más importantes de las actividades humanas, las cuales poseen un alto potencial modificador de los recursos y sistemas ambientales, como son la agricultura, la ganadería y la silvicultura, generando uno de los conflictos ambientales más importantes (Heckadon, 1999).

En la solución del suelo se encuentra muy poco cobre disponible en forma disuelta, estimándose que la solución de los suelos comúnmente contiene 0.01 mg/kg de cobre y que la cantidad real en el agua no debe sobrepasar 1% del suelo (Gar-

cidueñas, 1996). El cobre es absorbido por la planta sólo en bajas cantidades; el requerimiento de la mayoría de los cultivos es menor de 50 g/ha. A pesar de ello, hay suelos deficientes en cobre, lo cual puede limitar los rendimientos. Esto se interpreta debido a la baja movilidad del cobre divalente en el suelo (Belalcázar, 1991).

En el distrito de Barú, provincia de Chiriquí y principalmente en los corregimientos de Puerto Armuelles y Progreso, actualmente existen 2,500 ha de arroz que presentan niveles superiores a los 400 mg/kg de cobre, debido a las aplicaciones sistemáticas anteriores de Caldo Bordelés ($\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{CaOH}$) durante el período de 1932 a 1937, para el control de la enfermedad conocida

como Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum*) (Mahlberg, 1990).

En Barú, actualmente se siembran 4,000 ha de arroz que representan el 14.3% del total del área dedicada al cultivo de arroz en la provincia de Chiriquí, por lo cual este Distrito se constituye en parte fundamental para satisfacer las necesidades alimenticias de la población panameña. Informes del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA, 1999) señalan mermas de hasta un 22%, cuando se comparan los rendimientos obtenidos en parcelas con altos niveles de cobre (300 - 2,500 mg/kg) y los obtenidos en parcelas con niveles normales de este elemento (trazas $\leq$ 10 mg/kg).

El cobre, en solución acuosa y en concentraciones superiores a los 40 mg/kg, posee propiedades anti-bióticas, lo cual es indicativo potencial de un efecto contraproducente sobre cultivos y segmentos de la biota del suelo en aquellas áreas en las cuales se realizaron aplicaciones de Cu en altas concentraciones y prolongado tiempo. Niveles de cobre en el suelo dentro del rango de 0 a 2 mg/kg, aportan los niveles necesarios para el desarrollo óptimo de la planta de arroz. En Panamá no se ha determinado en qué medida las altas concentraciones de cobre en el suelo ejercen un efecto sobre el desarrollo y productividad de las plantas en general y, en el cultivo de arroz en particular, por lo cual se

planteó el presente estudio, para determinar la relación concentración de cobre y su efecto tóxico en plantas de arroz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se inició el 15 de abril de 1999, en la localidad de La Esperanza, distrito de Barú, provincia de Chiriquí, ubicada a 30 msnm, 08° 24' 20.6" latitud Norte y 83° 43' 27.6" longitud Oeste; con precipitación anual de 2,625 mm y temperatura promedio mensual de 28.3°C.

La investigación se realizó mediante un ensayo de campo establecido en un vivero a cielo abierto. Se utilizaron envases plásticos de 50 cm de altura, con un volumen de 16 lt, perforados en su base. En el fondo de cada uno de los recipientes, se colocó una capa de 7 cm de arena y el equivalente a 11 kg de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm que, en el análisis químico sólo mostró trazas de cobre ($\leq$ 10 mg/kg), de la familia Typic Hapludolls, textura franco-arenosa, isohypertérmico; pH 6.1; niveles altos de potasio (295.6 Cmol/kg), calcio (11.4 Cmol/kg) y materia orgánica (9.11%); niveles bajos de fósforo (6.1 mg/kg), aluminio (trazas), manganeso (7.5 mg/kg), hierro (10.8 mg/kg) y cobre (1.5 ug/ml). Por estar el sitio del estudio localizado en un área plana se presentan vientos superiores a 30 km/h durante la estación seca y un nivel

friático alto durante la época de lluvias; por lo cual se siguieron las recomendaciones de la Comunidad Económica Europea para este tipo de estudios (CEE, 1984).

Las micro-parcelas se distribuyeron en un Diseño Completo al Azar (DCA), con cuatro repeticiones y cinco tratamientos (≤ 10 , 250, 500, 750 y 1,000 mg de cobre/kg de suelo), utilizando sulfato de cobre pentahidratado como fuente de cobre, el cual se diluyó, según el tratamiento correspondiente, en cuatro litros de agua destilada. Esta solución fue agregada al suelo y mezclada mecánicamente hasta lograr homogeneidad, lo cual fue confirmado mediante análisis químico del Cu.

A las 24 horas de haber preparado las distintas concentraciones de cobre, en cada micro-parcela se marcaron tres surcos a 12 cm de distancia; y en cada una se sembraron cuatro semillas certificadas de arroz (*Oryza sativa*), variedad IDIAP-863, a una distancia de 8 cm entre plantas.

Para realizar los análisis de la concentración de cobre en las distintas partes de la planta de arroz, después de cuatro meses se procedió a la colecta al azar de muestras compuestas de raíces, tallos-hojas y panoja. Para el análisis de las mismas se utilizó la digestión ácida y la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, en

el Laboratorio de Diagnóstico de Bromatología del IDIAP, ubicado en Gualaca, provincia de Chiriquí.

Para el análisis de la información se utilizaron diferentes métodos estadísticos, según las características de los datos, incluyendo la transformación logarítmica ($\log_{10}$). Esto permitió obtener ecuaciones confiables empleando las curvas de respuesta al cobre resultantes mediante los siguientes modelos:

* **Muestras de raíces:** Regresión cuadrática con transformaciones logarítmicas.

* **Muestras de hoja-tallo y panículas:** Regresión cúbica con transformaciones logarítmicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de cobre en raíces

El modelo cuadrático de los datos reflejó un menor coeficiente de variación y un mayor coeficiente de determinación que el modelo lineal (Cuadro 1). Las concentraciones de cobre en las raíces fueron altamente significativas y aumentaron a medida que incrementó el cobre presente en el suelo (Figura 1); esta relación está representada por la ecuación de regresión:

$$\hat{y} = -0.440X + 2.288 \times 10^{-3}X^2$$

CUADRO 2. CUADRADOS MEDIOS PARA LA CONCENTRACIÓN DE COBRE DE TALLO-HOJA DE PLANTA DE ARROZ (mg/kg).

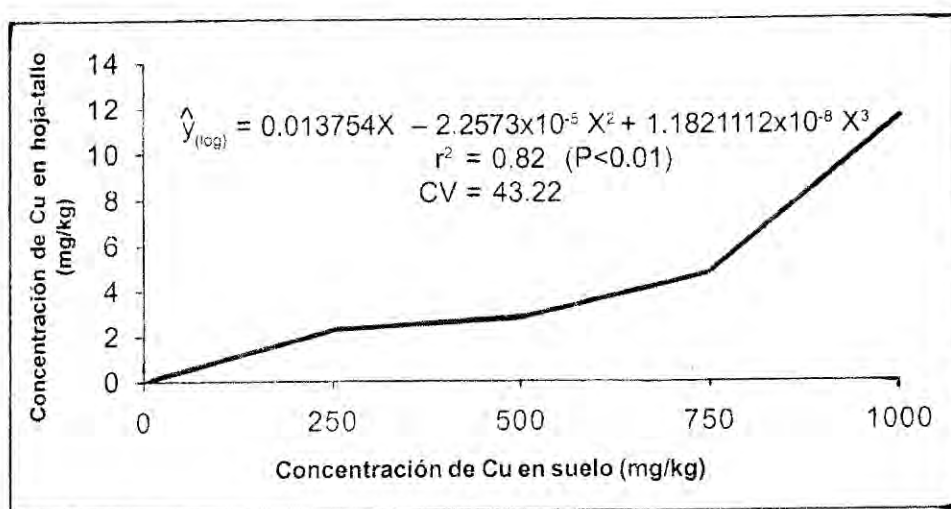
F de V	gl	CM	CV	r ²
Lineal	1	358.370062 **	89.02	0.73
Cuadrática	1	39.023887 **	57.17	0.79
Cúbica	1	7.460172 **	43.22	0.82
Residual	72			
Total	75			

** Diferencia altamente significativa (P<0.01)

CUADRO 3. CUADRADO MEDIO PARA LA CONCENTRACIÓN DE COBRE EN PANÍCULAS DE PLANTAS DE ARROZ (mg/kg).

F de V	gl	CM	CV	r ²
Lineal	1	305.594745 **	56.26	0.63
Cúbica	1	48.936336 **	45.37	0.80
Cuadrática	1	10.208570 **	43.22	0.82
Residual	77			
Total	80			

** Diferencia altamente significativa (P<0.01)

**FIGURA 2. RELACIÓN ENTRE CONCENTRACIONES DE COBRE EN SUELO Y TALLO-HOJA DE ARROZ.**

CUADRO 1. CUADRADO MEDIO PARA LA CONCENTRACIÓN DE COBRE EN RAÍCES DE PLANTAS DE ARROZ (mg/kg).

F de V	gl	CM	CV	r ²
Lineal	1	64473947 **	58.47	0.85
Cuadrático	1	6759801 **	35.89	0.95
Residual	78			
Total	80			

** Diferencia altamente significativa (P<0.01)

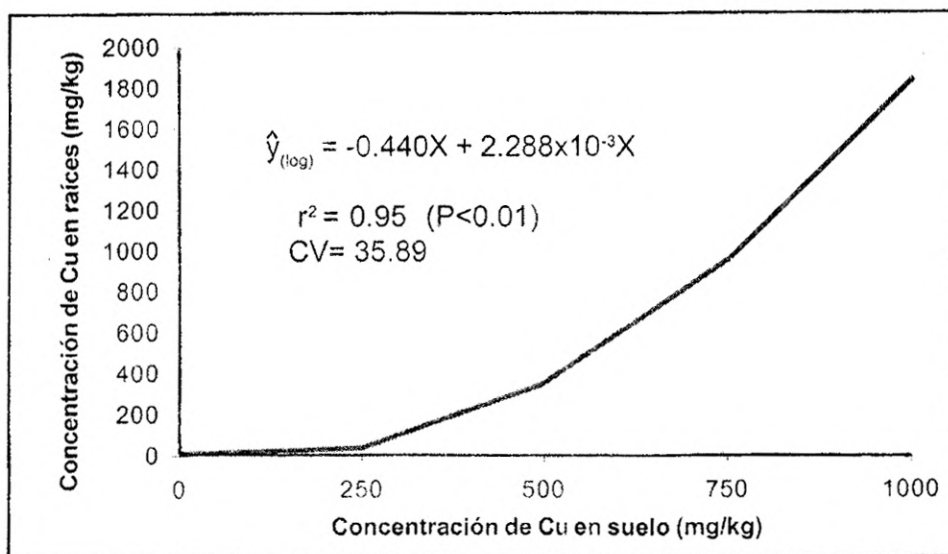


FIGURA 1. RELACIÓN ENTRE CONCENTRACIONES DE COBRE EN SUELO Y RAÍCES DE ARROZ.

Posteriormente, se registró un incremento del contenido de Cu en la raíz, a medida que el contenido de Cu en el suelo aumentaba de 250 - 750 mg/kg. La mayor acumulación de Cu en las raíces se observó cuando se aplicaron 750 - 1,000 mg de Cu/kg de suelo. Al respecto, Malavolta (1976) indicó que la capacidad reductora en la zona radicular o en la planta es un factor que controla la utilización diferencial de minerales en la planta, indicando que esta tolerancia a altos niveles de Cu es controlada genéticamente. Efectos similares han sido presentados por Haag y col. (1973) y Andrade (1973), citados por Malavolta (1976).

Contenido de cobre en tallo-hoja

Los resultados de los contenidos de cobre en el tallo - hoja, están dados por la ecuación:

$$\hat{y}_{(\log)} = 0.013754X - 2.2573 \times 10^{-5}X^2 + 1.1821112 \times 10^{-8}X^3$$

y plasmados en la Figura 2, en la cual el primer incremento exponencial se presenta en suelos con rango de 0 - 10 mg/kg de Cu. A partir de este nivel, la concentración de Cu en las muestras de hoja-tallo (Cuadro 2) se mantiene estable, hasta cuando los niveles de Cu en el suelo alcanzan los 500 mg/kg, para luego incrementarse

hasta cuando los niveles de Cu en el suelo alcanzan los 750 mg/kg. Desde este nivel hasta 1,000 mg/kg, se observa una marcada alteración en la acumulación de Cu en las muestras de tallo-hoja, hasta alcanzar la máxima concentración registrada (11.9 mg/kg).

Contenido de cobre en la panícula

Con las transformaciones logarítmicas de los datos ($\log_{10}$), se observó que el mejor ajuste se obtuvo con el modelo cúbico (Cuadro 3), que presenta un mejor coeficiente de variación ($CV = 43.22\%$) y un mayor coeficiente de determinación ($r^2 = 0.82$). Lo anterior permite que este pueda ser utilizado como modelo predictivo para la variable de respuesta *contenido de cobre en la panícula*, con base en la ecuación resultante:

$$\hat{y}_{(\log)} = 1.435 \times 10^{-2}X - 2.469 \times 10^{-5}X^2 + 1.277 \times 10^{-8}X^3$$

Los niveles de Cu en la panícula de las plantas de arroz, se mantienen bajos hasta el nivel de 250 mg/kg de Cu en el suelo (Figura 3). Posteriormente, hay una acumulación creciente y consistente hasta llegar al nivel de 750 mg/kg de Cu en el suelo y a partir de ese nivel hasta llegar a 1,000 mg/kg, ocurre un incremento acelerado en la acumulación de Cu en la panícula, llegando a alcanzar la máxima concentración registrada (1.9 mg/kg).

CUADRO 2. CUADRADOS MEDIOS PARA LA CONCENTRACIÓN DE COBRE DE TALLO-HOJA DE PLANTA DE ARROZ (mg/kg).

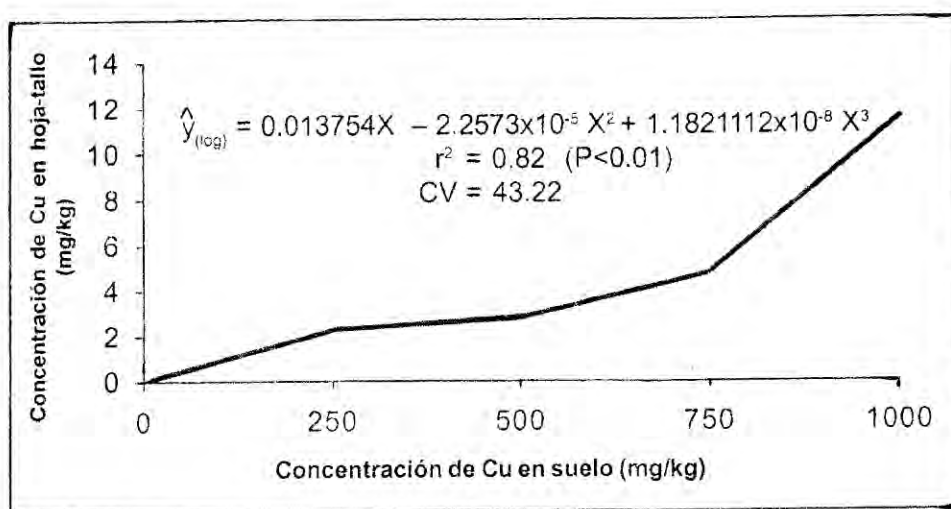
F de V	gl	CM	CV	r ²
Lineal	1	358.370062 **	89.02	0.73
Cuadrática	1	39.023887 **	57.17	0.79
Cúbica	1	7.460172 **	43.22	0.82
Residual	72			
Total	75			

** Diferencia altamente significativa (P<0.01)

CUADRO 3. CUADRADO MEDIO PARA LA CONCENTRACIÓN DE COBRE EN PANÍCULAS DE PLANTAS DE ARROZ (mg/kg).

F de V	gl	CM	CV	r ²
Lineal	1	305.594745 **	56.26	0.63
Cúbica	1	48.936336 **	45.37	0.80
Cuadrática	1	10.208570 **	43.22	0.82
Residual	77			
Total	80			

** Diferencia altamente significativa (P<0.01)

**FIGURA 2. RELACIÓN ENTRE CONCENTRACIONES DE COBRE EN SUELO Y TALLO-HOJA DE ARROZ.**

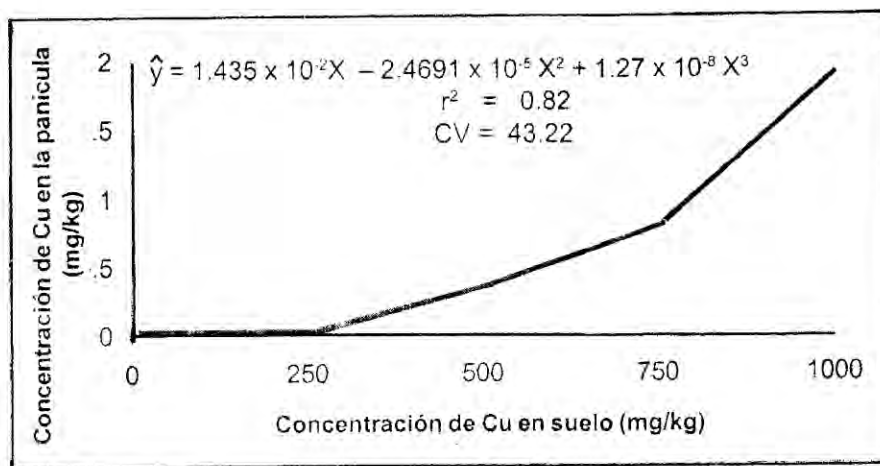


FIGURA 3. RELACIÓN ENTRE CONCENTRACIONES DE COBRE EN EL SUELO Y LAS PANÍCULA DE ARROZ.

b) EFECTOS DE LAS CONCENTRACIONES DE COBRE SOBRE LAS VARIABLES DE RESPUESTA A LA COSECHA

Los resultados de los análisis realizados a los datos registrados al momento de la cosecha de las plantas de arroz y con base en los análisis de varianza de los modelos de regresión cuadrática (con el mejor ajuste de los datos), se indican en el Cuadro 4.

Altura de la planta

Los resultados del efecto de los contenidos de cobre en el suelo sobre la altura de la planta de arroz, están representados en la Figura 4, cuyos valores están dados por la ecuación:

$$\hat{y}_{(\log)} = 7729.62 - 4.66X + 2.11 \times 10^{-3} X^2$$

En el punto inicial de esta curva, las plantas registraron una altura de 74.6 cm, lo cual está dentro del rango normal de altura de la variedad de arroz utilizada (IDIAP-863). A medida que aumentó la concentración de cobre en el suelo disminuyó la altura de la planta; este comportamiento se observa en la curva como una deflexión continua desde el nivel de ≤ 10 hasta 1,000 mg/kg de cobre en el suelo.

Panículas por planta

Los resultados del efecto de los contenidos de cobre en el suelo sobre el número de panículas por planta de arroz, están representados en la Figura 5 en donde se observa una reducción consistente de panículas por planta a medida que se incrementa el contenido de cobre en el suelo hasta 750 mg/kg de cobre;

CUADRO 4. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS MODELOS DE REGRESIÓN CUADRÁTICA PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTA A LA COSECHA DE LAS PLANTAS DE ARROZ.

F de V	gl			CM	CV %	r^2
	Modelo	Error	Total			
Altura de planta	2	197	199	86404150.76200	22.85	0.92
Granos por planta	2	197	199	60119483.61200	18.09	0.89
Paniculas por planta	2	197	199	1070.85714	11.31	0.85
Granos por planta	2	197	199	74813.17500	8.68	0.87
Granos vanos/panoja	2	197	199	53966.76214	32.42	0.82
Granos llenos por planta	2	197	199	246043.97714	16.64	0.93
Total granos vanos por planta	2	197	199	53966.76214	32.42	0.82

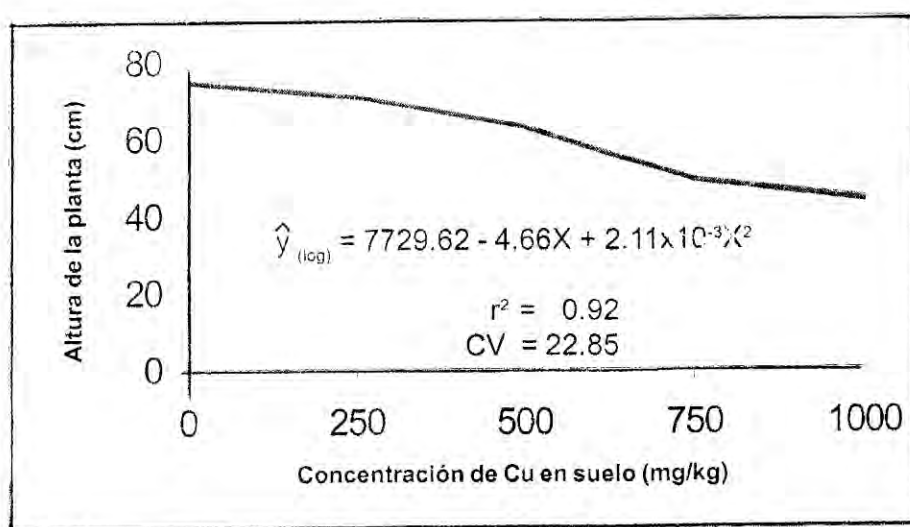


FIGURA 4. ALTURA DE PLANTA A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE COBRE EN EL SUELO.

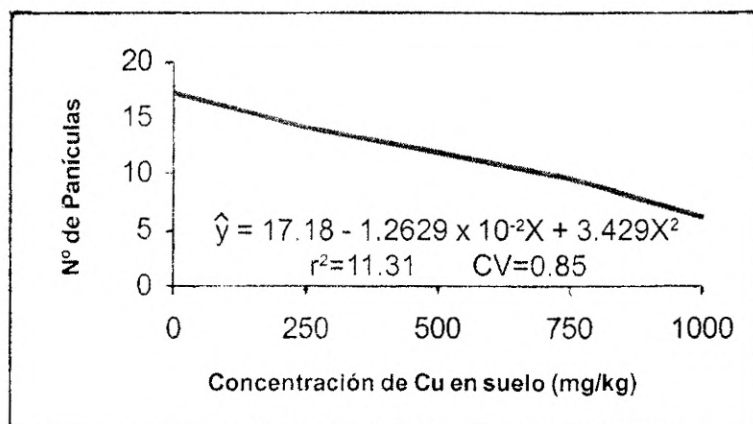


FIGURA 5. PANÍCULAS POR PLANTA DE ARROZ A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE COBRE EN EL SUELO.

posteriormente, se forma una deflexión más pronunciada en el intervalo de 750-1,000 mg/kg de cobre en el suelo.

Esta curva muestra que bajo condiciones de ≤ 10 mg/kg de Cu en el suelo, se puede esperar un rendimiento de 17.5 panículas por planta, lo cual le confiere a la densidad de la panícula una calificación de 9 y una categoría de compacta, según la escala de clasificación para variedades de arroz (IDIAP, 1998) y corresponde a la respuesta que pudiera esperarse de la variedad IDIAP-863, cultivada bajo condiciones favorables. El valor mínimo encontrado se registró a una concentración de 1,000 mg/kg de Cu en el suelo y fue de 6.4 panículas por planta, ubicando esta condición en una calificación de 4 y en una categoría de

muy abierta, según la escala de vigor del Centro de Investigación de Agricultura Tropical (CIAT) (IDIAP, 1998). Estos últimos resultados no corresponden a la expresión genotípica de la variedad IDIAP-863, cuando es cultivada bajo condiciones favorables y ello confirma el efecto tóxico del cobre sobre el arroz.

Granos por planta

El efecto de los niveles de Cu sobre el número de granos por planta, está representado en la Figura 6, donde se observa una tendencia a reducir el número de granos por planta a medida que se incrementan las concentraciones de Cu en el suelo. Esta reducción se presenta en forma exponencial y constante entre los niveles ≤ 10 y 750 mg/kg de Cu en el suelo, después de lo

cual decrece ligeramente hasta llegar a los 1,000 mg/kg de Cu en el suelo. El valor máximo alcanzado para la variable número de granos fue de 2,825 granos por planta y el más bajo, de 746 granos por planta en 1,000 mg/kg de Cu en el suelo.

Este resultado muestra claramente el efecto del Cu sobre la productividad de la planta.

Granos llenos por planta

La ecuación de un modelo de regresión cuadrático para la variable

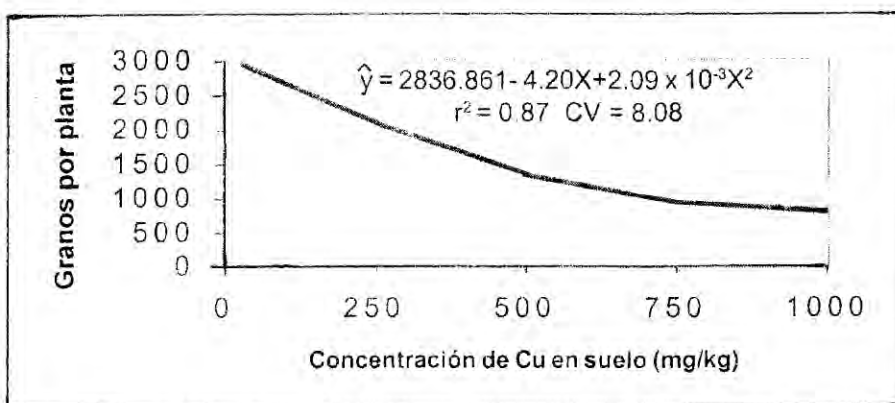


FIGURA 6. GRANOS POR PLANTA A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE COBRE EN EL SUELO.

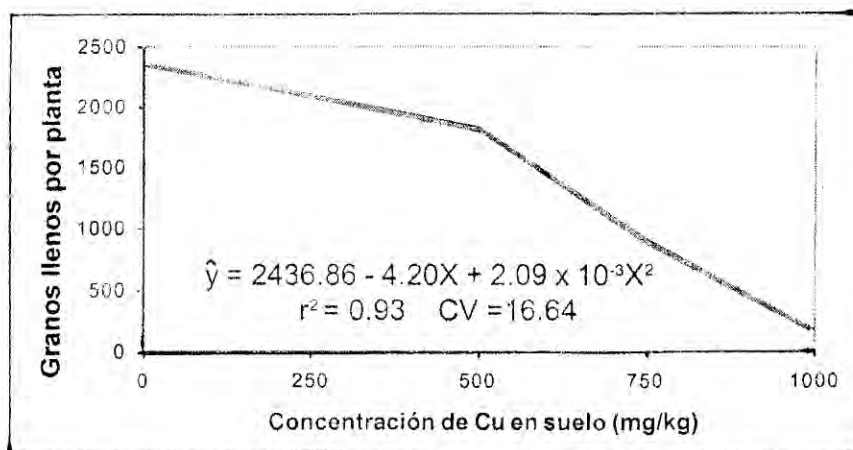


FIGURA 7. GRANOS LLENOS POR PLANTA A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE COBRE EN EL SUELO.

granos llenos por planta presenta una curva con un punto de deflexión bien definido en el nivel de 500 mg/kg de Cu en el suelo, que parte desde 2,428 granos llenos por planta (≤ 10 mg/kg de Cu) y decrece hasta un valor de 1,723 granos por planta (500 mg/kg de Cu en el suelo). En este punto, la curva presenta una pronunciada deflexión que continúa decreciendo hasta 923 granos llenos por planta (750 mg/kg de Cu en el suelo) y continúa decreciendo hasta caer a 243 granos llenos por planta (1,000 mg/kg de Cu) tal como se aprecia en la Figura 7.

Total de granos vanos por planta

La evaluación de la curva de respuesta resultante, para la variable granos vanos por planta, muestra que se presenta un incremento continuo del número de granos vanos a medida que aumenta la concentración de Cu en el suelo. Esta tendencia se incrementa a partir de 750 mg/kg de Cu en el suelo, después de lo cual se nota una aceleración en el total de granos vanos por planta tal como se aprecia en la Figura 8.

El valor numérico reportado de granos vanos por planta fue de 110 en una concentración de ≤ 10 mg/kg de Cu en el suelo y el más alto fue de 548 en la concentración de 1,000 mg/kg de Cu en el suelo.

Para una mejor comprensión de las respuestas obtenidas, deben considerarse en forma integral todos los resultados y tendencias observadas en las variables anteriormente descritas. Adicionalmente, se debe tener presente que los resultados observados son el producto de la interacción existente entre el suelo, la planta y los elementos presentes en el suelo, ya que la absorción de los minerales y nutrimentos obedece a condiciones internas y externas a la planta (Mascarenhas, 1973). Malavolta (1976) señala que la materia orgánica tiene la capacidad de formar quelatos con nutrimentos utilizados por las plantas, regulando de esta manera la entrada de éstos al xilema de las raíces. En este sentido, hay que tomar en cuenta que el suelo empleado en el estudio posee 9.11% de materia orgánica y un pH 6.1 (muy ácido); ambos son factores que afectan la disponibilidad del Cu aplicado en los distintos tratamientos.

Además, el Cu sólo es asimilado por la planta en forma de ión divalente (Cu^{++}) (Haddad, 1994) y la materia orgánica del suelo ejerce un efecto quelatante sobre altos niveles de Cu disponible en el suelo disminuyendo el efecto fitotóxico sobre el cultivo de arroz. Este efecto amortiguador del suelo sobre el cobre, lo lleva a una condición quelatizada, dificultándole la penetración a la raíz de la planta. Además, el pH ácido del suelo puede reducir la accesibilidad del Cu para ser

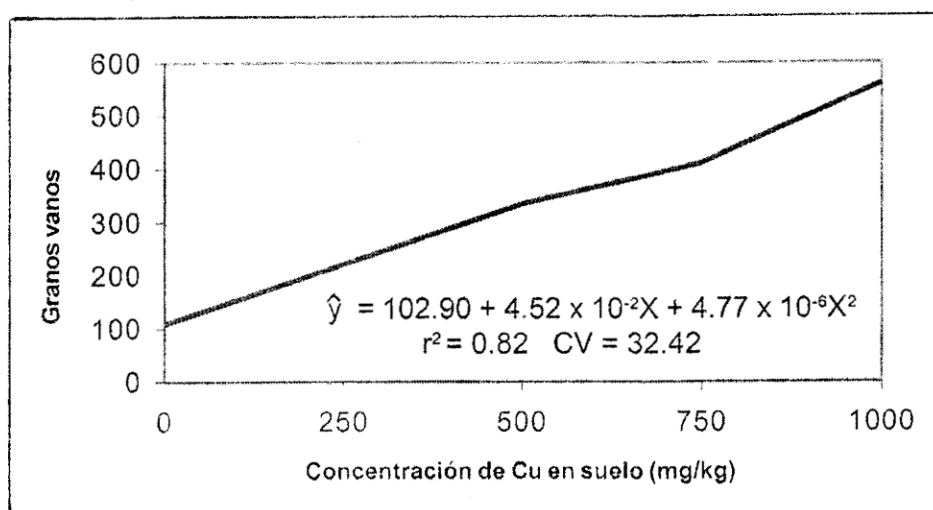


FIGURA 8. GRANOS VANOS POR PLANTA A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE Cu EN EL SUELO.

asimilado por la planta. Estas son algunas de las interacciones que explicarían por qué a niveles de 250 mg/kg de Cu no se presentaron diferencias marcadas con el testigo (≤ 10 mg/kg del suelo) en todas las variables de producción estudiadas y del por qué a ese rango de concentración de cobre, no se observó grandes acumulaciones de este metal en la raíz, tallo-hoja ni en la panícula.

A medida que las concentraciones de Cu en el suelo fueron superando los 500 mg/kg y aproximándose a los 750 mg/kg, el efecto amortiguador se fue reduciendo; por lo cual se presentó una mayor penetración de cobre en el xilema induciendo una alta concentración de cobre en otras estructuras de

la planta y también efectos detrimentales sobre las variables de producción de arroz. Por lo anteriormente expuesto, en las curvas de respuesta estudiadas se observa que de 250 - 750 mg/kg de suelo ocurre un cambio en la curva, que de una u otra manera perjudica las respuestas del cultivo.

Otro de los mecanismos que explica el comportamiento de las curvas de respuestas, es la capacidad genética de la planta para concentrar en sus raíces altos niveles de metales; en este caso Cu, evitando así la intoxicación de toda la planta (Malavolta, 1976). Este sistema preventivo puede retener altas concentraciones de Cu en las raíces de arroz hasta niveles de 750 mg/kg de Cu en el suelo y lograr que aun a

esas altas concentraciones de cobre se obtuviera algún grado de cosecha.

La capacidad de retención de metales, anteriormente señalada, tiene una elasticidad definida y fue sobrepasada en los rangos superiores a 750 mg/kg, por lo cual en todas las curvas de respuesta para las variables estudiadas se aprecia un punto de inflexión o deflexión en ese nivel de concentración, posterior a lo cual las curvas de respuesta tienden a aumentar, según sea el efecto del Cu sobre la variable.

Amaral (1989), citado por Romero (1995), señala que una alta relación Cu/Fe o Cu/Mo en el suelo causa una menor absorción de Fe y Mo. Generalmente las deficiencias de Fe ocurren por el exceso de elementos como Cu, Ca, Mg, Mn o Zn (Palencia, 1980). Gargantini (1980) indica que el Fe parece estar relacionado con la síntesis de RNA y se encuentra formando parte de una ferroproteína en los ribosomas; en su ausencia, los cloroplastos no ejercen adecuadamente su función en el proceso de fotosíntesis.

CONCLUSIONES

- ❖ Se presentan diferencias en el desarrollo, rendimiento y concentración de cobre en la planta de arroz según la concentración de cobre en el suelo.

- ❖ El desarrollo, rendimiento y calidad del grano de arroz se ve reducido, en el cultivo de arroz, en la medida que aumenta la concentración de cobre en el suelo, siendo crítico niveles sobre los 500 mg/kg.
- ❖ La planta de arroz acumula altas concentraciones de cobre en el sistema radicular como mecanismo genético de tolerancia a la toxicidad de cobre en el suelo.
- ❖ La planta de arroz regula la traslocación del cobre a estructuras aéreas como tallo, hojas, panículas y granos.
- ❖ Los mecanismos genéticos de tolerancia funcionaron hasta una concentración de 500 mg/kg de cobre en el suelo.

RECOMENDACIONES

- ◆ Se deben realizar ensayos de campo, en el cultivo de arroz, para inactivar el efecto fitotóxico del cobre en los suelos que han tenido tradición bananera usando algunas enmiendas.
- ◆ Se requiere realizar otros estudios para determinar en fincas del productores el nivel crítico de toxicidad del cobre sobre plantas de arroz en suelos con altas concentraciones de cobre.

BIBLIOGRAFÍA

- BELÁCÁZAR, S. 1991. El cultivo del Plátano en el Trópico. Manual de asistencia técnica No. 50. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Armenia, Colombia. pp. 223-247.
- COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA (CEE). 1984. Directive 79/831, Annex V, Part C: Methods for the determination of ecotoxicity level 1, earthworms-artificial soil. Comm. Eur. Communities, DG. XI/128/82. Paris.
- GARCIDUEÑAS, M. 1996. Fisiología Vegetal Aplicada. 3a. ed. McGraw-Hill. México. 354 p.
- GARGANTINI, P. 1980. Fisiología de las Plantas. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. 2a ed. México. 187 p.
- HADDAD, O. 1994. Nutrición y predicción en cultivos intensivos de banano en Los Valles de Arauca. Apuntes Técnicos Palmaven. Caracas, Venezuela. 61 p.
- HECKADON, S. 1999. La Cuenca del Canal: Deforestación, Urbanización y Contaminación. PMCCA/ Sumario Ejecutivo. 119 p.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ (IDIAP). 1998. Descripción de la variedad IDIAP-863. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. (Folleto).
- MALAVOLTA, L. 1976. Determinación del efecto de los metales sobre el metabolismo y desarrollo de los cereales. Universidad Autónoma de Tolima. México. pp. 234-276.
- MAHLBERG, G. 1990. Schwermetalle in Boeden, Pflanzen, Fließgewässern und ihren Sedimenten im Bananenanbaugebiet. Barú, Panamá. Ruprecht Karls-Universität, Heidelberg. p.128.
- MASCARENHAS, H. 1973. Acumulación de materia seca, absorción y distribución de elementos durante el ciclo vegetativo de los cultivos. Instituto Agronómico, Campinas. Boletín Técnico No.6. 87 p.
- MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO (MIDA). 1999. Resultados de las actividades productivas del cultivo de arroz mecanizado en la provincia de Chiriquí. Año agrícola 1998-99. Ministerio de Desarrollo Agropecuario. Panamá. Comisión Técnica de Arroz. 10 p.
- PALENCIA, J. 1980. Características morfológicas, físicas y químicas de algunos suelos derivados de

cenizas volcánicas en Centroamérica. Turrialba. Costa Rica. pp. 325-332.

ROMERO, S. 1995. Control de las enfermedades de las plantas. Centro de Fitopatología, Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma Chapingo, México. 56 p.

EFFECTO DEL BANCO DE KUDZÚ SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE A BASE DE *Brachiaria decumbens* DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA. GUALACA, PANAMÁ.

Manuel H. Ruiloba¹

RESUMEN

Con el propósito de evaluar el efecto complementario de un banco de Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) sobre la producción de leche a base de *Brachiaria decumbens*, se llevaron a cabo dos experimentos utilizando un diseño de Doble Reversión y dos tratamientos (TR): (1) Pastoreo en *B. decumbens* (TB) y (2) Pastoreo en *B. decumbens* con acceso restringido a un banco de Kudzú (TBK). Los mismos se realizaron en el período lluvioso, pero en años diferentes. En el primer experimento se usaron 13 vacas cruzadas Holstein x Cebú, con un promedio de lactancia de 75 días. La gramínea se manejó rotacionalmente con 3 vacas/ha, fertilización completa y rotación. El banco de Kudzú se pastoreó con 15 vacas/ha, por una hora diaria después del ordeño de la mañana y fertilización fosfórica. Cada vaca recibió 1.0 kg de melaza con 2% de urea (base fresca) en el ordeño de la mañana y de la tarde. En el segundo experimento, se utilizaron las mismas parcelas de *B. decumbens* y Kudzú, pero la gramínea no se fertilizó y se redujo la carga animal a 2.0 vacas/ha; para esto se utilizaron 12 vacas cruzadas Holstein x Cebú, con un promedio de lactancia de 68 días. En el primer experimento, la disponibilidad de materia seca (DMS), proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) promedio de la gramínea fueron de 2,476 kg/ha, 8.63% y 47.70%, y para la leguminosa, de 1,972 kg/ha, 20.42% y 44.71%, respectivamente. El consumo promedio de Kudzú, determinado con la técnica de jaulas, fue de 1.64 kg MS/animal/día. La producción de leche (PLE) no fue afectada por el banco de Kudzú ($P>0.824$), con un promedio de 9.40 lt/vaca/día. El contenido de sólidos totales y grasa de la leche y el cambio de peso vivo (CPV) de las vacas tampoco fue afectado por el banco ($P>0.182$), con promedios de 12.96%, 4.21% y 0.470 kg/vaca/día, respectivamente. En el segundo experimento, la DMS, PC y DIVMS promedio de la gramínea fueron de 1,915 kg/ha, 4.93% y 43.77% y de la leguminosa, de 2,282 kg/ha, 17.17% y 43.20%, respectivamente; se destaca la disminución apreciable de PC en la gramínea. La PLE resultó afectada por los TR ($P<0.046$), con promedios de 8.44 y 9.27 lt/vaca/día para TSK y TCK, respectivamente. Sin embargo, el CPV no resultó afectado ($P>0.787$), con un promedio de 0.177 kg/vaca/día. La utilización restringida del banco de Kudzú sólo mejoró la producción de leche cuando la gramínea presentó un bajo nivel de PC (4-5%), por lo que se concluye que su efecto sobre la producción de leche depende de las necesidades protéicas del animal y del contenido protéico de la gramínea.

PALABRAS CALVES: Alimentación de los animales; vacas lecheras; pastoreo; leguminosas forrajeras; *Pueraria phaseoloides*; *Brachiaria decumbens*; período lluvioso; Panamá.

¹ Ph.D., Nutrición Animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC). Estación Experimental Agropecuaria Ing. Carlos Ortega. Gualaca, Chiriquí, Panamá.
e-mail: hruiloba@idiap.gob.pa

EFFECT OF THE KUDZU BANK OVER MILK PRODUCTION BASED ON *Brachiaria decumbens* DURING THE RAINING SEASON. GUALACA, PANAMA.

Intending to evaluate the complementary effect of a Kudzu bank (*Pueraria phaseoloides*) over milk production based on *Brachiaria decumbens*, two studies were conducted at the Gualaca's Experimental Station. The experiments were analyzed using a double reversion design and two treatments (TR) were studied: grassing on *B. decumbens* (TSK) and grassing on *B. decumbens* plus restricted access to a Kudzu bank (TCK). The studies were performed during the raining season, but in different years. Thirteen cross breeding cows (Holstein x Zebu) with a milk period average of 75 days were utilized for the first study. The grass was managed a rotational manner with 3 heads/ha, complete fertilization and rotation. The Kudzu bank was grassed with 15 heads/ha, grassing continuously 1 hour daily after cows were milked in the morning and with a phosphoric fertilization. Each cow received 1.0 kg of molasses with 2% of urea ("as fed" basis) during the milk process in the morning and afternoon. For the second experiment the same plots of *B. decumbens* and Kudzu were used, but the grass was not fertilized and the animal units were reduced to 2.0 cows/ha. In this study, 12 cattle (Holstein x Zebu) with a milk period average of 68 days were utilized. Results for the first study revealed that the dry matter availability (DMS), crude protein (CP) and the *in vitro* digestibility of the dry matter (IVDDM) for the grass were 2,476 kg/ha, 8.63% and 47.7%, and for the legume were 1,272 kg/ha, 20.42% and 44.71%, respectively. The average intake of Kudzu, determined by the cage technique, was 1.64 kg of DM/100 kg of body weight/day. Milk production was not affected by the Kudzu bank ($P>0.824$) and it was 9.4 lt/cow/d. Total solids and fat contents of the milk and body weight (BW) were also not affected by the bank ($P>0.182$) with means of 12.96%, 4.21% and 0.470 kg/cow/day, respectively. In the second study, grass averages for DMS, CP and IVDDM were 1,975 kg/ha, 4.93% and 43.77%, respectively and for the legume, 2,282 kg/ha, 17.17% and 43.2%, respectively. There was an important reduction of CP for the legume. Milk production resulted affected by the treatments ($P>0.046$) with means of 8.44 and 9.27 lt/cow/day for TSK and TCK, respectively. In contrast, body weight gain was not affected ($P>0.787$) with a mean of 0.177 kg/cow/day. The restricted utilization of the Kudzu bank just increased milk production when the legume had low CP (4-5%); therefore, it is concluded that its effect over milk production depends on the animal requirements of proteins and on the protein content of the legume.

KEYWORDS: Animal feeding; milk cows; grassing; legumes; *Pueraria phaseoloides*; *Brachiaria decumbens*; raining season; Panama.

INTRODUCCIÓN

El pasto *Brachiaria decumbens* cv Señal (Basilisk) permite producciones de leche de 7 a 10 lt/vaca/día durante el período lluvioso, con carga animal entre 2.5 y 3.5 vacas/ha (De la Torre y col., 1977; Iglesias y De La Lastra,

1986); una mayor producción requiere de suplementación alimenticia.

La *B. decumbens* presenta valores de proteína cruda entre 4.5 y 9.5% y digestibilidad de la materia seca de 45.0 a 60.0% (Otoya, 1986; Trujillo y col., 1986). Las leguminosas son

fuentes de suplementación protéica para el ganado alimentado a base de gramíneas, ya sea como forraje fresco de corte, asociación o banco de proteína. Sin embargo, este efecto suplementario depende de la calidad de la gramínea y de la leguminosa.

El Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) es una leguminosa que se adapta y crece bien en áreas tropicales, presenta un contenido de proteína cruda (PC) en la planta entera entre 13.0 y 23.0%, pero una baja digestibilidad de la materia seca (DMS) entre 40 y 50% (Ortega y Samudio, 1978; CIAT, 1983; Barbosa de Mattos y Silveira Pedreira, 1984; Giraldo y col., 1989; Mosquera y Lascano, 1992; Ruiloba y Saldaña, 1995).

De la Torre y Villarreal (1990) no reportaron efecto del Kudzú sobre la producción de leche en *B. decumbens*, posiblemente debido a que el aporte de nutrimentos de esta leguminosa fue bajo o hubo una sustitución de la gramínea por la leguminosa, con un mayor aporte de proteína, pero un menor aporte energético. En cambio, Arosemena y col. (1987) obtuvieron un efecto positivo del Kudzú sobre la producción de leche en pasturas de *B. humidicola*. Con otras leguminosas, el efecto sobre la producción de leche ha sido variado (Álvarez y Preston, 1976; Herrera y Guerrero, 1991; Lara y Reátegui, 2001; Romero y González,

2001), lo que pudo deberse a la calidad nutricional de la gramínea.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto sobre la producción de leche de la complementación de pasturas de *Brachiaria decumbens* cv Señal, con un banco de Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) durante el período lluvioso, pero con dos condiciones de calidad de la gramínea.

METODOLOGÍA

El trabajo se realizó durante el período 1995-1996, en la Estación Experimental Agropecuaria Carlos Ortega (IDIAP), ubicada en Gualaca, Chiriquí, entre los 8° 39' 20" latitud Norte y 82° 10' 10" longitud Oeste, a una altura de 70 msnm, con temperatura anual promedio de 26°C, precipitación pluvial anual promedio de 3,728 mm, de los cuales 292 mm corresponden a la época seca, suelo inceptisol con pH entre 4.5 y 5.5, materia orgánica de 3.8%, bajo en fósforo (2.0 mg/kg), potasio (0.14 cmol/kg), calcio (2.0 cmol/kg) y alto en aluminio (1.0 cmol/kg) y clima tipo Bosque Húmedo Premontano.

Se realizaron dos experimentos en años consecutivos (1995-1996) durante la época lluviosa, pero bajo diferentes condiciones de manejo de la gramínea entre años, para lograr dos niveles en su calidad nutricional. En

cada experimento se utilizó un diseño de Doble Reversión y se estudiaron dos tratamientos (TR): (1) Pastoreo en *Brachiaria decumbens* (TB) y (2) pastoreo en *B. decumbens* con acceso restringido en un banco de Kudzú (TBK). Se utilizaron dos grupos de vacas, en dos secuencias de manejo de acuerdo a los tratamientos (grupo secuencial, GS) y tres periodos experimentales (PE) de 28 días cada uno.

En el primer experimento se utilizaron 13 vacas cruzadas Holstein x Cebú, multíparas, con una lactancia promedio de 75 días (± 23.0), 436 kg de peso vivo (± 57.8) y 10.5 lt de leche/día (± 2.6). La *B. decumbens* se manejó con 3.0 vacas/ha, dos días de pastoreo y 22 días de descanso; fertilización a base de 60 kg de P_2O_5 y 30 kg de K_2O /ha/año, en una aplicación al inicio de la época lluviosa y 100 kg de N/ha/año, en tres aplicaciones durante el período lluvioso. Las vacas pastorearon juntas la gramínea, excepto durante el período de pastoreo en el banco de Kudzú.

El banco de Kudzú se pastoreó en forma continua, con una carga de 15 animales/ha, por una hora diaria, inmediatamente después del ordeño de la mañana. Al terminarse el tiempo de pastoreo en el banco, las vacas se unían al resto del grupo en la gramínea. El banco se fertilizó con 50 kg de P_2O_5 /ha/año, aplicados al inicio del período lluvioso.

Las vacas se ordeñaron mecánicamente dos veces al día, sin el ternero y cada una recibió 1.0 kg de melaza con 2% de urea (base fresca) en el ordeño de la mañana y de la tarde; además, una mezcla de sal mineralizada (12% Ca y 7% P), a libre consumo. También recibieron un manejo sanitario que incluía desparasitación semestral y baños mensuales.

En el segundo experimento, se utilizaron las mismas parcelas de *B. decumbens* y banco de Kudzú del primer experimento, con el mismo manejo, excepto que no se fertilizó la gramínea y se disminuyó la carga animal a 2.0 vacas/ha. Se utilizaron 12 vacas cruzadas Holstein x Cebú, multíparas, con una lactancia promedio de 72 días (± 43.0), 449 kg de peso vivo (± 68.4) y 8.5 lt de leche/día (± 2.2). La alimentación suplementaria, manejo sanitario y ordeño fue similar al utilizado en el primer experimento.

En ambos experimentos se midió la disponibilidad de forraje en oferta por período experimental en la gramínea, utilizando la técnica del marco muestral, a una altura de 10 cm. La misma medición se hizo en el banco de Kudzú, pero a una altura de 15 cm. Se tomaron muestras para el análisis de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca, de acuerdo con la técnica de Tilley y Terry (1963). En el primer experimento se midió el consumo de leguminosa utilizando la

técnica de jaulas y la fórmula de Linehan, Lowe y Sterwart (Mendoza y Lascano, 1986). En el segundo experimento se midió la selectividad en la gramínea, usando un novillo fistulado, previamente adaptado a la *B. decumbens*. A las 8:00 a.m. se vació el contenido ruminal del animal fistulado y pastoreó la gramínea por una hora. Luego, a este animal se le tomó una muestra representativa del contenido ruminal, la cual se lavó con agua y se secó a 65°C para análisis químico. Esto se hizo en los dos días de pastoreo correspondientes a la parcela seleccionada al azar en cada período experimental.

En ambos experimentos, la producción de leche individual se midió durante los últimos siete días de cada período experimental. En el primer experimento se tomaron muestras compuestas, por período experimental, para análisis de sólidos totales y grasa.

En el segundo experimento se estableció el comportamiento de las vacas en el banco de Kudzú durante el tiempo de estancia en el banco. Para esto, cada 10 minutos se contaron las vacas que estaban en proceso real o efectivo de pastoreo; esta determinación se realizó durante siete días consecutivos.

Los experimentos se analizaron estadísticamente en forma separada, mediante la prueba de normalidad de

Shapiro-Wilk (López y col., 2000) y un análisis de varianza de acuerdo con el procedimiento descrito por Quiroz y Ruiloba (1990), cuyo modelo es el siguiente:

$$Y_{ijk} = U + GS_i + VA_j(GS_i) + PE_k + GS_i * PE_k + E_{ijk}$$

donde:

U = Media general

GS_i = Efecto del i -ésimo grupo secuencial

$VA_j(GS_i)$ = Efecto de la j -ésima vaca anidada en el i -ésimo grupo secuencial

PE_k = Efecto del k -ésimo período experimental

$GS_i * PE_k$ = Efecto interactivo entre el i -ésimo grupo secuencial y k -ésimo período experimental, lo que representa el efecto de tratamiento (TR)

E_{ijk} = Error aleatorio asociado al k -ésimo período experimental, de la j -ésima vaca, dentro del i -ésimo grupo secuencial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1

La disponibilidad de materia seca (DMS), contenido de proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de la gramínea y de la leguminosa se presentan en el Cuadro 1. La DMS de la gramínea indicó un patrón de crecimiento de acuerdo al reportado por Montenegro y col. (1995) para *Brachiarias*, con un aumento al inicio del período lluvioso y una disminución progresiva a través del resto del año. La presión de pastoreo promedio fue de 6.77 kg MS/100 kg de peso vivo/día (± 1.49). De acuerdo a Cubillos y col. (1981), esta presión de pastoreo es adecuada para gramíneas. Los contenidos de PC y DIVMS de la gramínea no variaron apreciablemente y están dentro de los valores esperados para esta gramínea durante el período lluvioso (Otoya, 1980; Trujillo y col., 1986).

La disponibilidad de MS del Kudzú disminuyó a través del tiempo (Cuadro 1), producto de la alta carga animal o del sistema de pastoreo continuo utilizado, lo cual afecta el crecimiento de la planta. Esta situación afectó el consumo de leguminosa, el cual disminuyó a través del tiempo, con valores de 2.00, 1.82 y 1.09 kg MS/vaca/día en el período 1, 2 y 3, respectivamente. El contenido de PC y DIVMS del Kudzú varió dentro del rango esperado (Ortega y Samudio, 1978; CIAT, 1983; Barbosa de Mattos y Silveira Pedreira, 1984; Mosquera y Lascano, 1992). Sin embargo, estas DIVMS fueron menores al valor promedio reportado por Minson y Wilson (1980) para leguminosas tropicales (56.6%, base seca).

La producción de leche (PLE, lt/vaca/día) (Cuadro 2) presentó una distribución normal. El análisis de varianza se presenta en el Cuadro

CUADRO 1. DISPONIBILIDAD DE MATERIA SECA (DMS), CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA (PC) Y DIGESTIBILIDAD *in vitro* DE LA MATERIA SECA (DIVMS) DE *Brachiaria decumbens* Y KUDZÚ. EXPERIMENTO 1.

Período experimental	<i>B. decumbens</i> (*)			Kudzú(*)		
	DMS (kg/ha)	PC (% - base seca)	DIVMS (%)	DMS (kg/ha)	PC (% - base seca)	DIVMS (%)
1 (mayo-junio)	1,840	8.61	45.81	2,308	20.74	44.20
2 (junio-julio)	3,046	8.52	50.90	1,938	19.70	46.30
3 (julio-agosto)	2,542	8.75	46.40	1,670	21.10	43.55
Promedio	2,476	8.63	47.70	1,972	20.42	44.68
Desviación estándar	605	0.12	2.78	320	0.70	1.44

(*) DMS: Disponibilidad de MS, kg/ha

PC: Proteína cruda, %, base seca

DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la MS, %

3, donde se observa que el factor GS * PE (representa el efecto de tratamiento) no resultó significativo ($P>0.82$), con un promedio de 9.40 lt/vaca/día y un coeficiente de variación (CV) de 11.0%.

En ambos grupos secuenciales, la PLE disminuyó a través de los PE, producto del avance de la lactancia. El análisis de varianza para la producción de leche corregida por grasa (PLECG) se realizó con una transformación a raíz cuadrada, no obteniéndose diferencia entre tratamientos ($P>0.39$); ésta presentó un promedio de 9.57 lt/vaca/día, con un CV de 6.87%. Los contenidos de sólidos totales (CST) y grasa (CGR) de la leche presentaron una distribución normal, sin efecto significativo ($P>0.18$) entre los TR. Los valores promedio de CST y CGR fueron 12.96 y 4.21%, respectivamente. El cambio de peso

vivo (CPV) también presentó una distribución normal, sin efecto de TR ($P>0.84$) y un promedio de 0.470 kg/vaca/día (± 0.525).

Experimento 2

La gramínea presentó un patrón de crecimiento similar al obtenido en el primer experimento, pero con menores valores de DMS (Cuadro 4), producto de la falta de aplicación de fertilizante; sin embargo, la presión de pastoreo promedio fue similar, 7.24 kg MS/100 kg de peso vivo/día. Los contenidos de PC y DIVMS de la gramínea también resultaron afectados por la falta de aplicación de fertilizante, con menores valores que en el primer experimento (Cuadro 4). En cuanto al Kudzú, los valores de DMS y DIVMS fueron similares a los obtenidos en el primer experimento, pero su contenido de PC fue menor (Cuadro 4).

CUADRO 2. PRODUCCIÓN DE LECHE (lt/vaca/día) POR PERÍODO EXPERIMENTAL Y GRUPO SECUENCIAL.

Periodo experimental (PE)	Experimento 1		Experimento 2	
	Grupo secuencial (GS)		Grupo secuencial (GS)	
	1	2	1	2
1	9.54	10.72	10.23	8.55
2	8.92	10.51	9.20	8.65
3	7.52	9.20	8.93	7.54
Promedio	8.66	10.14	9.45	8.26
Desviación estándar	1.03	0.82	0.69	0.60

CUADRO 3. CUADRADOS MEDIOS (CM) PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE NO CORREGIDA POR GRASA (PLE), PRODUCCIÓN DE LECHE CORREGIDA POR GRASA (PLCG), CONTENIDO DE SÓLIDOS TOTALES (CST) Y GRASA (CGR) Y CAMBIO DE PESO VIVO (CPV). EXPERIMENTO 1.

F de V	gl	PLE		PLCG		CST		CGR		CPV	
		CM	Pr>F	CM	Pr>F	CM	Pr>F	CM	Pr>F	CM	CM
Grupo secuencial, GS	1	20.378	0.003	0.473	0.003	0.217	0.497	0.246	0.358	0.334	0.422
Vaca, VA (GS)	11	25.858	0.001	0.575	0.001	1.153	0.031	0.496	0.120	0.165	0.876
Período experimental, PE	2	10.573	0.001	0.260	0.009	0.268	0.564	0.085	0.740	0.016	0.851
GS * PE = TR(*)	3	0.124	0.824	0.044	0.393	0.842	0.182	0.400	0.260	0.035	0.787

(*) GS * PE : Corresponde al efecto de tratamiento.

CUADRO 4. PARÁMETROS REFERENTES A LA *Brachiaria decumbens* Y KUDZÚ. EXPERIMENTO 2.

Período experimental	<i>B. decumbens</i> (*)			<i>Kudzu</i> (*)		
	DMS (kg/ha)	PC (% - base seca)	DIVMS (%)	DMS (kg/ha)	PC (% - base seca)	DIVMS (%)
1	1,666	5.07	46.00	2557	18.80	43.20
2	2,470	5.42	43.02	2031	16.20	44.70
3	1,609	4.31	42.30	2206	16.50	41.70
Promedio	1,915	4.93	43.77	2282	17.17	43.20
Desviación estándar	481	0.57	1.96	264	1.42	1.50

(*) DMS: Disponibilidad de MS, kg/ha PC: Proteína cruda, %, base seca
DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la MS, %

En términos de PC y DIVMS, la selectividad realizada por el novillo fistulado se presenta en el Cuadro 5. En promedio, la PC y DIVMS del forraje en oferta fue de 5.56 y 51.3% y del forraje seleccionado de 10.14 y 74.4%,

lo que representó un incremento de 82.4 y 45.0%, respectivamente. En el primer día de pastoreo, la selectividad fue mayor que en el segundo día de pastoreo. Otoyá (1986) reportó un incremento entre el 40-55% en la

PC y DIVMS del forraje seleccionado (*B. decumbens*) en el período lluvioso, pero una mayor selectividad al cuarto día de pastoreo en comparación con el primer día de pastoreo.

En cuanto al patrón de pastoreo de las vacas en el banco de Kudzú, se observó inicialmente el 100% de las vacas en pastoreo efectivo, pero a medida que transcurrió el tiempo de estancia en el banco el porcentaje disminuyó. En la Figura 1 se presenta este comportamiento utilizando una función curvilínea, cuyo nivel de predicción subestima un poco el porcentaje de vacas en pastoreo efectivo observado en la fase inicial del período de pastoreo, pero lo predice adecuadamente en las fases posteriores. Este comportamiento del pastoreo, dentro de períodos relativamente cortos, también se observa en gramíneas, pero puede ocurrir más rápidamente en leguminosas, debido a que éstas contienen fac-

tores químicos que afectan negativamente el consumo (Bray, 1982). Esto no implica que el consumo de leguminosa sea menor que el de gramíneas, ya que Milford y Minson (1966) indican que bajo condiciones de libre consumo e igual digestibilidad de la materia seca, el consumo diario de leguminosas tropicales es mayor al de gramíneas tropicales. Durante los primeros 60 minutos de estancia en el banco, el promedio de vacas en pastoreo efectivo fue de 83.5%, pero durante los otros 30 minutos fue de 44.2%, lo que indica que un período mayor, a los 60 minutos de estancia en el banco no es necesario. En bancos de *Centrosema macrocarpum* CIAT 5713 y *Centrosema acutifolium* CIAT 5568, Mosquera y Lascano (1992) observaron que en un período de estancia de 60 minutos, el 100 % de las vacas se mantenían consumiendo leguminosa, pero en un período de estancia de 120 minutos, esto bajó a 52.0% en *C. macrocarpum* y 60.0% en *C. acuti-*

CUADRO 5. PROTEÍNA CRUDA (PC) Y DIGESTIBILIDAD *in vitro* DE LA MATERIA SECA (DIVMS) DE *B. decumbens* OFRECIDA Y SELECCIONADA.

Período experimental	Día de pastoreo	Forraje ofrecido		Forraje seleccionado	
		PC (%)	DIVMS (%)	PC (%)	DIVMS (%)
1	1	5.42	47.0	10.24	74.8
1	2	5.05	44.3	9.74	68.2
2	1	5.18	49.0	10.28	71.8
2	2	5.01	52.0	8.59	66.9
3	1	6.91	59.9	14.27	68.9
3	2	5.80	55.4	7.70	65.9

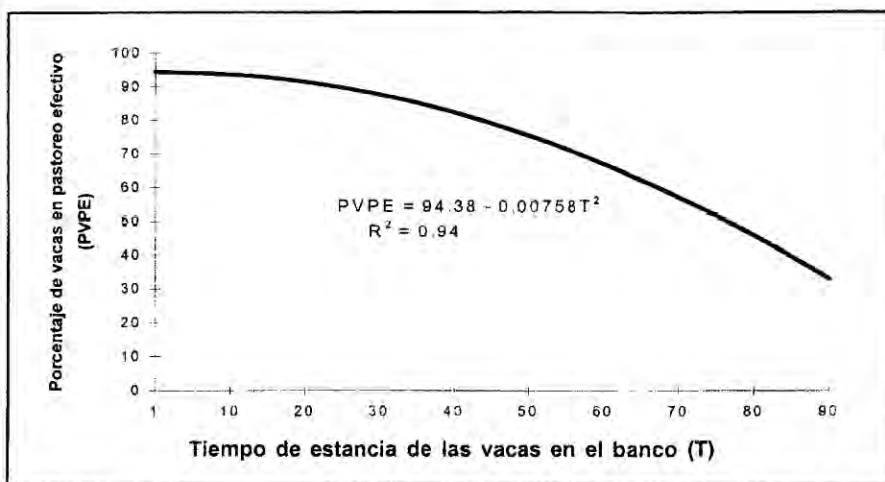


FIGURA 1. PATRÓN DE PASTOREO DE VACAS EN EL BANCO DE KUDZÚ.

folium, no teniendo ventaja un periodo de estancia mayor a 60 minutos.

La producción de leche (Cuadro 2) y cambio de peso vivo presentó una distribución normal. Los resultados del análisis de varianza para PLE y CPV se indican en el Cuadro 6. El banco de Kudzú incrementó PLE ($P < 0.046$), con un aumento de 9.8 % con respecto al TB y un CV de 6.02%. TB y TBK presentaron PLE promedios de 8.44 a 9.27 lt/vaca/día, respectivamente. El CPV no resultó afectado por ninguna de las variables independientes, con una ganancia diaria promedio de 0.177 kg de peso vivo/vaca/día (± 0.517).

Al comparar aritméticamente los promedios de PLE y GPV de ambos experimentos, los dos tratamientos pre-

sentaron valores más altos en el primer experimento, producto de una pastura con mayor calidad nutritiva, tal como lo indica los valores de PC y DIVMS.

Al considerar el peso vivo y PLE, las necesidades nutricionales de las vacas fueron mayores en el primer experimento, pero no hubo respuesta al banco de proteína. En base a que el Kudzú es una fuente proteica, se deduce que la gramínea llenó las necesidades protéicas de los animales o que éstos requerían una proteína de mejor calidad o se obtuvo una inadecuada relación energía-proteína. Ruiloba y Saldaña (1995) reportaron valores relativamente bajos para la digestibilidad de la MS, PC y energía del Kudzú, lo que conlleva limitaciones nutricionales.

CUADRO 6. CUADRADOS MEDIOS (CM) PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE NO CORREGIDA POR GRASA (PLE) Y CAMBIO DE PESO VIVO (CPV). EXPERIMENTO 2.

F de V	gl	PLE		CPV	
		CM	Pr>F	CM	Pr>F
Grupo secuencial, GS	1	12.960	0.001	0.332	0.422
Vaca, VA (GS)	10	21.646	0.001	0.165	0.876
Período experimental, PE	2	3.953	0.002	0.016	0.851
GS * PE = TR (*)	2	1.026	0.046	0.035	0.787

En el segundo experimento, con iguales o menores necesidades nutricionales, se obtuvo un efecto positivo del banco, lo que se atribuye a un aporte de PC, ya que la gramínea presentó un nivel bajo de este nutrimento. De acuerdo al consumo de MS y contenido de PC de la leguminosa (Cuadro 1), el consumo promedio de PC en el banco de Kudzú se estimó en 0.330 kg/vaca/día, lo que compensó la deficiencia presentada por la gramínea.

Los resultados opuestos que se presentan en la literatura (De la Torre y Villarreal, 1990; Saucedo y col., 1980; Mosquera y Lascano, 1992) del efecto de un banco de proteína sobre la PLE parecen deberse a la calidad proteica de la gramínea, ya que en términos energéticos es poco probable que las leguminosas tropicales representen una contribución importante en la dieta del animal. Estas leguminosas presentan digestibilidades menores o similares a las gramíneas y en el manejo del banco el consumo de leguminosa es bajo, tal como se obtuvo en el presente trabajo. En promedio, las gramíneas y legumi-

nas tropicales presentan digestibilidades de la materia seca de 54.4 a 56.6% (Minson y Wilson, 1980), respectivamente.

Por otro lado, el no encontrar diferencia en el contenido de sólidos totales y grasa de la leche sugiere que no hubo limitación en el consumo de energía (Mosquera y Lascano, 1992), lo que excluye a la gramínea como limitante energética. La posibilidad de que un exceso de proteína degradable o en la relación energía-proteína en la dieta haya limitado la respuesta al Kudzú se fundamenta en incrementos en los niveles de urea de la leche obtenidos con otras leguminosas tropicales (Lascano y col., 1990; Mosquera y Lascano, 1992).

Por otro lado, con base en lo indicado por Rook y Line (1961), en el sentido de que un consumo bajo de energía puede disminuir el contenido de sólidos no grasos y aumentar el contenido de grasa de la leche. En el presente trabajo no hubo limitación en el consumo de energía, ya que no se afectó

el contenido de sólidos totales y grasa de la leche.

CONCLUSIÓN

- ❖ La utilización restringida del banco de Kudzú como complemento proteico de la *B. decumbens* cv. Señal mejoró la producción de leche sólo cuando la gramínea presentó un nivel bajo de proteína cruda (4-5%), no así cuando éste varió entre 8-9%, lo que permite concluir que bajo las condiciones estudiadas, su efecto de pendió de las necesidades proteicas del animal.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ, J.F.; PRESTON, T.R. 1976. *Leucaena leucocephala* como suplemento proteico para producción de leche y becerros destetados en raciones balanceadas en caña de azúcar. *Prod. Anim. Trop.* 1: 116.
- AROSEMENA, E.; ALBA, J.L.; ZORRILLA, J. 1987. Resultados de la investigación en componentes de sistemas de producción de doble propósito (Leche y Carne). *Jornadas Científicas del IDIAP. Resúmenes.* IDIAP. Región Central, Santiago, Panamá.
- BARBOSA DE MATTOS, H.; SILVEIRA PEDREIRA, J. V. 1984. Crecimiento estacional de oito leguminosas forrageiras de clima tropical. *Brit. Industr. Anim.* 41: 145.
- BRAY, R.L. 1982. Selecting and breeding better legumes. *In* Nutritional limits to animal production from pastures. *Proceeding of an International Symposium held at St. Lucia, Queensland, Australia, August 24-28th, 1981.* J.B. Hacker (ed.) Commonwealth Bureaux (CAB). UK. pp. 201-223.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1983. Informe Anual. Programa de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. p. 267.
- CUBILLAS, G.O.; VILLALOBOS, L.H.; ATAIDE, E.C. 1981. Comportamiento de la asociación Kudzú Tropical y pasto Ruzi bajo efecto de diferentes presiones de pastoreo e intervalos de descanso. I. Efectos sobre la composición botánica, producción y consumo de biomasa. *En* Resúmenes de la VII Reunión de ALPA. Santo Domingo, República Dominicana. p. 39.
- DE LA TORRE, M.; VILLARREAL, A. 1990. El Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) en la alimentación de vacas lecheras al pastoreo con *Brachiaria decumbens*. *En* Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT)-Amazonia, Lima, Perú. CIAT. Documento de Trabajo No. 75, V-2-1990. pp. 629-634.

- DE LA TORRE, M.; PEZO, D.; ECHEVERRÍA, M. 1977. Producción de leche en base a pastoreo en la Amazona Peruana. *En* Resúmenes de la VI Reunión de ALPA. La Habana, Cuba. p. 42.
- GIRALDO, L.A.; HINCAPIÉ, A.C.; VÁSQUEZ, M.E.; ZAPATA, C.M. 1989. Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras de Amalfí, Colombia. *Pasturas Tropicales* 11 (2): 20.
- HERRERA, O.; GUERRERO, B. 1991. Evaluación del *Centrosema macrocarpum* como suplemento en la alimentación de ganado lechero. *En* Resúmenes de la XXXVII Reunión Anual del PCCMCA. Panamá. p. 209.
- IGLESIAS, A.; DE LALASTRA, R. 1986. Verificación de opciones tecnológicas para la producción de leche. *En* Resúmenes analíticos de la investigación pecuaria en Panamá (1968-1985). B. Pinzón y R. Montenegro (comps.). IDIAP. Panamá. p. 66.
- LARA, D.; REÁTEGUI, K. 2001. Efecto del uso del *Centrosema macrocarpum* en la producción de leche en la región del Alto Mayo, Amazonía peruana. *En* Sistemas de alimentación con leguminosas para intensificar fincas lecheras: Un proyecto ejecutado por el Consorcio Tropileche/Federico Holman y Carlos Lazcano (eds). CIAT, Consorcio Tropileche, International Livestock Research Institute. Cali, Colombia. p. 42.
- LÓPEZ, G.; PÉREZ, J.; KLEINN, C. 2000. SAS: Aplicaciones en el campo agropecuario y de los recursos naturales. CATIE. Versión 1. Turrialba, Costa Rica. 128 p.
- MENDOZA, P.; LASCANO, C. 1984. Mediciones en las pasturas en ensayos de pastoreo. *En* Evaluación de pasturas con animales. Alternativas metodológicas (Reunión de trabajo celebrada en Perú del 1-5 de octubre, 1984. Carlos Lascano y Esteban Pizarro. CIAT. Cali, Colombia. pp. 143-165.
- MILFORD, R.; MINSON, J.R. 1966. Intake of tropical pasture species. *Proceedings of the 9th International Grassland Congress*. Sao Paulo, Brazil. pp. 814-822.
- MINSON, D.J.; WILSON, J.R. 1980. Comparative digestibilities of tropical and temperate forages: a contrast between grasses and legumes. *J. of the Austr. Inst. of Agric. Sci.* 46: 246.
- MONTENEGRO, R.; PINZÓN, B.; P. ARGEL. 1995. Evaluación de la *Brachiaria humidicola* (CIAT 6369) bajo pastoreo en condiciones de Gualaca, Panamá. *Ciencia Agropecuaria* (Panamá) 8: 137.
- MOSQUERA, P.; LASCANO, C. 1992. Producción de leche de vacas

- en pasturas de *Brachiaria decumbens* solo y con acceso controlado a bancos de proteína. *Pasturas Tropicales* 14 (1): 2.
- ORTEGA, C.M.; SAMUDIO, C.E. 1978. Efectos de la fertilización fosfatada en la producción de materia seca y composición química del Kudzú Tropical (*Pueraria phaseoloides* (Roxb) Benth). *Ciencia Agropecuaria* (Panamá) (1): 9.
- OTOYA, V.E. 1986. Efecto de la época del año y días de ocupación en la calidad nutritiva de *Brachiaria decumbens*. *Pasturas Tropicales* 8 (1): 2.
- QUIRÓZ, R.; RUILOBA, M.H. 1990. Análisis computarizado del diseño de reversión simple. *Ciencia Agropecuaria* (Panamá) (6): 161.
- ROMERO, F.; GONZÁLEZ, J. 2001. Efecto de la alimentación con *Cratylia argentea* fresca y ensilada durante la época seca sobre la producción de leche y sus componentes. En *Sistemas de alimentación con leguminosas para intensificar fincas lecheras: Un proyecto ejecutado por el Consorcio Tropileche / Federico Holman y Carlos Lascano* (eds.). CIAT, Consorcio Tropileche, Internacional Livestock Research Institute. Cali, Colombia. p. 15.
- ROOK, J.A.; LINE, C. 1961. The effect of plane of energy nutrition of the cow on the secretion in the milk constituents of the solid-not-fat fraction and in the concentration of certain blood-plasma constituents. *Brit. J. Nut.* 19: 109.
- RUILOBA, M.H.; SALDAÑA, C.I. 1995. Parámetros químicos y nutricionales del Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) cosechado en invierno y verano. *Ciencia Agropecuaria* (Panamá) (8): 69.
- SAUCEDO, G.; ALVAREZ, F.J.; ARRIAGODA, A. 1980. *Leucaena leucocephala* como fuente de proteína para becerros lactantes criados en sistemas de amamantamiento restringido. *Prod. Anim. Trop.* 5: 40.
- TILLEY, T.M.A.; TERRY, R.A. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.* 18 (2): 104.
- TRUJILLO, G.M.; POSADA, J.G.; SIERRA, O. 1986. Efecto de la edad de rebrote en la calidad nutritiva de *Brachiaria decumbens*. *Pasturas Tropicales* 8 (2): 7.

RESPUESTA DE *Brachiaria decumbens* cv. Señal A LA APLICACIÓN FRACCIONADA DE NITRÓGENO EN CONDICIONES DE GUALACA, PANAMÁ. 2001-2003.

Bolivar Pinzón ¹; Rubén Montenegro ²; Eliut Santamaría ²

RESUMEN

Por un período de tres años (2001-2003), se realizó en la Estación Experimental en Gualaca, un trabajo con el pasto *Brachiaria decumbens* cv. Señal, con el objetivo de estudiar la respuesta del pasto al fraccionamiento de la fertilización con nitrógeno sobre la producción y calidad del forraje en época lluviosa. Se evaluaron tres niveles de fertilización con nitrógeno (60, 100 y 140 kg/ha/año) fraccionados 1, 2, 5 y 9 veces que corresponden a una aplicación en junio, dos (junio y noviembre), cinco (cada dos cortes) y nueve aplicaciones (cada corte) de los niveles totales de N, respectivamente. Los cortes se realizaron cada 21 días. Adicionalmente, todas las parcelas recibieron el equivalente a 30 y 20 kg/ha/año de P_2O_5 y K_2O , respectivamente. Se utilizó un diseño de Bloques al Azar con tres repeticiones en un arreglo de parcelas divididas, en que las parcelas principales correspondieron a los niveles de fertilización y las subparcelas a los fraccionamientos de nitrógeno. Anualmente se realizaron nueve cortes cada 21 días a 15 cm de altura. Se encontró un efecto lineal significativo ($P < 0.01$) entre los niveles de nitrógeno y el fraccionamiento de los mismos sobre el rendimiento de materia seca y están dados por las siguientes ecuaciones: $Y = 155.14 N - 0.61 N^2$; $R^2 = 0.85$ ($P < 0.01$) y $Y = 4189 FN - 362 FN^2$; $R^2 = 0.76$ ($P < 0.01$), respectivamente. Los rendimientos de materia seca fueron de 9157, 9133 y 7950 kg/ha para los años uno, dos y tres, respectivamente; la interacción niveles de N por fraccionamiento fue altamente significativa ($P < 0.01$) y se observó que niveles bajos de N, 60 kg de N/ha, tienen poco efecto sobre la producción de biomasa de *Brachiaria decumbens*. Se concluye que al no existir diferencias en los rendimientos de materia seca de *Brachiaria decumbens* por efecto de los niveles de N fraccionado cada corte y dos cortes, es más rentable la adopción de este último y que los niveles de N aplicado totalmente o fraccionado no afectó los valores de proteína cruda, fósforo, calcio y la digestibilidad *in vitro*, posiblemente a la edad de rebrote de 21 días.

PALABRAS CLAVES:

Brachiaria decumbens; aplicación de abono; nitrógeno; abonado fraccionado; rendimiento; respuesta de la planta; contenido de materia seca; Panamá.

¹ Ing. Agr., M.Sc. Suelos. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC).

² Agr., IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC).

RESPONSE OF *Brachiaria decumbens* cv. SEÑAL TO THE FRACTIONATED APPLICATIONS OF NITROGEN UNDER THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF GUALACA, PANAMA. 2001-2003.

For a period of three years (2001-2003), it was conducted in the Experimental Station of Gualaca a work with *Brachiaria decumbens* cv. Señal grass with the objective of studying the effect of the strategic use of the fractionated applications of nitrogen on the yield and quality forage in the raining season there were evaluated three levels of fertilization (N) with nitrogen (60, 100 and 140 kg/ha/year) fractionated 1, 2, 5 and 9 times (FN) and corresponding to once (June), twice (June and November), five times (every two cuts) and nine applications (every cuts) of the total levels of N, respectively. Cuts were made every 21 days. Additionally, all plots received 30 y 20 kg/ha/year of P_2O_5 and K_2O , respectively. It was used a complete randomized block design with three replications in a split plot arrangement. The main plot was N and the subplot was FN. Yearly there were done nine cuts every 21 days at 15 cm of height. It was found a significant linear effect ($P < 0.01$) among the nitrogen level and the fractionated on the dry matter (DM) yield and are given in the following equations: $Y = 155.14 N - 0.61 N^2$; $P < 0.01$; $R^2 = 0.85$; y $Y = 4189 FN - 362 FN^2$; $P < 0.01$; $R^2 = 0.76$, respectively. Dry matter yield were 9157, 9133 and 7750 kg/ha for year one, two and three, respectively. Interaction between N and FN was highly significant ($P < 0.01$) and it was observed that level of 50 kg N/ha had little effect on DM of *B. decumbens*. It was concluded that due to there was not differences in DM yield of *B. decumbens* for fractionated nitrogen levels every cut and every two cuts, it is profitable to take the adoption of the last one. Also N levels applied totally or fractionated did not affect values of crude protein, calcium and *in vitro* digestibility, possibly at 21 days of regrowth.

KEY WORDS: *Brachiaria decumbens*; fractionated application of nitrogen; dry matter content; Panama.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las especies del género *Brachiaria* se adaptan a suelos de baja fertilidad. Se caracterizan por ser pasturas más agresivas e invasivas que las nativas, producen mucho más forraje y, por ende, soportan más carga animal por unidad de superficie.

Trabajos realizados en Gualaca por Rattray (1972) y Montenegro y col. (1995) han informado que estas *Brachiarias* manifiestan una alta pro-

ducción de forraje entre los meses de mayo-junio y parte de julio, debido a la mineralización de la materia orgánica, que hace más disponible los nutrientes nitrógeno, fósforo y potasio. Estos elementos se agotan rápidamente, influyendo en el decremento de casi un 30% menos de forraje a finales del mes de julio en adelante. Una manera de corregir esta caída drástica de forraje sería la utilización estratégica de la fertilización durante la época lluviosa, a fin de mantener más uniformidad en la producción de forraje.

Es posible que esta disminución de forraje se deba a una deficiencia de nitrógeno y que estas *Brachiarias* sean muy sensibles a la falta de este nutrimento (Crespo, 1980; Ramos y col., 1993). Una manera de obviar esta situación sería la aplicación fraccionada de nitrógeno; algunos autores (Mislevy y col., 1989; Ramos y col., 1993) han encontrado que al comparar aplicaciones de dosis completas y fraccionadas de nitrógeno, estas últimas fueron más efectivas sobre el rendimiento de forraje. Al respecto, Salazar (2000) indica que las aplicaciones de fertilizantes en pasturas deben ser fraccionadas a lo largo del año y que debe incluir nitrógeno, fósforo y potasio.

Las evidencias muestran que la aplicación fraccionada de fertilizantes en las pasturas contribuyen a mejorar su producción y, por ende, estabilizar más la producción de biomasa en la pradera a través del periodo de crecimiento; sin embargo, son pocos los estudios que se han realizado en Panamá para determinar cuál es el fraccionamiento más adecuado cuando se utilizan praderas manejadas intensivamente.

El objetivo fue estudiar la respuesta de *Brachiaria decumbens* cv. Señal al fraccionamiento de la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad del forraje en la época lluviosa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización, clima y suelo

El estudio se inició en el año 2001 por un período de tres años en la Estación Experimental del IDIAP en Gualaca, provincia de Chiriquí, ubicado a 8° 39' 20" latitud Norte y 82° 10' 10" longitud Oeste y a 70 msnm. El clima pertenece al ecosistema Bosque Húmedo Tropical Premon-tano. La temperatura media anual es de 26°C y precipitación anual de 3,500 mm. El suelo es un inceptisol franco arcilloso arenoso con pH 4.5, contenido de materia orgánica de 3.7%, bajo en fósforo (1.6 mg/kg), medio en potasio (0.12 cmol/kg), bajo en calcio y magnesio (0.26 y 0.08 cmol/kg, respectivamente).

Tratamientos, diseño experimental

Se evaluaron tres niveles de fertilización (60, 100 y 140 kg de N/ha/año) y cuatro fraccionamientos de nitrógeno en 1, 2, 5 y 9 aplicaciones en *B. decumbens* cv. Señal. La aplicación única se realizó en junio, luego dos aplicaciones en junio y noviembre, cinco aplicaciones cada dos cortes cada 42 días y nueve aplicaciones cada 21 días. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de Bloques al Azar, con tres repeticiones en un arreglo de parcelas divididas. La parcela principal correspondió a los niveles

niveles de fertilización y la subparcela a los fraccionamientos de nitrógeno.

Establecimiento y manejo

Se escogió un área sembrada y establecida de ***B. decumbens*** cv. Señal donde se instalaron parcelas de $3 \times 4 \text{ m}^2$; posteriormente, se hizo un corte de uniformización a 15 cm de altura. Después, se aplicaron los niveles de fertilización con nitrógeno de acuerdo a los fraccionamientos establecidos, además, de 30 y 20 kg/ha de P_2O_5 y K_2O , respectivamente, en todas las parcelas. Todos los años se repitieron los mismos niveles de fertilización. Los cortes se realizaron a intervalos de 21 días y se hicieron nueve cortes anualmente, en época lluviosa, por un período de tres años.

Mediciones

Los rendimientos de ***B. decumbens*** se estimaron mediante el corte de 1 m^2 a una altura de 15 cm. En cada corte se tomaron muestras de forraje de cada tratamiento para analizar el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fósforo (P), digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS). La materia seca se determinó secando la muestra al horno, a temperatura de 80°C , durante 24 horas. La proteína cruda y fósforo se determinaron mediante los métodos de la AOAC (1970) y la digestibilidad *in vitro* de la MS me-

dante el método descrito por Tilley y Terry (1963).

Con los resultados de rendimientos de materia seca, entre tratamientos, se realizó el análisis de varianza y de regresión, usando la prueba de Rangos Múltiples de Duncan (Steel y Torrie, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para la producción total de MS de ***B. decumbens***, cortado cada 21 días, indicó diferencia significativa ($P < 0.01$) por efecto de los niveles de nitrógeno (Cuadro 1). Sus efectos más claros están dados por la ecuación $Y = 155.14 N - 0.61 N^2$; $R^2 = 0.85$ ($P < 0.01$).

La respuesta del pasto a los niveles de N fue lineal y significativa ($P < 0.01$) con rendimientos de 7,274, 9,182 y 9,785 kg MS/ha/año para los niveles de 60, 100 y 140 kg de N/ha, respectivamente. La respuesta lineal de ***B. decumbens*** a los niveles de N coincide con la que reportan Vallejo (1986), Heringer y Londero (2002) y Medeiros y col. (2002). El máximo incremento (26.0%) en el rendimiento se produjo al pasar del nivel de 60 a 100 kg de N/ha; no así del nivel de 100 a 140 kg de N, que fue de 6%. El promedio general de rendimiento de MS de los tres años fue de 8,749 kg/ha/año. La respuesta a los niveles de

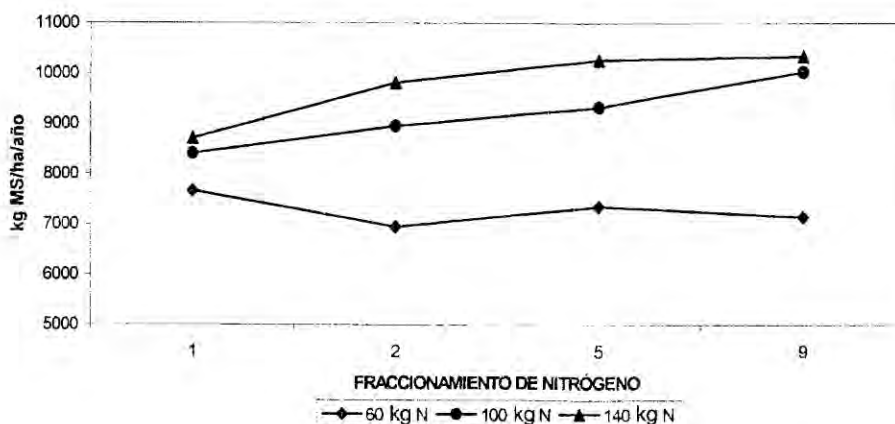


FIGURA 1. EFECTO DE LA INTERACCIÓN FRACCIONAMIENTO POR DOSIS DE NITRÓGENO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA EN *B. decumbens*.

CUADRO 1. CUADRADO MEDIO A PARTIR DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL EFECTO DE NIVELES DE NITRÓGENO Y SU FRACCIONAMIENTO SOBRE EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA EN kg/ha/AÑO EN *Brachiaria decumbens*.

F de V	gl	CM
Modelo	15	138723618 **
Repeticiones	2	4304864 ns
Niveles nitrógeno	2	680190389 **
Fraccionamiento nitrógeno	3	50162076 **
Años	2	188581968 **
Niveles x Fracc. nitrógeno	6	30702266 **
Error	1172	12747732

ns = no hubo diferencia significativa; ** Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

nitrógeno coincide con los reportes de Alvin y col. (1990) en **B. decumbens**; sin embargo, los rendimientos de MS fueron superiores (12,270 kg/ha/año) cuando aplicaron niveles de N que variaron entre 75-150 kg/ha. El efecto del fraccionamiento del nitrógeno (FN) también fue altamente significativo ($P < 0.01$) sobre la producción de MS (Cuadro 1) y está expresado por la ecuación de regresión $Y = 4189 \text{ FN} - 362 \text{ FN}^2$; $R^2 = 0.76$ ($P < 0.01$).

Las aplicaciones fraccionadas de N cada dos cortes no produjeron efecto significativo sobre los rendimientos ($P > 0.01$) (8,948 y 9,172 kg MS/ha/año); sin embargo, fueron significativos ($P < 0.01$) sobre las aplicaciones del N total y dos veces al año, 8,259 y 8,572 kg MS/ha/año, respectivamente. Esto se explica debido a que al fraccionarse más el N, la planta va a tener siempre disponible el nitrógeno y, por ende, repercute con mayor producción de biomasa.

La interacción de los niveles de N x fraccionamiento fue altamente significativa ($P < 0.01$) (Cuadro 1) y se observa que niveles bajos de nitrógeno fraccionado, como por ejemplo, 60 kg de N/ha, tuvo poco efecto sobre la producción de biomasa de **B. decumbens** (Figura 1), no así para niveles más altos de nitrógeno que indican un marcado efecto sobre los rendimientos en la medida que éstos son fraccionados.

La producción de biomasa fue afectada por los años ($P < 0.01$), siendo menor para el año tres (7,950 kg MS/ha/año), contra los años uno y dos que fueron similares, 9,157 y 9,133 kg MS/ha/año, respectivamente. La disminución de rendimiento representó 15.18% menos forraje en el tercer año comparado a los años uno y dos, lo que pudo deberse a la alta frecuencia de cortes cada 21 días. Al tercer año se observaron plantas de **B. decumbens** poco vigorosas.

Los valores de proteína cruda (PC), calcio (Ca), fósforo (P) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) no fueron afectados ($P > 0.05$) por los niveles ni por el fraccionamiento de nitrógeno. La PC en **B. decumbens** varió de 9.62 a 10.37%, siendo estos valores altos si se considera que, de acuerdo a Fick y col. (1978) y Minson (1982), valores menores de 7% de PC son considerados limitantes para el consumo de forraje. Es posible que este alto valor de PC observado se deba a que el forraje se cosechó cada 21 días, con un rebrote poco lignificado. Los contenidos de fósforo (P) fluctuaron entre 0.18 y 0.25%, considerándose como aceptables para forrajes, por estar por encima de 0.20% (Fick y col., 1978; Minson, 1982). Los valores de Ca en el forraje fluctuaron entre 0.29 y 0.30% y están dentro de los límites considerados como normal (0.30%) de acuerdo a Fick y col. (1978). El valor pro-

medio de la DIVMS fue de 52.60%, considerándose como un valor medio, pero superior a los valores que presentan Gómez y col. (1987), Villarreal y col. (1996), Pinzón y Montenegro (2002) y Pinzón y col. (2004) con *B. decumbens* cortada a intervalos mayores de 30 días.

CONCLUSIÓN

- ✱ Las aplicaciones de nitrógeno tuvieron un efecto lineal sobre los rendimientos de MS de *B. decumbens* cv. Señal; sin embargo, el mayor incremento sobre los rendimientos se produjo de 60 a 100 kg de N/ha/año.
- ✱ Al no existir diferencias en los rendimientos de MS de *B. decumbens* por efecto de la aplicación de los niveles de N fraccionado cada corte y dos cortes, es más rentable la adopción de este último.
- ✱ El nivel bajo de 60 kg de N/ha aplicado fraccionado, tuvo poco efecto sobre los rendimientos de MS de la gramínea.
- ✱ Los niveles de N aplicados total o fraccionados no afectaron los porcentajes de PC, P, Ca y DIVMS, los cuales fueron buenos y se debieron a que los rebrotes sólo tenían 21 días de edad al momento del corte.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVIN, M.J.; BOTREL, M.D.A.; VERNEQUE, D.P.S.; SALVATI, J.A. 1990. Aplicacao de nitrogenio em accesos de *Brachiaria*. 1. Efeito sobre a Producao de materia seca. Revista de Sociedade Brasileira de Zootecnia 12 (2): 2-5.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURE CHEMISTS (AOAC) 1970. Official methods analysis of AOAC. 2nd ed. Washington, D.C. 1015 p.
- CRESPO, C. 1980. Informe final del tema: Estudio de la fertilización nitrogenada en gramíneas. ICA. La Habana, Cuba. 30 p.
- FICK, K.R.; MCDOWELL, L.A.; HOUSER, R.H. 1978. Current Status of Mineral Research. In J. H. Conrad y L.R. McDowell (eds). Proceedings, Latin American symposium of mineral nutrition response with grazing ruminant. University of Florida, IFAS, Gainesville, USA. pp. 149-162.
- GÓMEZ, J.; AVILA, M.; SALDAÑA, C. 1987. Producción de carne en praderas de pastos Señal, *Brachiaria decumbens*, en Panamá. IDIAP. Boletín Técnico N° 17. 10 p.

- HERINGER, I.; LONDERO, E. 2002. Potencial productivo a alternancia da estrutura e qualidade da Pastagem da milheto submetida a diferentes níveis de nitrógeno. *Rev. Brasileira de Zootecnia*. 31(2): 875-882.
- MEDEIROS, R.B; SAIBRO, J.C.; JACKES, A. V. 2002. Efeito de nitrógeno e da População de plantas no rendimento e qualidades do milheto (*Pennisetum americanum*). *Revista de Sociedade Brasileira de Zootecnia* 7 (2): 276-285.
- MINSON, D.J. 1982. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. *En* Hacker, J. B. (ed). *Nutrition limits to animal production from Pastures*, Farnham Royal, G.B.; Cab. pp. 167-182.
- MISLEVY, P.; RECHCIGL, J.E.; BROWN, W.F. 1989. Manejo de pastoreo y rendimiento del animal en pasto Estrella. *Agricultural Experimental Station., Institute of Food and Agricultural Sciences of Florida*, Gainesville. pp. 1-21.
- MONTENEGRO, R.; PINZÓN, B.; ARGEL, P. 1995. Evaluación de *Brachiaria humidicola* (CIAT 6369) bajo pastoreo en condiciones de Gualaca, Panamá. *Ciencia Agropecuaria (Panamá)* (8): 137-148.
- PINZÓN, B.; MONTENEGRO, R.; 2002. Potencial de Producción de Carne en pastura de *Brachiaria* Solas y Asociadas con la leguminosa *Arachis pintoi*. *Ciencia Agropecuaria (Panamá)* (11): 129-157.
- PINZÓN B.; MONTENEGRO R.; SANTAMARÍA, E. 2004. Efecto de la disminución del período de ocupación en un sistema de Producción de Carne a base de *Brachiaria decumbens* cv. Señal. *Ciencia Agropecuaria (Panamá)* (17): 31-42.
- RAMOS, N.; HERRERA, S. CARBELO, F. 1993. Eficiencia de la fertilización nitrogenada en especies y variedades de *Cynodon* en suelos ferralíticos rojo. II. Composición química y eficiencia de la utilización del nitrógeno. *Pastos y Forrajes*. pp. 239-248.
- RATTRAY, J.M. 1972. Pasture Improvement in Panamá. United Nations Development Programme. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma (FAO). 41 p.

- SALAZAR, A.Q. 2000. Producción intensiva de carne y leche, con base en pastoreo directo. *Revista Pecuaria Internacional. Desarrollo Agropecuario*. 153 (28): 7-9.
- STEEL, R.C; TORRIE, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics: A biological approach. 2nd ed. McGraw-Hill Publishing and Co. New York. 48 p.
- TILLEY, J.; TERRY, R. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage. *Crop. Journal of Grassland. Soc.* 18 (2): 104-109.
- VALLEJO, A. 1986. Niveles de nitrógeno, fósforo, potasio en la producción de forraje de *Brachiaria decumbens*. *Pasturas Tropicales*. 8 (1): 15-17.
- VILLARREAL, M.; RODRÍGUEZ, L.; SÁNCHEZ, J.; SOTO, H. 1996. Evaluación bajo pastoreo de asociaciones gramíneas *Arachis pintoi* en San Carlos, Costa Rica. *En Experiencias Regionales con Arachis pintoi* y planes futuros de investigación y promoción de la especie en México, Centroamérica y el Caribe. (eds) P. Argel y A. Ramírez. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Documento de trabajo N° 159. pp. 5-16.

SUSCEPTIBILIDAD DE LA MOSQUITA MINADORA *Liriomyza huidobrensis* (DIPTERA: AGROMYZIDAE) A CUATRO INSECTICIDAS COMERCIALES EN VOLCANCITO, BOQUETE, PANAMÁ. 2002.

SUSCEPTIBILITY OF THE LEAFMINER *Liriomyza huidobrensis* (DIPTERA: AGROMYZIDAE) TO FOUR COMMERCIAL INSECTICIDE IN VOLCANCITO, BOQUETE, PANAMA. 2002.

José A. Lezcano ¹; Nazareth Saavedra ²; Campo Serrano ³

INTRODUCCIÓN

La mosquita minadora *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) es un insecto polífago, el cual, en su estado adulto, mide de 1.5 a 2.0 mm de largo y es de color negro. Según Steck (1999), su escutelum, el lado del tórax y la proporción media de la cabeza son amarillos. Este insecto causa daño económico en hortalizas y ornamentales, debido a que se alimenta de la savia por succión y al hacer oviposición sobre el follaje, ocasiona la marchitez y desecamiento de los tejidos foliares, además de afectar la capacidad de fotosíntesis de la planta (Martínez y col., 1999; Larraín y Muñoz, 1997; Morales y col., 1994). Las larvas de este insecto se alimentan del parénquima de la hoja, dejando minas en espiral, dirigidas frecuentemente hacia las venas laterales, cuando éstas están en abundancia sobre una misma hoja y eso puede llevar a que las minas se junten formando una aparente mancha herrumbrosa.

La larva finalmente sale y cae al suelo para formar la pupa. El adulto causa daños, debido a las picaduras para succionar la savia; las hembras causan daños durante la oviposición, al perforar la epidermis de las hojas, en especial, el parénquima foliar (Morales y col., 1994; Martínez y col., 1999).

¹ Ing. Agr. M.Sc. Parasitología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC).
e-mail: jlezcano@idiap.gob.pa.

² Ing. Agr. Investigadora colaboradora.

³ Agr. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC).

En Cerro Punta, la mosquita minadora era considerada una plaga de poca importancia en los cultivos hortícolas; sin embargo, se convirtió en un insecto muy dañino en hortalizas y, en especial, en papa, debido a la eliminación de sus enemigos naturales como consecuencia de una elevada tasa de aplicación de insecticidas (Morales y col., 1994). Además, estos autores agregan que las hojas afectadas pierden su capacidad fotosintética y las plantas son defoliadas totalmente y de manera permanente.

Morales y col. (1994) señalan que la mosquita presenta una baja susceptibilidad a insecticidas, debido al elevado número de insecticidas sintéticos utilizados (alrededor de 25 unidades) por los productores de tierras altas, que incluyen organofosforados, carbamatos, organoclorados, piretroides y reguladores de crecimiento; con frecuencia de aplicación de dos a tres días. En el manejo de adultos de la mosquita minadora, Morales y col. (1994) recomendaron la utilización de cartap, tiocyclam oxolato de hidrógeno y bifentrin. Martínez y col. (1999); Lagunes y Rodríguez (1998) recomiendan el uso de insecticidas sintéticos cuando el nivel de daño foliar es mayor del 20%.

Rodríguez (1997) encontró en evaluaciones realizadas en Costa Rica, que los mejores insecticidas químicos en el control de la mosquita minadora fueron: cartap, deltametrina, tiocyclam

oxolato de hidrógeno y abamectina; sobresaliendo siempre el primero como más efectivo.

Estudios que comparan la respuesta diferencial de adultos de la mosquita y las técnicas de aplicación de insecticidas (tópica y residual) revelaron una menor mortalidad en el testigo después de las 24 horas cuando se hizo un tratamiento residual (Lagunes y Vázquez, 1994; Mason y Johnson, 1987).

El objetivo del trabajo fue el de evaluar los niveles de susceptibilidad de poblaciones de *L. huidobrensis* a cuatro insecticidas utilizados comúnmente en cultivos hortícolas en Boquete, provincia de Chiriquí, República de Panamá, con la meta de verificar su utilidad en el campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lagunes y Villanueva (1995) definen un bioensayo como cualquier método por medio del cual alguna propiedad de una sustancia o material es medida en términos de la respuesta biológica que produce. El bioensayo se emplea para determinar las propiedades tóxicas, midiendo la mortalidad de los insectos de una población a diferentes concentraciones del tóxico.

En los bioensayos se manejan los conceptos de dosis y dosificación. Directamente, Lagunes y Villanueva (1995) definen dosis como la cantidad

exacta de un compuesto químico, aplicada a un organismo; esto ocurre por ejemplo, cuando se aplica tópicamente. Las unidades en que se expresan las dosis son, mg/insecto, mg/g de insecto, mg/hembra. Por otro lado, dosificación es la cantidad de tóxico aplicada al medio ambiente que rodea al organismo; en este caso, no se tiene idea de la cantidad de tóxico que entra en contacto con el organismo. Las unidades empleadas expresan la cantidad del insecticida por volumen o área, mg/l (partes por millón o ppm), g/m³, g/m², g/cm².

a) Campo

La colecta de adultos de *Lirio-myza* se realizó en fincas de productores de tomate, variedad Antilla, de crecimiento indeterminado; ubicadas en Volcancito, entre 8° 47' latitud Norte y 82° 27' longitud Oeste, con precipitación promedio de 2,500 mm/año y una temperatura anual promedio de 21.5°C. Los suelos de las fincas son de origen volcánico, textura franco-arenosa.

La colecta de adultos (población expuesta) se hizo empleando un extractor de insectos; seguidamente, los adultos recolectados fueron colocados en frascos entomológicos y trasladados al Laboratorio de Entomología en las instalaciones del IDIAP en Boquete.

b) Preparación de soluciones insecticidas

Se prepararon soluciones madre de 10,000 ppm de cartap, tiocyclam, deltametrina y permetrina. De cada solución madre se prepararon nueve diluciones de 25, 50, 100, 200, 300, 500, 700, 800 y 1,000 ppm para medir la respuesta de las poblaciones tratadas con insecticidas y de un testigo con el solvente.

Las soluciones madre fueron preparadas utilizando la formula propuesta por Lagunes y Villanueva (1995):

$$X * B = V * D$$

donde:

- X = Cantidad del insecticida comercial a utilizar
- B = Concentración en porcentaje de ingrediente activo del insecticida a utilizar
- V = Volumen de la solución madre a preparar
- D = Concentración de la solución madre

c) Laboratorio

La evaluación se realizó en el Laboratorio de Entomología del IDIAP, en Boquete, durante el período comprendido entre el 1 de mayo y el 28 de noviembre del 2002. Los adultos de

Liriomyza se colocaron en tubos de ensayos impregnados con solución insecticida; como alimento se suministró algodón impregnado con azúcar. El método utilizado fue el de exposición residual (Lagunes y Vázquez, 1994). Este método de exposición de los insectos consistió en aplicar 1 ml de la concentración de insecticida comercial en acetona (grado analítico) en un tubo de ensayo de vidrio de 200 mm de largo y 23 mm de diámetro (Figura 1), rotándolos hasta que el solvente se haya evaporado. En cada tubo impregnado con insecticida se confinó un promedio de 20 individuos (con 14 a 24 por tubo).

El criterio establecido para la mortalidad fue la aparición de mosquitas derribadas y la ausencia de movimientos en las patas.

d) Análisis de información

Los resultados de las mediciones de toxicidad fueron analizados utilizando el programa de análisis PCprobit (Camacho, 1990), Colegio de Postgraduados, México.

Cada regresión se estimó usando 120 individuos (insectos expuestos). Se determinó las CL_{50} y sus límites

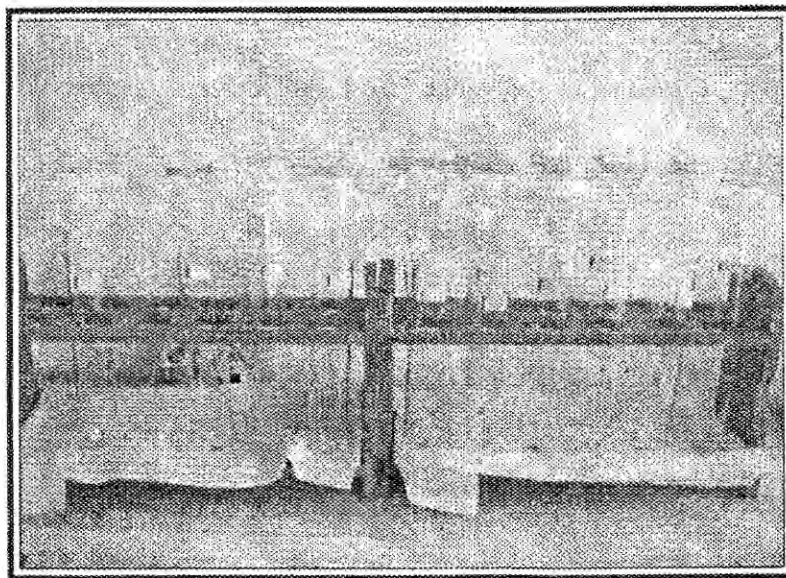


Figura 1. Sistema empleado durante la exposición de los insectos en el laboratorio.

fiduciales al 95% y CL_{90} , la proporción de eficiencia entre los insecticidas, la pendiente y error estándar (SE). Se establecieron las ecuaciones de predicción y se graficaron las líneas dosis-mortalidad para cada insecticida. Se realizaron las pruebas de bondad de ajuste (X^2) a Prob = 0.05; se calculó el coeficiente de determinación (r^2) y se hizo prueba de significancia.

La ecuación de predicción tiene la forma:

$$Y = a + bx$$

El Cuadro 1 presenta los principios activos de los insecticidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados revelaron que la susceptibilidad de la mosquita varió según el insecticida, en el orden descendente deltametrina, tiocyclam, permetrina y cartap. La mosquita fue

más tolerante al cartap. La deltametrina fue el insecticida más tóxico, con una CL_{50} de 0.00197 μ g; seguidos del tiocyclam con una CL_{50} de 0.025 μ g y permetrina con una CL_{50} de 0.086 μ g. Considerando la CL_{95} , el más tóxico fue el tiocyclam (0.164 mg), mientras que el cartap fue el menos tóxico (1.526 μ g) (Cuadro 2).

Al comparar la proporción de eficiencia de la CL_{50} , de cada insecticida, la deltametrina aparece 143 veces más efectivo que el cartap, 43 veces más efectivo que la permetrina y 13 veces más efectivo que el tiocyclam (Cuadro 3).

Sin embargo, esta eficiencia en cuanto a la CL_{95} , cambia el orden de los insecticidas, encontrando que la deltametrina fue tres veces más efectivo que el cartap y dos veces más que la permetrina (Cuadro 4). Por otro lado, el tiocyclam fue mucho más

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS DE INSECTICIDAS USADOS.

Insecticida Ingrediente Activo	% de pureza declarada	No. De Insectos tratados	Grupo Toxicológico	Grupo químico
cartap	50.0	120	CH-MM	carbamato
tiocyclam	50.0	120	I-MISC	tritiano
deltametrina	2.8	120	PIRT	piretroide
permetrina	50.0	120	PIRT	piretroide

CUADRO 2. TOXICIDAD DE INSECTICIDAS POR EXPOSICIÓN RESIDUAL.

Insecticida	Pendiente y SE de la regresión	CL ₅₀	µg		CL ₉₅
			Límites Fiduciales		
			(95%)		
			Inferior	Superior	
deltametrina	0.699 ± 0.385	0.001969	(0.000067 -	0.005506)	0.441252
tiocyclam	2.006 ± 0.633	0.024777	(0.018736 -	0.029551)	0.163611
permetrina	1.851 ± 0.611	0.085619	(0.074019 -	0.098711)	0.743769
cartap	2.239 ± 1.210	0.281139	(0.249360 -	0.318120)	1.526012

CUADRO 3. PROPORCIÓN DE EFICACIA DE LOS INSECTICIDAS UTILIZADOS, BASADO EN LAS CL₅₀^{1/}

	cartap ^{1/}	permetrina	tiocyclam
deltametrina	142.70	43.45	12.57
tiocyclam	11.30	3.45	1.00
permetrina	3.28	1.00	
cartap	1.00		

^{1/} Relación de eficiencia = $\text{CL}_{50} \text{ cartap} / \text{CL}_{50} \text{ deltametrina}$

CUADRO 4. PROPORCIÓN DE EFICACIA DE LOS INSECTICIDAS UTILIZADOS, BASADO EN LAS CL₉₅^{1/}

	cartap ^{1/}	permetrina	tiocyclam
deltametrina	3.45	1.68	0.37
tiocyclam	9.33	4.54	1.00
permetrina	4.54	1.00	
cartap	1.00		

^{1/} Relación de eficiencia = $\text{CL}_{95} \text{ cartap} / \text{CL}_{95} \text{ deltametrina}$

efectivo, nueve veces más que el cartap y cuatro más que la permetrina. Es notable que los insecticidas presentaron una menor relación tóxica comparada con la CL_{50} .

Los insectos poseen un sistema enzimático que metaboliza la mayoría de los insecticidas, por lo cual, la población no presenta resistencia a este tipo de insecticida piretroide, debido a la presencia de oxidasas, esterasas e insensibilidad en el sitio de acción (kdr); sin embargo, para comprobar esto, se tendrá que recurrir a la utilización de sinergistas como el butóxido de piperonilo, sesamín, DEF, MGK-264, entre otros, los cuales son inhibidores de oxidasas, DDTasas, esterasas o misceláneos (Lagunes y Villanueva, 1995).

La respuesta de los insectos adultos a las dosis de insecticidas se presenta en la Figura 2, la cual está expresada en escala logaritmo-probit. La inclinación de la línea de respuesta indica la heterogeneidad de la población tratada con deltametrina, la cual fue mayor, al ser comparada con la correspondiente al tiocyclam. Esto indica que para la deltametrina los niveles de susceptibilidad encontrados en las poblaciones tratadas varía a medida que se aumenta la dosis del insecticida, encontrando un rango mayor en las dosis de 0 a 0.006 μ g. Así mismo, la posición de la línea, indica la susceptibilidad a los insecticidas evaluados, por

lo tanto, las poblaciones tratadas con deltametrina fueron altamente susceptibles; sin embargo, no hay que descartar la susceptibilidad a tiocyclam, permetrina y cartap que mostró la mosquita minadora. Es conveniente resaltar el rango de susceptibilidad para estos insecticidas que fue menor, comparados con la deltametrina (Figura 2). Estos resultados indican claramente que en esta localidad, las poblaciones de *Liriomyza* en tomate, no eran sometidas a presión de insecticidas con potencial de selección fuerte.

CONCLUSIONES

- La mosquita minadora *L. huidobrensis* mostró una alta susceptibilidad a deltametrina, presentando rangos o límites fiduciales más amplios al 95%.
- *L. huidobrensis* presentó susceptibilidad a los insecticidas tiocyclam, permetrina y cartap, aunque en rango mas pequeño, comparado con deltametrina.
- La respuesta obtenida, indica que la población de *L. huidobrensis* en Volcancito, no se encuentra bajo una alta presión de selección.

RECOMENDACIONES

- * Continuar probando con otros insecticidas utilizados y dejados de utilizar en el manejo de la *Li-*

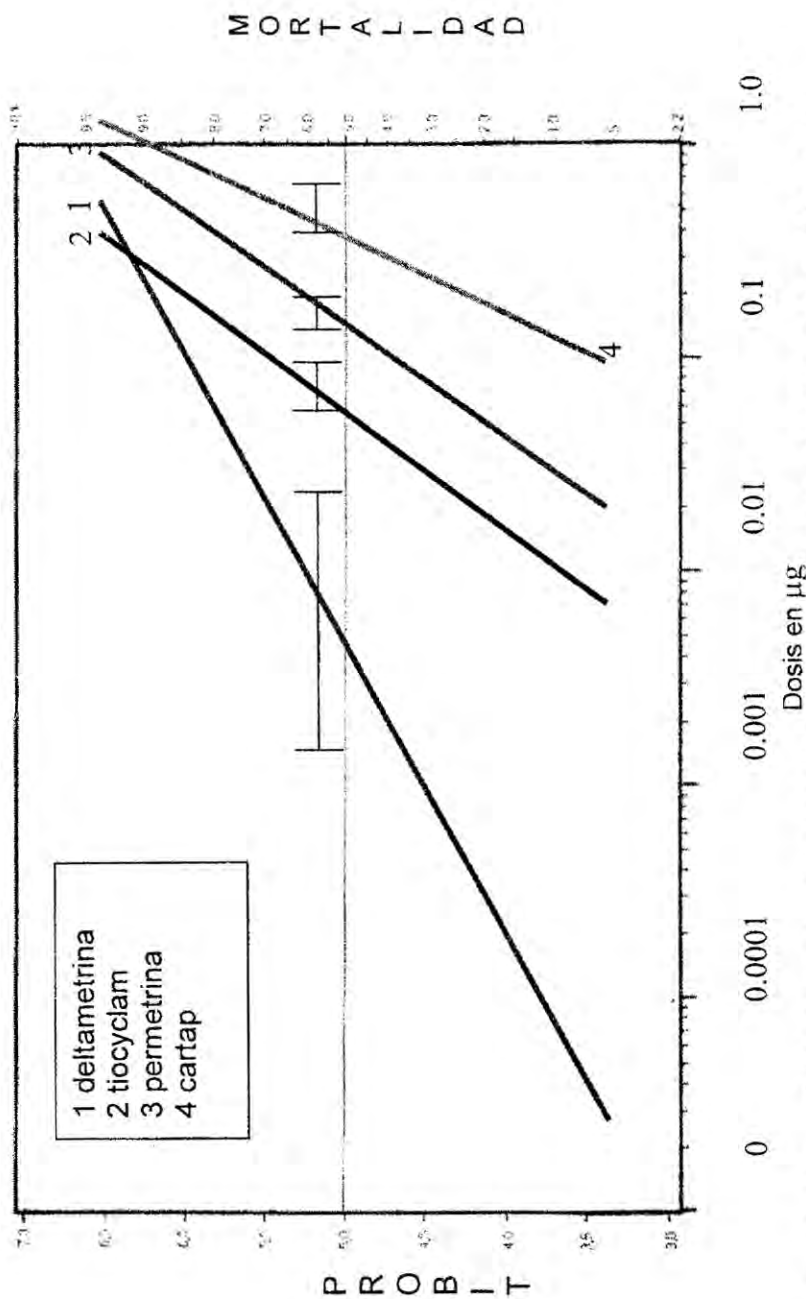


FIGURA 2. LÍNEAS DE RESPUESTA DOSIS DE INSECTICIDAS - MORTALIDAD Y LOS LÍMITES FIDUCIALES PARA CADA CL_{50} .

riomyza por los agricultores en Boquete.

- * Alternar el uso de la deltametrina y el tiocyclam en el manejo de la mosquita después de verificar los niveles de sus poblaciones en el rubro y la finca.
- * Realizar estas pruebas de toxicidad en otras localidades en Boquete, para establecer un diagnóstico de la situación del área, con respecto al uso de insecticidas.

BIBLIOGRAFÍA

- CAMACHO C., O. 1990. PC Probit. Programa Computarizado Ver. 1.0 Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N. Colegio de Postgraduados. México.
- LAGUNES T., A.; RODRÍGUEZ M., J.C. 1998. Combate químico de plagas agrícolas en México. Colegio de Postgraduados. Centro de Entomología y Acarología. México. pp.77-85.
- LAGUNES T., A.; VÁZQUEZ N., M. 1994. El bioensayo en el manejo de insecticidas y acaricidas. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Centro de Entomología y Acarología. México. 159 p.
- LAGUNES T., A.; VILLANUEVA J., J.A. 1995. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. México. 264 p.
- LARRAÍN S., P.; MUÑOZ M., C. 1997. Abundancia estacional, hospederos alternativos parasitismo de *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) en cultivos de Papa de la IV Región de Chile. Agricultura Técnica. Centro Regional de Investigación Intihuasi. Diciembre. Chile. 10 p.
- MARTÍNEZ R., P. M.; RODRÍGUEZ, D. A.; FONSECA, F. B. 1999. Manejo de plagas en hortalizas de clima frío. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Instituto Colombiano Agropecuario. División de Sanidad Vegetal. Colombia. pp.79-82.
- MORALES, R. A.; ATENCIO A., F. A.; LARAM, J. A.; MUÑOZ, J. A. 1994. La mosquita minadora (*Liriomyza* spp.) en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Programa Regional Cooperativo. Monografía. No.1. 21 p.
- MASON, G. A.; JOHNSON, M. W. 1987. Assesment of Insecticide Susceptibility of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) by Topical and Residue Bioassays. J. Econ. Entomol 80 (5): 1083-1086.
- RODRÍGUEZ V., C. L. 1997. La Investigación en *Liriomyza huidobrensis* en cultivo de papa en Cartago, Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas. No.46. Costa Rica. 7 p.
- STECK, G. J. 1999. Pea Leaf miner, *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). Ent. Pests. U.S.A. 4 p.

**ESTUDIO PRELIMINAR DE FUENTES Y DOSIS DE ABONOS
ORGÁNICOS EN CEBOLLA (*Allium cepa* cv. Regia),
EN CERRO PUNTA, BUGABA. 1996 - 1997.**

**PRELIMINAR STUDY OF SOURCES AND DOSES OF ORGANIC FERTILIZER IN
ONION (*Allium cepa* cv. Regia), IN CERRO PUNTA, BUGABA. 1996-1997.**

José A. Lezcano B.¹

INTRODUCCIÓN

Los abonos orgánicos son eficaces como mejoradores de las propiedades físicas del suelo, ya que tienen la capacidad de absorber agua, equivalente a varias veces su peso seco, lo que hace que aumente su volumen y mejore la porosidad y dureza del suelo (Bear, 1967). Según Núñez (1981), el uso adecuado de los abonos orgánicos ofrece algunas ventajas, entre las cuales está el mejoramiento de la estructura del suelo, la permeabilidad, principalmente del agua y aire, reduciendo la densidad aparente; aporta nutrimentos esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio, boro y otros; desintoxica el suelo por su acción de quelato, disminuyendo los procesos de fijación, volviendo más asimilable algunos nutrimentos y mejorando la actividad biológica del suelo.

El uso de abonos orgánicos, combinado con la aplicación de fertilizantes químicos, propicia frecuentemente las condiciones necesarias para aumentar la eficiencia de compuestos minerales, proporcionando las condiciones necesarias para el asentamiento de la planta (Jacob y Uexküll, 1971; Cardoza, 1981).

En las Tierras Altas de Chiriquí se acostumbra la aplicación de gallinaza, como fuente de abono orgánico, en la preparación del suelo para la siembra de hortalizas, papa y cebolla, con el propósito de dar al cultivo las condiciones

¹ Ing. Agr., M.Sc. Parasitología Agrícola, Entomólogo. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Occidental (CIAOC). e-mail: jlezcano@idiap.gob.pa

ideales para su crecimiento y desarrollo. Hay quienes aseguran que puede ser un sustituto de los fertilizantes químicos en la nutrición de las plantas. Tradicionalmente, se aplica hasta 31.8 t/ha de gallinaza, en la producción de cebolla y papa. En cebolla, Atlee (1987) señala que se aplican de 6.8 a 13.6 t/ha de gallinaza o de cachaza de la caña. Según Jiménez y col. (2003), la gallinaza es una materia prima y no un abono orgánico descompuesto, por lo que puede tener el problema de elevar el contenido de calcio y magnesio, provocando desbalances en el suelo y, por otro lado, su alta conductividad eléctrica puede presentar problemas de salinidad en el futuro.

Existen otras fuentes de abonos orgánicos y su uso depende de la disponibilidad. Entre éstos, los más utilizados en agricultura orgánica están el Bocashi (abono fermentado), Compost, Lombricompost, por lo que se estableció un ensayo con el fin de determinar la fuente de abono orgánico y la dosis a

la que mejor responda el cultivo de cebolla.

METODOLOGÍA

Se realizaron dos ensayos, el primero del 21 de abril al 1 de septiembre de 1996 y, el segundo, del 12 de septiembre de 1997 al 25 de enero de 1998; en la Estación Experimental del IDIAP, en Cerro Punta, ubicada en las Tierras Altas de Chiriquí, a 1,900 msnm, con una precipitación anual promedio de 2,100 mm y una temperatura media que oscila entre los 16.6 y 18.8°C.

Según Atlee (1987), los suelos predominantes en el área se clasifican formalmente como Andepts del orden inceptisol en el sistema 'Soil Taxonomy' de los Estados Unidos de América, pero son conocidos como franco arenosos. Se derivan de la actividad volcánica y, comparados con otros suelos, en el país son de origen reciente; son suelos profundos y buen drenaje (Cuadro 1).

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO.

Color	A.L.Arc	pH	P	K	Ca	Mg	Al	Mn	Fe	Zn	Cu
Pardo oscuro	%		mg/kg			cmol/kg			mg/kg		
	78 18 4	5.3	134	212	0.41	0.05	0.20	14	46	12	5
		ácido	alto	alto	bajo	bajo	bajo	medio	medio	medio	medio

Fuente: Laboratorio de Suelos. IDIAP, Divisa.

Se utilizó la variedad Regia, en un Diseño de Parcelas Divididas; la parcela grande representó la fuente de abono orgánico: gallinaza, cachaza y Bocashi y la parcela pequeña, las dosis de abonos orgánicos: 0.0, 4.0, 5.0, 6.0 y 15.0 t/ha.

En 1997 se evaluó el posible efecto residual, sin aplicación de las fuentes de abonos orgánicos, en las mismas parcelas donde se aplicaron tratamientos en 1996. La parcela experimental consistió en siete líneas de siembra, con una población por parcela de 112 plantas. La parcela experimental fue de 2.0 m de largo por 1.20 m de ancho y el área efectiva de 1.43 m² (70 plantas).

La fertilización del testigo fue 0 y la de los tratamientos evaluados consistió en la aplicación de 1.0 t/ha de cal y 408.92 kg/ha de superfosfato triple, incorporado al suelo; a los 35 días fue de 136.20 kg/ha de urea (46% N). Al tratamiento con el manejo del productor (15 t/ha de gallinaza), la fertilización consistió en la aplicación de 12-24-12 en dosis de 1,135 kg/ha a los ocho días y 681 kg/ha a los 30 y 50 días después del trasplante.

La desinfección de la semilla de trasplante se realizó por inmersión con carboxin-captan, a 3.0 kg de PC/ha y benomil a 0.5 kg de PC/ha. El control de las enfermedades foliares se realizó con aplicaciones alternadas de

metalaxil-mancozeb 72%, 0.528 kg de PC/ha (cada 15 días); ferban, 1.0 kg de PC/ha; clorotalonilo, 1.0 lt de PC/ha; propineb, 1.3 kg de PC/ha; vinclozolin, 220 g de PC/ha.

Se evaluaron las siguientes variables: número de plantas cosechadas, diámetro promedio de bulbos, rendimiento comercial, no comercial y total, número de bulbos comerciales y no comerciales. Se realizó el análisis de varianza correspondiente para ambos años, el análisis de correlación de los datos, la comparación de medias con la prueba de Rango Múltiple de Duncan y la interacción entre fuentes y dosis, para seleccionar la mejor dosis en cada fuente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza, en 1996, indicó diferencias altamente significativas ($P<0.01$) entre las fuentes, en la variable rendimiento total. También hubo diferencia significativa ($P<0.05$) en el rendimiento comercial y no comercial, con el coeficiente de variación que osciló entre 16 y 33% (Cuadro 2).

Al comparar la media de rendimiento entre las fuentes, el cultivo de cebolla respondió mejor a la aplicación de Bocashi, presentando el más alto valor, con un rendimiento total de 96.08 t/ha y un rendimiento comercial de 70.91 t/ha, siendo diferentes

estadísticamente a los valores presentados con la cachaza y gallinaza (Cuadro 3). En el diámetro promedio de bulbos, el Bocashi y la cachaza presentaron los valores más altos, con 6.33 y 6.16 cm, respectivamente.

La cebolla, tratada con Bocashi, presentó un rendimiento total de 87.77 t/ha y rendimiento comercial de 65.06 t/ha, los cuales resultaron ser los más altos. Además, se encontró respuesta del cultivo a la no aplicación de abono orgánico; esto se debió posiblemente al alto contenido de materia orgánica de los suelos de Cerro Punta (>7%) y a la aplicación de abono orgánico, como gallinaza, antes de la siembra de papa, que se realiza todos los años, lo cual mantiene un alto contenido de materia orgánica en estos suelos.

La cebolla es un cultivo sensible al suelo con bajo contenido de materia orgánica. A partir de 6.0 t/ha de abono orgánico se obtiene un mayor diámetro en los bulbos (Cuadro 3). Con 15 t/ha, se produjeron bulbos de 6.15 cm de diámetro. Se encontró una correlación altamente significativa ($P < 0.0001$) entre el número de bulbos comerciales, lo cual influyó sobre el valor del rendimiento comercial y no en el diámetro de los bulbos.

La respuesta de la cebolla a las fuentes y dosis se observa en el Cuadro 4. En las fuentes como

gallinaza y cachaza, la cebolla respondió a la dosis entre 4 y 5 t/ha, respectivamente; mientras que con Bocashi no hubo respuesta. En las tres fuentes utilizadas, el mayor diámetro del bulbo se encontró con la dosis de 15 t/ha.

En el Bocashi, gallinaza y cachaza, la aplicación de dosis de 4 a 5 t/ha produjo el mayor número de bulbos comerciales (Cuadro 3). La baja respuesta de la cebolla a la aplicación de Bocashi, se debe al bajo contenido de nutrimentos y a las fuentes nutritivas utilizadas para su elaboración; por lo que sería necesario el uso de cantidades muy por encima de las 15 t/ha para encontrar la respuesta esperada.

El aporte principal del Bocashi es la incorporación al suelo de microorganismos, provenientes de fuentes como gallinaza y suelo virgen, que, bajo condiciones ideales, éstos se adhieren al carbón utilizado en el proceso, proporcionándole al suelo la fauna y flora benéfica, que son destruidas en el proceso de producción (por el uso de productos químicos de uso agrícola).

Aunque no se ha logrado probar, de alguna manera los organismos tienen funciones de descomposición de los minerales del suelo, que luego son aprovechados por la planta de cebolla (Solano, 2002). Otra posible

CUADRO 2. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA PRODUCCION DE CEBOLLA CON DIFERENTES FUENTES Y DOSIS DE ABONOS ORGÁNICOS. CERRO PUNTA. 1996.

F de V	CM					
	Rendimiento			Plantas Cosechadas	Diámetro Promedio de Bulbos	
	gl	Total	Comercial	No Comercial		
Bloques	2	399000397	329346760	1765887	16.47	0.16
Fuentes	2	2193934363**	1365686046*	17332121866*	68.94ns	3.98**
Dosis	4	241224994ns	142185897ns	33366008ns	23.88ns	0.17ns
Bloques*Dosis	8	115171025ns	241491055ns	64041256ns	50.91ns	0.06ns
Dosis*Fuentes	8	232644339ns	187003917ns	39494916ns	29.06ns	0.07ns
Error	20	196486073	303352177	54050207	32.77	0.08
C V, %		17.05	28.9	33.50	16.18	28.90

ns= No hubo diferencia significativa ($P>0.05$).

* = Hubo diferencia significativa ($P<0.05$).

** = Hubo diferencia altamente significativa ($P<0.01$).

CUADRO 3. VALORES DE RENDIMIENTO, TOTAL, COMERCIAL, NO COMERCIAL, PLANTAS COSECHADAS, NÚMERO DE BULBOS COMERCIAL, NO COMERCIAL Y TAMAÑO PROMEDIO DE BULBOS, SEGÚN FUENTE Y DOSIS. CERRO PUNTA. 1996.

Tratamientos	Rendimiento (t/ha)			Plantas Cosechadas	Número de bulbos		diámetro Promedio (cm)
	Total	Comercial	No Comercial		Comercial	No Comercial	
Fuente							
Bocashi	96.08 a	70.91 a	25.16 a	35.00 a	20.20 a	14.8 a	6.33 a
Cachaza	75.31 b	57.05 b	18.25 b	33.36 a	20.10 a	14.7 a	6.16 a
Gallinaza	74.75 b	52.58 b	22.16 a b	37.67 a	18.79 a	17.5 a	5.36 b
Dosis Abono Orgánico (t/ha)							
0	87.77 a	65.06 a	22.70 a	35.89 a	20.44 a	15.44 a	5.94 a b
4	84.21 a	60.70 a	23.51 a	37.87 a	20.87 a	17.00 a	5.75 b
5	81.45 a	57.91 a	23.54 a	35.00 a	19.33 a	15.89 a	5.89 a b
6	83.88 a	62.70 a	21.18 a	35.22 a	20.00 a	14.56 a	5.96 a b
15	73.88 a	54.93 a	18.95 a	33.22 a	18.00 a	15.78 a	6.15 a

Medias seguidas de la misma letra en una misma columna, no difieren entre sí ($P>0.05$).

explicación es que la planta de cebolla no reaccionó a las dosis utilizadas, posiblemente por ser muy bajas.

En la cachaza, los valores más altos de rendimiento comercial (66.46 t/ha) y total (85.21 t/ha) se encontraron al utilizar 5.0 t/ha; sin embargo, no se observó un incremento en los rendimientos al aumentar las dosis, a pesar de que los análisis químicos indicaron alto contenido de fósforo y potasio, con un bajo contenido de calcio y magnesio. En la gallinaza se encontró los rendimientos total y comercial más altos, con valores de 84.37 t/ha y 60.41 t/ha, respectivamente, con la dosis de 4.0 t/ha (Cuadro 4). Las características físicas y químicas de los suelos de Cerro Punta, donde se realizó este ensayo, pueden ser un factor que incide en la respuesta de la cebolla a la aplicación de dosis bajas de abono orgánico.

El efecto de las fuentes en el diámetro de los bulbos se observó en la dosis de 15 t/ha (Cuadro 4) con diámetros de 6.62 cm (Bocashi), 6.36 cm (cachaza) y 5.47 cm (gallinaza). Este estudio debe ser complementado con un estudio de microbiología del suelo y de las fuentes, lo cual proporcionaría información sobre el contenido microbiológico, estimando el aporte de cada microorganismo encontrado.

Como se encontró una baja respuesta de la cebolla a la aplicación de

las fuentes antes de la siembra, se procedió en 1997, a evaluar en las mismas parcelas, un posible efecto residual de la aplicación de los abonos orgánicos utilizados.

Para este período, el análisis de varianza (Cuadro 5) indicó nuevamente, diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) entre las fuentes, para el rendimiento total y el diámetro de bulbo; y diferencia significativa ($P < 0.05$) en el rendimiento comercial de cebolla. No hubo diferencia significativa entre las dosis, ni entre la interacción fuentes x dosis ($P > 0.05$).

Los resultados encontrados en la evaluación de 1997 confirman que los suelos de Cerro Punta presentan altos contenidos de materia orgánica y que la planta de cebolla responde a los niveles de materia orgánica presentes en el suelo.

En el Cuadro 6 se presentan los resultados de la evaluación del efecto residual de las fuentes de abono orgánico. Se encontró una respuesta similar en las parcelas donde se aplicó Bocashi, presentando un rendimiento total de 43.46 t/ha y comercial de 32.19 t/ha, superando los rendimientos presentados donde se utilizó cachaza y gallinaza. Cuando no se proporcionó al suelo a-bono orgánico, disminuyeron los rendimientos de la cebolla en 1997, en comparación con los que se produjeron en 1996; posi-

Dosis t/ha	FUENTE															
	Bocashi						Cachaza				Gallinaza					
	Rendimiento (t/ha)		Bulbos				Rendimiento (t/ha)		Bulbos		Rendimiento (t/ha)		Bulbos			
			Comer- cial	No Comer- cial	Diámetr o Prom.	Total			Comer- cial	No Comer- cial			Total	Comer- cial	No Comer- cial	
Total	Comer- cial	Comer- cial	No Comer- cial	Diámetr o Prom.	Total	Comer- cial	No Comer- cial	Diámetr o Prom.	Total	Comer- cial	No Comer- cial	Diámetr o Prom.	Total	Comer- cial	No Comer- cial	Tamaño Prom.
0	112.71	80.83	21.33	17.33	6.32	74.58	56.87	18.00	12.00	6.20	76.04	57.50	22.00	17.00	5.30	
4	98.12	72.91	22.00	15.67	5.99	63.12	42.81	16.50	21.00	5.90	84.37	60.41	22.67	15.67	5.40	
5	87.29	62.91	17.33	12.67	6.43	35.21	36.46	22.00	15.00	5.90	71.87	44.37	18.67	20.00	5.35	
6	95.62	70.21	20.67	12.67	6.26	76.46	60.41	18.67	14.67	6.34	79.58	57.50	20.67	16.33	5.27	
15	85.66	67.71	19.67	15.67	6.62	73.12	53.96	18.00	13.00	6.36	61.87	43.12	16.33	18.67	5.47	

CUADRO 5. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRODUCCION DE CEBOLLA CON DIFERENTES FUENTES Y DOSIS DE ABONOS ORGÁNICOS. CERRO PUNTA. 1997.

F de V	gl	CM			Porcentaje de bulbos comerciales	Diámetro Promedio de Bulbos
		Total	Comercial	No Comercial		
Bloques	2	97.9678	95.4909	1.8750	102.9166	0.1629
Fuentes	2	354.9010 **	268.7078 *	32.5565 *	46.6666 ns	3.6849 **
Dosis	4	16.7977 ns	33.6750 ns	6.9925 ns	92.2222 ns	0.1603 ns
Bloques*Dosis	8	85.5634	107.7116	22.5556	273.0555	0.0681
Dosis*Fuentes	8	71.2761 ns	23.8620 ns	8.2597 ns	86.5972 ns	0.1173 ns
Error	20	57.2572	48.1760	6.3774	165.4861	0.1327
C.V., %		19.83	25.16	25.53	25.81	6.14

** = Hubo diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

* = Hubo diferencia significativa ($P < 0.05$).

ns = No hubo diferencia significativa.

blemente por la falta de microorganismos presentes en las fuentes de abonos orgánicos, ya que los existentes en el suelo fueron destruidos, posiblemente por el manejo químico de las enfermedades e insectos.

La parcela donde se aplicó el Bocashi presentó diámetros de bulbos (6.25 cm) superiores a los encontrados en la parcela con la cachaza (6.16 cm).

En la parcela donde no se utilizó una fuente de abono orgánico, presentó un rendimiento total (39.84 t/ha) y comercial (29.54 t/ha) más altos, pero no hubo diferencia estadística con respecto a las parcelas en donde se aplicaron las dosis de 4, 5, 6 y 15 t/ha.

A pesar de que no hubo diferencias estadísticas entre las dosis, la parcela con la dosis de 15 t/ha presentó el

mayor diámetro de bulbo (6.15 cm). En las parcelas donde se utilizaron las dosis de 6.0 t/ha (64.68%) y 15 t/ha (63.47%) presentaron el mayor porcentaje de bulbos comerciales (Cuadro 6); sin embargo, este tamaño de bulbo no se refleja en el rendimiento comercial. Estos resultados indican que es conveniente la aplicación de abono orgánico antes de la siembra de cebolla y que, por alguna razón, este cultivo reacciona favorablemente a la aplicaciones de abono orgánico.

CONCLUSIONES

- * La cebolla responde a las aplicaciones de abono orgánico en Cerro Punta, pero siembras consecutivas, muestran la necesidad de aplicaciones adicionales.

CUADRO 6. RENDIMIENTO TOTAL, COMERCIAL, NO COMERCIAL, PORCENTAJE DE BULBOS COMERCIALES Y DIÁMETRO PROMEDIO DE BULBOS SEGUN FUENTES Y DOSIS DE ABONOS ORGÁNICOS EN CEBOLLA. CERRO PUNTA. 1997.

Tratamientos	Rendimiento (t/ha)			Porcentaje de bulbos comerciales	Diámetro promedio de Bulbos (cm)
	Total	Comercial	No Comercial		
Fuentes					
Bocashi	43.46 a	32.19 a	11.27 a	50.50 a	6.25 a
Cachaza	37.02 b	26.68 b	8.34 b	47.83 a	6.16 a
Gallinaza	33.93 b	23.87 b	10.05 b	51.17 a	5.35 b
Dosis t/ha					
0	39.84 a	29.54 a	10.30 a	53.05 a	5.94 a
4	39.27 a	28.78 a	10.49 a	51.66 a	5.81 a
5	36.88 a	26.20 a	10.68 a	51.11 a	5.89 a
6	37.83 a	28.47 a	9.36 a	64.68 a	5.85 a
15	36.87 a	24.94 a	8.60 a	63.47 a	6.15 a

Medias seguidas de una misma letra, no difieren entre sí ($P>0.05$).

* Entre las fuentes evaluadas, la cebolla mostró una mayor respuesta en rendimiento comercial a las aplicaciones de Bocashi.

* La cachaza y la gallinaza presentaron el menor rendimiento comercial, a pesar de que la gallinaza presentó el mayor porcentaje de bulbos comerciales.

* La dosis de 4 t/ha en las fuentes produjo un mayor rendimiento en cebolla comercial, posiblemente influenciado por el contenido de materia orgánica de los suelos de Cerro Punta.

RECOMENDACIONES

* Incluir estudios de microbiología en suelos de Cerro Punta, para

determinar e identificar la población microbiana de los principales abonos orgánicos, como gallinaza, Bocashi, compost y Lombricompost.

- * Continuar con la evaluación de otras fuentes de abono orgánico, de fácil adquisición, como Compost y Lombricompost.
- * Realizar pruebas con dosis más altas de Bocashi, para determinar con mayor exactitud la respuesta de la cebolla.

BIBLIOGRAFÍA

ATLEE, CH. (Ed.) 1987. Guía Hortícola para zonas Altas de Chiriquí. International Consulting Division. Chemonics. Washington, USA. pp. 2-14.

BEAR, F. E. 1967. Suelos y fertilizantes. Instituto Cubano del libro. Cuba. 130 p.

JACOB, A.; UEXKÜLL, H. V. 1971. Producción comercial de cebolla y guisantes. Manuales de técnicas agropecuarias. Zaragoza,, Aribia. 80 p.

NÚÑEZ, J. 1981. Fundamento de edafología general. Ed. EUNED. Costa Rica. 220 p.

CARDOZA, H. 1981. Estudio de fuentes y niveles de abonos orgánicos en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa*). Ciencia y Técnica en la Agricultura. Suelos y Agroquímica (4) 1: 59-67.

JIMÉNEZ B., J. M.; SALAZAR C., C.; CORDERO M., C. 2003. Generación de tecnología orgánica en el cultivo de cebolla, en el Cantón de Santa Ana. Oficina de prensa del Ministerio de Agricultura y Ganadería (en línea). Disponible en: www.infoagro@mag.go.cr. 1 p.

SOLANO, N. 2002. Producción de papa con aplicación de abonos orgánicos. Primer Congreso Nacional de agricultura conservacionista. San José, 28-29 de noviembre. 4 p.

PRIMER REPORTE SEROLÓGICO DE LA NEOSPOROSIS BOVINA (*Neospora caninum*) EN PANAMÁ. 2002 - 2004.

FIRST SEROLOGICAL REPORT OF THE BOVINE NEOSPOROSIS (*Neospora caninum*) IN PANAMA. 2002-2004.

Marcelino Jaén T.¹; Ginnette Rodríguez ²; Víctor E. Vega B.³

INTRODUCCIÓN

Neospora caninum es un protozoario de la familia Sarcocystidae con estructura similar al ***Toxoplasma gondii***, pero son diferentes antigénica y ultraestructuralmente. Produce una infección natural en perros y bovinos; se ha reportado en caballos, ovejas, cabras y venados.

El perro es el huésped intermediario o transmisor y definitivo de ***N. caninum*** (McAllister y col., 1998); la infección es fatal, afecta todas las edades y se caracteriza por parálisis severa y progresiva (Morales, 1996; Moore y col., 2001). A partir de este descubrimiento el ciclo de vida de este parásito se conoce mejor en el medio ambiente. En los bovinos, la principal vía de transmisión es de madre a hijo a través de la placenta (transmisión vertical) (Sager, 2001) y es importante en la subsistencia de la infección dentro de un hato (Cottrino, 2004; Morales, 1996).

Por otro lado, la transmisión horizontal, aunque menos documentada, ha sido descrita por Anderson (2000), quien confirmó la presencia de abortos por la ingestión de alimento contaminado con ooquistes en heces provenientes de perros; además, existe un estudio, realizado en Costa Rica, donde se evidencia la posibilidad de que la transmisión horizontal ocurra (Romero, 2003).

N. caninum es una de las principales causas de aborto del ganado bovino alrededor del mundo, el cual puede ocurrir a partir de los tres meses hasta los

¹ M. V., M.Sc. Enfermedades Veterinarias Tropicales. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central. e-mail: mjaen@yahoo.es

² M.V. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIA - Central).

³ M.V. MIDA. Laboratorio Regional de Salud Animal, Divisa.

nueve meses de gestación, pero se presenta con mayor frecuencia entre el cuarto y sexto mes. Además, se asocia con parálisis neonatal y encefalomielifis. La reabsorción embrionaria, momificación y autólisis de fetos es un hallazgo clínico importante; sin embargo, algunos nacen muertos y aquellos que nacen vivos pueden presentar parálisis o ser clínicamente sanos y persistentemente infectados (Dubey, 1999). Además, se ha comprobado que una vaca que aborta por *N. caninum* puede volver a abortar en gestaciones subsecuentes (Morales, 1996; Calzada y col., 2002; Cotrino y col., 2004; Quirós, 1997).

En bovinos, para reconocer casos de abortos asociados a *N. caninum*, se han utilizado métodos convencionales de diagnóstico directo como el cultivo celular, histopatología y la inmunohistoquímica; sin embargo, la técnica de ampliación en cadena de la polímera (PCR) es más sensible y específica. Por otro lado, la inmunofluorescencia indirecta y las técnicas inmunoenzimáticas (ELISA) son métodos indirectos de diagnóstico en ganado adulto y en fetos abortados (Sager, 2001). Además, estas últimas se han utilizado para estudios de seroprevalencia (Morales, 1996). Por su parte, Moore (2001) indica que la prueba de ELISA ha sido ampliamente utilizada en serodiagnóstico de *N. caninum*.

La facilidad para procesar un gran número de muestras, la obtención de una sensibilidad y especificidad superior a las obtenidas con inmunofluorescencia indirecta (IFI), hacen confiable esta prueba.

Por otro lado, Morales (1996) cita a varios autores, los cuales indican que existe una alta antigenicidad cruzada entre *N. caninum* y otras especies de *Neospora* provenientes del ganado y, por el contrario, no hay antigenicidad cruzada con respecto a otros protozoarios como *T. gondi* y *H. hammondi*. Por lo tanto, las pruebas serológicas son de gran utilidad para el diagnóstico, utilizando anticuerpos anti-*N. caninum*. No obstante, existen otros reportes que indican la presencia de reacción cruzada de *T. gondi* con *N. caninum* (Uggla y col., 1987, citado por Moore, 2001; Di Lorenzo y col., 2000).

La neosporosis bovina ha sido reportada en muchos países, aunque existen diferencias del impacto que causa en la salud y productividad de las explotaciones bovinas, posee un importante efecto económico como consecuencia de los abortos, de la muerte fetal temprana, repetición de celo, por incremento del intervalo parto-concepción, muerte neonatal, incremento en el descarte de vacas y por la baja pro-

ducción de leche que puede representar una reducción del 4% en la primera lactancia (Cottrino y col., 2004; Morales, 1996; Moore y col., 2001). Por otro lado, Moore y col. (2001) indican que en Inglaterra las pérdidas económicas por aborto causadas por *N. caninum* son de 4.8 millones de dólares anuales. En Australia, se reportan 85 y 25 millones de dólares anuales en la industria de leche y carne, respectivamente. Además, en California y en Argentina, se calculan pérdidas 35 y 80 millones de dólares por año.

Por su parte, Sager (2001) menciona que muchos países reportan abortos con un rango de prevalencia menor al 2% en África y mayor al 40% en Estados Unidos. Por otro lado, Moore (2001) indica que en América, la prevalencia fluctúa con un rango de 15 a 72% en bovinos, con 100% en fincas con reportes de abortos.

En Panamá, no hay reportes serológicos de *N. caninum* en bovinos, así como la confirmación de esta enfermedad. En este sentido, se justificó realizar un estudio preliminar en bovinos del sistema de cría y leche especializada de zonas bajas, localizadas en diferentes zonas de vida con el objetivo de determinar la respuesta serológica (IgG) en bovinos de estos sistemas y establecer bases técnicas para realizar otros estudios.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en tres regiones de Panamá: Oriental (Chepo), Central (Veraguas, Herrera, Los Santos y Coclé) y Occidental (Chiriquí). Las fincas se localizaron en las zonas de vida de Bosque Húmedo Tropical, Bosque muy Húmedo Tropical, Bosque Seco Tropical, Bosque Seco Premontano, Bosque Húmedo Premontano y Bosque muy Húmedo Premontano (Atlas Geográfico Nacional de Panamá, 1975).

De acuerdo a la disposición de los ganaderos a colaborar en el estudio, se escogieron, entre septiembre de 2002 y junio de 2004, 10 fincas con el sistema de cría y 12 fincas con el sistema de lechería especializada de zonas bajas, éstas últimas localizadas principalmente en el Arco Seco del país.

En cada finca se realizó un muestreo aleatorio simple a novillas mayores de 24 meses y vacas en diferentes estados fisiológicos y de producción. Se reportaron razas *Bos taurus* así como Holstein y Pardo Suizo; además, mestizos *Bos indicus*.

A cada bovino se le extrajo una muestra sanguínea mediante punción con agujas en la vena yugular, vertiendo la sangre en tubos

“vacutainer” de 10 ml sin anticoagulante; éstas se trasladaron al Laboratorio Regional de Salud Animal del MIDA en Divisa, donde se extrajo el suero mediante centrifugación. Posteriormente, se almacenaron en condiciones de congelación en un banco de sueros hasta su procesamiento; recolectando un total de 150 y 286 sueros sanguíneos de bovinos de cría y leche, respectivamente.

Se utilizó la prueba inmunoenzimática (ELISA indirecta), según protocolo metodológico y sueros controles, antígeno, conjugado y reactivos del HerdChek Anti-Neospora de IDEXX Laboratories, Inc. “Kit” No. 44000-2435 y 09566-607JY. La lectura de la prueba se realizó con un Espectrofotómetro Stat-fax-2200 de Awareness Technology, Inc. Se utilizó una densidad óptica de 620 nm. La dilución utilizada en los sueros controles y problemas fue de 1/100. La sensibilidad de esta prueba de ELISA indirecta contra anticuerpos (IgG) de *N. caninum* es de 100%, con una especificidad de 98.5% (Sayd, 2004). Según el protocolo, se considera una muestra sanguínea positiva si el valor de la densidad óptica (DO) corregida es mayor o igual a 0.50 y con valores corregidos menores de 0.50 se consideran negativos.

La tasa de prevalencia punto se calculó con el número de bovinos y finca, mediante la fórmula De Graff T. (1998):

$$P = a/(a+b)$$

P = Tasa de prevalencia punto.

a = Número de bovinos seropositivos en un tiempo dado.

b = Número de bovinos seropositivos y seronegativos en ese mismo periodo de tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La seroprevalencia en bovinos de ambos sistemas de producción fue de 9.40% y, por finca, de 68.18%. El 70% de las fincas de cría y el 66.66% de las fincas de leche fueron seropositivas a *N. caninum*. Se reporta en bovinos de cría un 8.66%, con un rango de seropositivos de 6.7 a 27.3% y, en el sistema de leche un 9.79% con un rango de 8.0 a 29.41% (Cuadros 1 y 2). La diferencia en ambos sistemas fue de 1.13%. La seroprevalencia encontrada en bovinos no supera el 9.40% y el 70% por finca en ambos sistemas de producción; no obstante, estos resultados sugieren que este protozoario puede estar circulando en las fincas y concuerda con reportes que indican que *N. caninum* afecta tanto razas de leche como de carne en todos los sistemas de producción (Moore y col., 2001; Quirós, 1997).

Por otro lado, reportes de los países fronterizos a Panamá, indican diferencias en la prevalencia con este estudio. En ese sentido,

CUADRO 1. PREVALENCIA DE ANTICUERPOS (IgG) CONTRA *Neospora caninum* POR FINCAS DEL SISTEMA CRÍA Y DE LECHE ESPECIALIZADA DE ZONAS BAJAS EN PANAMÁ.

Sistema de Producción	Número Fincas	Fincas Positivas	Porcentaje Prevalencia
Cría	10	7	70.00
Leche	12	8	66.66
Total	22	15	68.18

CUADRO 2. SEROPREVALENCIA DE ANTICUERPOS (IgG) CONTRA *Neospora caninum* EN MUESTRAS DE SUERO SANGUÍNEO DE BOVINOS DEL SISTEMA CRÍA Y DE LECHE ESPECIALIZADA DE ZONAS BAJAS EN PANAMÁ.

Sistema de Producción	Número muestras de Suero	Sueros Positivos	Porcentaje Prevalencia	% Rango prevalencia
Cría	150	13	8.66	6.7 a 27.30
Leche	286	28	9.79	8.0 a 29.41
Total	436	41	9.40	6.7 a 29.41

Zambrano (2003) en Colombia, mediante un ELISA indirecto analizaron 357 sueros sanguíneos de 74 hatos con problemas reproductivos y reportaron un 54% de seroprevalencia.

También difiere en dos estudios en Costa Rica, uno en 570 vacas lecheras, donde la prevalencia a *N. caninum* fue de 34.7%, siendo el único agente asociado a los abortos (González, 1998), y otro realizado por Romero (2000) en la zona del Volcán Poas, el cual reportó 30 fincas de leche positivas y de un 15 a 45% de vacas seropositivas. No obstante, los resultados de este trabajo, se encuentra en el rango de los estudios citados por Moore (2001) en varios países de América. En este sentido, se indica el estudio realizado en ocho fincas de Argentina que encontró de un

15 a 27.5% de prevalencia en 320 bovinos de leche; y uno en Canadá, que reporta un rango de prevalencia de 16 a 27% en ocho fincas de cría y otro realizado en cinco estados del Noroeste de los Estados Unidos en 55 fincas de cría, donde hubo un 100% de positivas con una seroprevalencia de 24% en 2,586 bovinos. En este último estudio se utilizó un ELISA de inhibición competitiva.

Aunque en Panamá no se ha confirmado la presencia de este protozooario mediante técnicas celulares y moleculares (Sager, 2001), la seroprevalencia baja a moderada (6.7 a 29.41%) supone que puede haber un estado serológico enzoótico en algunas de estas fincas. En

ese sentido, Moore (2001) menciona que el comportamiento enzoótico que tiene la enfermedad podría reflejar la transmisión postnatal en bovinos de una finca libre o la persistencia de *N. caninum*, a través de generaciones sucesivas en forma vertical y que la manifestación epizootica de la enfermedad está asociada a la presencia de abortos.

Se encontró respuesta serológica en bovinos de las fincas que reportaron problemas reproductivos, tales como abortos, infertilidad, mortinatos y terneros nacidos débiles entre otras. No obstante, es importante indicar que esta información se basa en observaciones realizadas por los finqueros y no por un sistema de registros que podrían verificar con más exactitud la presencia o no de los problemas, principalmente los abortos.

En este sentido, en las fincas de cría con y sin estos problemas repro-

ductivos, se encontró una seroprevalencia de 16.07 y 4.25%, respectivamente. En el sistema leche, la prevalencia fue de 10.41 y 8.51% en fincas con y sin problemas reproductivos, respectivamente (Cuadro 3). Estos resultados sugieren una mayor prevalencia en fincas con problemas reproductivos. Es probable que bajo determinadas condiciones de las fincas y de manejo de los bovinos, así como factores de riesgo, tales como presencia de perros que contaminan alimentos y agua de bebida, el consumo de micotoxinas en el alimento y la infección simultánea con el virus de la diarrea viral bovina que causa inmunosupresión, podrían actuar como factores desencadenantes del aborto a *N. caninum* en una finca enzoóticamente infectada (Bartels, 1999; Moore, 2001).

Por último, en Panamá no hay reportes del diagnóstico molecular y celular de casos en fetos bovinos de

CUADRO 3. SEROPREVALENCIA DE ANTICUERPOS CONTRA (IgG) CONTRA *Neospora caninum* EN MUESTRAS DE SUERO SANGUÍNEO DE BOVINOS EN FINCAS DEL SISTEMA CRÍA Y DE LECHE REPORTADAS CON Y SIN PROBLEMAS REPRODUCTIVOS.

Sistema de Producción	Número Fincas	Total Muestras	Muestras Positivas	Porcentaje de Prevalencia
CRÍA				
Con problemas reproductivos	6	56	9	16.07
Sin problemas reproductivos	4	94	4	4.25
Total	10	150	13	8.66
LECHERIA				
Con problemas reproductivos	7	192	20	10.41
Sin problemas reproductivos	5	94	8	8.51
Total	12	286	28	9.79

N. caninum que permitiría confirmar la presencia de la enfermedad. Sin embargo, el estudio serológico (IgG) contra **N. caninum** realizado en bovinos de fincas del sistema de cría y de leche permiten sugerir que este protozooario puede estar circulando en los hatos y probablemente cause una baja eficiencia reproductiva en estos sistemas.

Se concluye que hubo respuesta serológica (IgG) contra **N. caninum**, de baja a moderada prevalencia en bovinos y por fincas de los sistemas de producción de cría y leche.

Se recomienda ampliar los estudios epidemiológicos por sistema de producción, raza, edad, estados fisiológicos, para así implementar las medidas adecuadas de prevención y control. Además, es imprescindible lograr el aislamiento de fetos con **N. caninum** y así confirmar su presencia en el país. Se considera la Neosporosis bovina como una enfermedad emergente y es el primer reporte de la presencia serológica en la República de Panamá.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, B.C. 2000. Contamination of feed stuff caused by farm dogs. J.Am. Med.Assoc.17:1294.
- ATLAS NACIONAL DE PANAMÁ. 1975. Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia. Mapa Ecológico, Lámina número 27. Panamá.
- CALZADA, P.C.; MORALES, E.S.; QUIROZ - ROCHA, G.F.; SALMERON, F.S.; GARCÍA, C.O.; HERNÁNDEZ, J.B. 2002. Valores hematológicos en vacas de raza Holstein-Friesian seropositivas a **Neospora caninum** de la cuenca lechera de Tizayuca, Hidalgo, México. Veterinaria México 33 (2): 119-124.
- COTRINO, V.B.; GAVIRIA, B.C.s.f. Neosporosis: Enfermedad Emergente. Consultado el 12 de julio de 2004. <http://lmv/tda.com/programas/11.html>.
- DE GRAAF, T. 1998. Curso de Epidemiología: Curso de perfeccionamiento Internacional. Encuestas epidemiológicas como base de planificación para programas de sanidad animal. Centro de Fomento de la Alimentación y la Agricultura (ZEL) de la Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional (DSE), Feldafing República Federal de Alemania.
- DILORENZO, C.; UNZAGA, J.M.; VENTURINI, M.C.; VENTURINI, L. 2000. Laboratorio de Inmunoparasitología. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata. Memorias XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Panamá. p. 255.

- DUBEY, J.P. 1999. Recent advances in *Neospora* and neosporosis. *Vet. Parasitol.* 84: 249-367.
- GONZÁLEZ, O. 1998. Estudio epidemiológico de los factores asociados al aborto en explotaciones lecheras del Bosque Tropical Nuboso de Costa Rica. Resúmenes XLI Reunión Anual PCCMCA, Nicaragua. p. 210.
- IDDEXX LABORATORIES INC. Herd-Chek: Anti-*Neospora*. Kit para la detección de anticuerpos contra *Neospora caninum*. pp. 10-12.
- McALLISTER, M.M.; DUBEY J.P.; LINDSAY, D.S.; JOLLEY W.R.; WILLS, R.A.; McGUIRE, A.M. 1998. Dogs are definitive host of *Neospora caninum*. *Int. J. Parasitol.* 287: 1473-1478.
- MORALES, E.S. 1996. Neosporosis. En Control de enfermedades parasitarias en el ganado bovino. División de Educación continua. Departamento de Parasitología. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 59-70.
- MOORE, D.P.; ODEÓN, A.C.; CAMPEIRO, C.M. 2001. Neosporosis. *Veterinaria Argentina* 8 (180):752-775.
- QUIROS, M.A. 1997. Abortos por Neosporosis bovina. Memorias del curso Avances en farmacología aplicada en la clínica bovina. (eds). H. Sumano L., E. Posada L. y L. Ocampo C. Colegio de Médicos Veterinarios Zootecnistas de México, D.F. y Laboratorios Brovel Veterinaria. México, D.F. pp. 143-146.
- ROMERO, J. J.; DOLZ, G.; PÉREZ, E.G. 2000. Neosporosis (*N. caninum*): Nuevos conceptos y una descripción preliminar de su situación en Costa Rica. Memorias XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Panamá. p. 102.
- ROMERO, J.J. 2003. Neosporosis bovina (*Neospora caninum*): Estrategias para su prevención y control. Boletín de Parasitología. Escuela de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Julio/Septiembre. Volumen 4. No. 3.
- SAGER, H.; FISHER, I.; FURRER, K.; STRASSER, M.; WALDVOGEL, A.; BOERLIN, P.; AUDIGÉ, L.; GOTTSTEIN, B. 2001. A swiss case-control study to assess *Neospora caninum* - associated bovine abortions by PCR histopathology and serology. *Veterinary Parasitology* 102: 1-15.
- ZAMBRANO, J. L.; COTRINO, V. B.; JIMÉNEZ, C.E.; ROMERO, M.; GUERRERO, B. Evaluación serológica de *Neospora caninum* en bovinos en Colombia. Consultado el 27 de agosto de 2003. <http://www.encolombia.com/veterinaria/acovez26101evaluacion.htm>

REVISTA CIENTÍFICA
Ciencia Agropecuaria N.18

Es una Publicación del



Edición

Elizabeth S. De Freitas G.
Neysa G. de Rojas

Diseño y Diagramación

E. S. De Freitas G.

Colaboradores

Pedro Guerra M.
Eric Candanedo L.
Filiberto Frago
Osvaldo Cerrud

Impresión

E. De Freitas G.

Compaginación

Fabiola Ábrego
Elsy Suira
Damaris Quintero
Sandra Herrera
Angélica Ma. Fernández

Encuadernación

Herminio González

Tiraje

1000 ejemplares
Impreso en los Talleres del
IDIAP en David, Chiriquí
Impresión de Portada
Impresora Central, S.A.
David, Chiriquí

Esta publicación fue financiada con fondos del
Programa de Modernización de los servicios Agropecuarios
BID - 924