 **INSTITUTO DE
INVESTIGACION
AGROPECUARIA DE PANAMA**

ISSN 0258-6452

CIENCIA AGROPECUARIA

REVISTA CIENTÍFICA N° 17

PANAMÁ, 2004



ISSN 0258-6452

CIENCIA AGROPECUARIA

REVISTA CIENTÍFICA N° 17

PANAMÁ, 2004

Revista Ciencia Agropecuaria. Instituto de Investigación
Agropecuaria de Panamá. Unidad de Información
y Comunicación. Departamento de Publicaciones.

no. 17 (2004) Anual
144 p .ilus.
ISSN: 0258-6452

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

Agradecemos Canje
Wir bittenum 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

EDITORA

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

COEDITORA

Neysa G. de Rojas
Mgtr. Ext. Rural

COMITÉ DE REVISIÓN TÉCNICA

Reinaldo de Armas, M.V., Ph.D. Reproducción Animal

Vicente Beros, Dr. Química Industrial

Carmen Y. Bieberach, M.Sc. Cultivos Tropicales

Said Caballero, M.V., M.Sc. Microbiología

Pedro Guerra, M.Sc. Mejoramiento Genético Animal

Luis Hertentains, Ing. Agr. Zoot.

Marcelino Jaén, M.V., M.Sc. Enfermedades Vet. Tropicales

Bolívar Pinzón, M.Sc. Edafología

Carlos I. Saldaña, M.Sc. Nutrición Animal

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 Ediciones y Publicaciones a la siguiente dirección:

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ

Departamento de Ediciones y Publicaciones

Apartado 958 - David, Chiriquí

Tel. 7753186 / 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 ½". 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 más importantes 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

-
- 1-16 USO DEL CLOROFILÓMETRO SPAD-502 EN EL MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE MAÍZ. AZUERO, PANAMÁ. 2000-2002.
Román Gordón M.; Jorge Franco; Andrés González
-
- 17-30 UTILIZACIÓN DE MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS COMO SUSTRATOS PARA EL CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus*. CHIRIQUÍ, PANAMÁ. 2003.
Aracelly Vega Ríos; Rosa E. Caballero; José R. García; Pedro Guerra M.
-
- 31-42 EFECTO DE LA DISMINUCIÓN DEL PERIODO DE OCUPACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CARNE A BASE DE *Brachiaria decumbens* cv. SEÑAL. GUALACA, PANAMÁ. 2001-2003.
Bolívar Pinzón; Rubén Montenegro; Eliut Santamaría
-
- 43-55 EFECTO DE UN BANCO DE PROTEÍNA CON *Centrosema macrocarpum* SOBRE LA GANANCIA DE PESO DE NOVILLAS DE LECHERÍA A BASE DE *Digitaria swazilandensis*. GUALACA, PANAMÁ.
Manuel H. Ruiloba
-
- 57-74 EFECTO DE LA MADURACIÓN SOBRE LA TERNEZA DE LA CARNE DEL GANADO CEBÚ Y SUS CRUCES. GUALACA, PANAMÁ. 2002.
Omar Chacón P.; Pedro Guerra; Ricaute Quiel
-
- 75-106 TOLERANCIA TÉRMICA DE ANIMALES CEBÚ Y SUS CRUCES EN SISTEMA DE CEBADA EN PASTOREO, EN EL BOSQUE HÚMEDO TRÓPICAL. GUALACA, PANAMÁ. 1999-2004.
Pedro Guerra M.; Manuel S. De Gracia; Iván Del Cid
-
- 107-120 EVALUACIÓN DE UN BANCO DE PROTEÍNA DE *Arachis pintoi* (CIAT 18744), BAJO CORTE, EN EL LEVANTE DE TERNERAS DE UN SISTEMA DE LECHERÍA INTENSIVA. BUGABA, PANAMÁ. 2000.
José G. Almillátegui C.; Eliut Santamaría; Odenis Troestch; Alexis Carreño
-

NOTAS TÉCNICAS

- 121-132 **EVALUACIÓN DEL SISTEMA CLEARFIELD/ARROZ EN PANAMÁ. 2003-2004.**
Gabriel von Lindeman; Ismael Camargo; Eric Batista
-
- 133-144 **EFFECTO DE LA EDADE DE CORTE EN EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y VALOR NUTRITIVO DE TRES GRAMÍNEAS DEL GENERO *Cynodon*. BRAZIL. 2000-2001.**
Jorge A. Girón C.; Gudesteu Porto R.; José Cardoso P.; Joel A. Muñiz; Elisangela Minati G.
-

USO DEL CLOROFILÓMETRO SPAD-502 EN EL MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE MAÍZ. AZUERO, PANAMÁ. 2000-2002.

Román Gordón M.¹; Jorge Franco²; Andrés González²

RESUMEN

Se realizó un estudio para determinar mediante el uso del clorofilómetro SPAD-502 el estado nutricional del maíz, con respecto al nitrógeno antes de la primera y segunda aplicación de la urea, con el fin de recomendar ajustes a la fertilización nitrogenada. Un segundo objetivo fue el de determinar la necesidad de incrementar o disminuir la dosis de nitrógeno (N) aplicado a una parcela el siguiente año, tomando en cuenta la lectura del clorofilómetro a los 65 días después de la siembra (dds) del cultivo previo. Se utilizaron los datos obtenidos de 15 experimentos de niveles de aplicación de N que fueron conducidos en distintas localidades de la Región de Azuero durante los años 2000, 2001 y 2002. Las dosis evaluadas en estos experimentos variaron de 0 a 350 kg de N/ha. Se tomaron datos del rendimiento de grano así como lecturas con un clorofilómetro a los 21, 37 y 65 dds. Las primeras dos lecturas fueron realizadas en la última hoja verdadera emergida y, la última lectura, en la hoja de la mazorca con un clorofilómetro SPAD-502 de Minolta. Las dosis que optimizaron los rendimientos, así como el rendimiento máximo por localidad se obtuvieron mediante la regresión tipo Cuadrática-Plateau. Se calculó el rendimiento relativo por localidad y se relacionó con las lecturas del SPAD-502 a los 21, 37 y 65 dds mediante el modelo Lineal-Plateau. También se relacionó la lectura a los 65 dds con el nitrógeno deficitario para lograr el rendimiento máximo por localidad. Se encontró que la correlación entre los valores de lectura del SPAD-502 al estadio 21 dds y el rendimiento relativo de grano fue baja; la misma fue aumentando en las posteriores lecturas a los 37 y 65 dds. De acuerdo a las ecuaciones encontradas, el valor crítico para tomar una decisión a los 21 dds está alrededor de las 39 unidades SPAD-502, mientras que para los 37 dds, este valor osciló alrededor de 45. De acuerdo a la ecuación para determinar la necesidad de aumentar o no el nivel de N el siguiente año, lecturas por debajo de 56.2 indican que hubo deficiencia de N, mientras que lecturas por encima de este valor indican que los niveles de N aplicados al cultivo fueron las adecuadas o pudo haber un exceso de N, el cual no puede ser calculado con esta metodología.

PALABRAS CLAVES: Maíz; *Zea mays*; aplicación de abonos; nitrógeno; clorofilas; instrumentos de medición; Panamá.

¹ Ing. Agr. M.Sc. Protección de Cultivos. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero "Ing. Germán De León". Los Santos, Panamá. e-mail: rgordonm@cwpanama.net

² Agr. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero "Ing. Germán De León". Los Santos, Panamá.

USE OF CHLOROPHYLL METER SPAD-502 IN THE MANAGEMENT OF NITROGEN CORN FERTILIZATION. AZUERO, PANAMA. 2000-2002.

A study was carried out to determine corn nutritional stage regarding nitrogen, through the use of Chlorophyll meter SPAD-502 before the first and second urea spreading on the crop, in order to recommend nitrogen fertilization adjustment. A second objective was determining the necessity to increase or decrease nitrogen rates applied on the field according to chlorophyll meter lecture made 65 days after planting (dap) on the current crop. We used the database of 15 experiment of nitrogen rates carried out in some localities of Azuero Region during 2000, 2001 and 2002. The nitrogen rates of this experiment varied between 0 to 350 kg N/ha. The yield grain was calculated and chlorophyll meter lectures were read to 21, 37 and 65 dap. The two first lectures were achieved on the last true leaf and the last one was achieved on the ear leaf with a chlorophyll meter SPAD-502 by Minolta. The rates what optimized the grain yield, like as the plateau by locality were calculated by Quadratic-Plateau model. The relative yield was calculated by locality and correlated with the 21, 37 and 65 lectures of the SPAD-502 with the use of Linear-Plateau model. We correlated the 65 dap lecture with the additional nitrogen needed to achieved the plateau by localities. We found low correlation between SPAD-502 lecture and relative yield at 21 dap, but this correlation improved with the 37 and 65 dap lectures. According to equation at 21 dap the critical value (joint) to take a decision is around to 39 SPAD-502 unities, in the mean time at the 37 dap this value oscillated around 45 unities. In relation to equation for determining the necessity to increase or not the N rates the next year, lectures below 56.2 indicated nitrogen deficiencies, in the meantime up stairs lectures of this value indicate nitrogen excess.

KEY WORDS: Corn; *Zea mays*; fertilization spreading; nitrogen; chlorophylls; measurement instrument; Panama.

INTRODUCCIÓN

Las deficiencias del nitrógeno (N) en el cultivo de maíz pueden resultar en síntomas identificables de manera fácil en campo. Las plantas con deficiencia de este nutrimento se observan inicialmente con una clorosis marcada en las hojas más viejas de la misma. El síntoma inicia en el ápice y avanza a lo largo del centro de la hoja en forma de "V"; si la deficiencia es severa, se observa una senescencia prematura o muerte de las hojas. Por el contrario, plantas que reciben excesiva cantidad de este elemento se tornan de un color verde oscuro.

El realizar recomendaciones de nitrógeno más precisas en cultivos que demandan altas cantidades de este nutrimento como el maíz, se ha ido tornando más importante, debido a las altas posibilidades de contaminación con nitratos de las fuentes superficiales y subterráneas de agua (Piekielek y Fox, 1992). Evaluaciones de distintos tipos de metodologías de evaluación de suelo y tejido vegetal para determinar las necesidades de este elemento por las plantas se han implementado en los últimos años. Estas nuevas metodologías han mejorado considerablemente el manejo de este nutrimento en el cultivo de maíz

mediante el uso del clorofilómetro SPAD-502 el estado nutricional del maíz con respecto al nitrógeno antes de la primera y segunda aplicación de urea, con el fin de recomendar ajustes a la fertilización nitrogenada; 2) Determinar la necesidad de incrementar o disminuir la dosis de nitrógeno aplicado a una parcela el siguiente año, tomando en cuenta la lectura del clorofilómetro a los 65 días después de siembra (dds) del cultivo previo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se efectuaron 15 experimentos de niveles de aplicación de nitrógeno, conducidos en distintas localidades de la Región de Azuero durante los años 2000, 2001 y 2002 (Cuadro 1). En el primer año se evaluaron nueve tratamientos que incluyeron dosis de 0 a 280 kg de N/ha con incrementos de 35 kg. En el segundo y tercer año, los tratamientos evaluados variaron de 0 a 350 kg de N/ha con incrementos de 50 kg/ha.

En todos los experimentos, el nitrógeno fue fraccionado en tres aplicaciones. La primera aplicación fue al momento de la siembra junto con el resto de los nutrimentos, aplicados en forma de banda incorporada a una distancia de 5 cm de la semilla. La segunda y tercera aplicación se realizó a los 21 y 37 días después de siembra (dds), en forma de banda superficial en la

base de la planta. La proporción utilizada en todos los experimentos fue de 10% del total de N a la siembra y del 40 y 50% en las otras dos aplicaciones, respectivamente. La fuente de nitrógeno utilizada para todos los años fue urea al 46%. La fertilización del cultivo se completó con la aplicación de 60 kg de P_2O_5 /ha en forma de super fosfato triple, 83 kg de K_2O /ha más 30 kg de S/ha, estos dos últimos utilizando como fuente el sulfato de potasio.

El diseño experimental utilizado en todos los ensayos fue el de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, con excepción de la localidad de Guararé en el año 2000, la cual tuvo tres repeticiones. Cada parcela experimental consistió de cinco surcos de 5.2 m de largo a una densidad teórica de 6.25 plantas/m². Esta población se obtuvo con una distancia de siembra de 80 cm entre hileras y 20 cm entre posturas, dejando una planta por golpe. La parcela efectiva consistió de los tres surcos centrales de la parcela experimental. El cultivar utilizado durante los tres años del estudio fue el híbrido X-1358K de la casa Pioneer. Toda la semilla fue tratada con el insecticida thiodicarb a razón de 7.0 g de i.a./kg. Se realizaron controles químicos y manuales de malezas durante todo el desarrollo del cultivo, procurando que no hubiera competencia entre malezas y el cultivo (Gordón y col., 2004a).

(Blackmer y col., 1994; Binder y col., 2000; Fox y col., 2001; Piekielek y col., 1995). Sin embargo, muchas de estas tecnologías implican un alto esfuerzo, debido a la toma de muestras en campo, su posterior procesamiento y análisis de laboratorio, el cual implica altos costos por reactivos y mano de obra especializada.

El clorofilómetro SPAD-502 es un instrumento electrónico que permite la lectura de manera sencilla, rápida y no destructiva en el campo del contenido de clorofila de la planta (Yadava, 1986). Este instrumento utiliza fuentes de luz y detectores para medir la luz transmitida por las hojas de la planta en dos longitudes de onda entre 650 a 940 nm, la cual es procesada y convertida en una lectura digital cuyas unidades de medida se conocen como SPAD (Soil Plant Analysis Development) (Piekielek y Fox, 1992; Sainz Rozas y Echeverría, 1998).

Los resultados obtenidos por Marquard y Tipton (1987) indican que las lecturas del clorofilómetro SPAD-502 no han diferido significativamente de los otros métodos utilizados en el laboratorio para medir el contenido de clorofila en 12 especies de plantas cultivables. Blackmer y col. (1994) determinaron que la reflectancia de longitudes de onda cerca de 550 nm están altamente correlacionadas con el rendimiento relativo, lo que se traduce en

un método para estimar deficiencias de N en las hojas de maíz, dado que a esta longitud de onda se encontró una alta correlación entre la lectura del clorofilómetro y el contenido de nitrógeno en la hoja.

Schepers y col. (1992); Piekielek y col. (1995); Varvel y col. (1997) y Fox y col. (2001) demostraron en sus estudios que con el uso del clorofilómetro SPAD-502 se puede detectar con precisión las deficiencias de nitrógeno en el cultivo de maíz, pudiéndose corregir dichas deficiencias a través de los valores calculados en las distintas etapas en que se utilizó el clorofilómetro.

Los valores del clorofilómetro al estadio V6 están relacionados con el estado nitrogenado de las plantas (Piekielek y Fox, 1992; Jeminson y Lytle, 1996). Sin embargo, Blackmer y Schepers (1995); Sainz Rozas y Echeverría (1998) han encontrado bajas correlaciones entre los valores del SPAD-502 al estadio V6 y el rendimiento del cultivo de maíz, destacando que su uso como herramienta de diagnóstico en aquel estadio tiene un limitado potencial y éste mejora en estadios fenológicos posteriores. Altas correlaciones entre los valores de lectura del SPAD al estadio R3-R4 y el rendimiento del cultivo de maíz también han sido informadas por Piekielek y col. (1995).

El presente trabajo se realizó con los siguientes objetivos: 1) Determinar

CUADRO 1. UBICACIÓN Y FECHA DE SIEMBRA DE LAS 15 LOCALIDADES DEL ENSAYO DE EVALUACIÓN DE DOSIS DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE MAÍZ. AZUERO, PANAMÁ. 2002.

Localidades	Latitud	Longitud	Fecha de siembra
2000			
San José-1	7°40.90'	80°14.10'	04-sep
Paraíso	7°40.45'	80°09.09'	05-sep
Tablas Abajo	7°47.28'	80°15.23'	06-sep
Guararé	7°47.70'	80°16.40'	07-sep
Portobelillo-1	8°02.51'	80°33.60'	14-sep
2001			
Manantial	7°48.03'	80°13.41'	06-sep
Paraíso	7°40.45'	80°09.09'	07-sep
Portobelillo-2	8°02.59'	80°33.78'	11-sep
San José-2	7°41.90'	80°13.57'	13-sep
Los Castillos	7°58.36'	80°36.83'	14-sep
2002			
San José-2	7°41.90'	80°13.57'	03-sep
Paraíso	7°40.50'	80°09.09'	05-sep
Tablas Abajo	7°47.28'	80°15.23'	09-sep
Los Castillos	7°58.29'	80°36.86'	12-sep
Agua Buena	7°50.07'	80°24.31'	20-sep

Se tomaron lecturas con el clorofilómetro SPAD-502 a 12 plantas al azar de los tres surcos centrales de cada parcela a los 21 (2001 y 2002), 37 (2001 y 2002) y 65 dds (2000, 2001 y 2002).

Las dos primeras lecturas (21 y 37 dds) se tomaron en la última hoja verdadera de acuerdo a la recomendación de Piekielek y Fox (1992). La lectura a los 65 dds se tomó en la hoja que está en la base de la mazorca principal, a 1-2 cm del borde de la misma, entre los dos tercios a tres cuartos desde la base hacia la punta, teniendo el cuidado de evitar manchas por hongos o daños de la hoja (Piekielek y col., 1995).

Las lecturas del clorofilómetro están dadas en unidades SPAD. Al momento de la cosecha, se tomaron datos de peso de campo de las mazorcas, número de plantas y mazorcas cosechadas, porcentaje de humedad del grano, rendimiento de rastrojo, número de plantas acamadas y altura de planta. Se calcularon los componentes del rendimiento estándar (Bolaños y Barreto, 1991). Se realizó un análisis de varianza por año para las lecturas del clorofilómetro a los 21, 37 y 65 dds.

Para determinar la respuesta en rendimiento a las dosis de N de cada localidad y año, Gordón y col. (2004a) utilizaron el modelo Cuadrático-Plateau. Este modelo es realizado utilizando re-

gresiones no lineales y está definido por las ecuaciones [1] y [2].

$$\begin{array}{ll} Y = B_0 + B_1 X + B_2 X^2 & \text{si } X < C \quad [1] \\ Y = P & \text{si } X > C \quad [2] \end{array}$$

En donde Y es rendimiento de grano (t/ha); X la dosis de N aplicada (kg/ha); B_0 el intercepto; B_1 el coeficiente lineal, B_2 el coeficiente cuadrático; C la dosis crítica de cambio (kg/ha); y P el rendimiento Plateau (t/ha).

El cálculo de la dosis que maximiza los rendimientos (X_0) se realizó igualando a cero la primera derivada de las ecuaciones obtenidas con este modelo (Ecuación 3) (Waugh y col., 1973; Ihnen Goodnight, 1985, citados por Cerrato y Blackmer, 1990). En las localidades donde no hubo respuesta al nitrógeno, el Plateau se calculó promediando el rendimiento de grano de los tratamientos de las dosis más altas de N que no fueron diferentes entre sí al 0.10 de probabilidad (k-ratio=50) de acuerdo a la prueba de Waller k-ratio t-test (Fox y col., 2001).

$$X_0 = -B_1 / 2B_2 \quad [3]$$

Se procedió a calcular el rendimiento relativo para todos los tratamientos en cada una de las localidades evaluadas, esto se logró dividiendo el rendimiento promedio de cada unidad experimental entre el rendimiento más alto observado en cada

localidad. Para determinar la lectura mínima del clorofilómetro que garantizara el mayor rendimiento en cada localidad a los 21 y 37 dds se realizó una regresión Lineal-Plateau entre el rendimiento relativo y la lectura del clorofilómetro a los 21 y 37 dds. El modelo Lineal-Plateau está definido por las ecuaciones [4] y [5].

$$Y = B_0 + B_1 X \quad \text{si } X < C \quad [4]$$

$$Y = P \quad \text{si } X > C \quad [5]$$

En donde Y es rendimiento relativo (t/ha); X la lectura del clorofilómetro (unidades SPAD); B_0 el intercepto; B_1 el coeficiente lineal; C la lectura crítica de cambio; y P el rendimiento relativo Plateau.

Dado que en cada ensayo, tanto el nivel óptimo del nitrógeno como el rendimiento máximo que se obtuvo están definidos por una ecuación Cuadrática-Plateau, para cada tratamiento se calculó la cantidad de nitrógeno necesaria para alcanzar el Plateau (diferencia entre la dosis óptima y la dosis aplicada).

Para determinar si al cultivo se le aplicó nitrógeno en cantidades insuficientes o no, se realizó una regresión lineal-Plateau entre la lectura del SPAD a los 65 días y la necesidad de nitrógeno adicional para llegar al nivel óptimo (Plateau), en cada tratamiento de

cada localidad. Para este análisis se eliminaron las cuatro localidades: Portobelillo (2000 y 2001); Manantial y San José (2001), en donde no se obtuvieron respuestas significativas a la aplicación de nitrógeno. Luego de las once localidades que quedaron, se eliminaron tres localidades: San José (2000 y 2002) y Paraíso (2001), en donde la respuesta a la aplicación del nitrógeno estuvo 20% por debajo del rendimiento máximo y R^2 menores de 0.53.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta a la aplicación de N

El resultado del análisis de la regresión Cuadrática-Plateau realizada a los ensayos ubicados en las 15 localidades de la Región indicaron que en 12 de los mismos, se encontró una respuesta significativa a la aplicación de N de acuerdo a este modelo (Gordón y col., 2004a). En las localidades Portobelillo (2000), Manantial (2001) y San José (2001), no hubo respuesta a la aplicación de este elemento. En la localidad de Portobelillo se observó una tendencia lineal a la aplicación, pero la misma presentó un R^2 bajo (0.25). De las localidades que presentaron respuesta significativa, las localidades de San José (2000 y 2002) y Paraíso (2001) presentaron coeficientes de regresión menores de 0.60 (Cuadro 2).

CUADRO 2. COEFICIENTES DE LAS ECUACIONES DE RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE DISTINTAS DOSIS DE N. AZUERO, PANAMÁ, 2002.

Localidades	B ₀	B ₁	B ₂	N Máx. kg/ha	Rend Max* t/ha	R ²
2000						
1. San José-1	6.85	0.0262	-0.00013	100.0	8.17	0.40
2. Paraiso	2.76	0.0276	-0.00006	230.0	5.93	0.77
3. Tablas Abajo	3.66	0.0344	-0.00008	215.0	7.36	0.91
4. Guararé	4.32	0.0415	-0.00017	122.0	6.85	0.81
5. Portobelillo-1				---	6.14	0.00
2001						
6. Manantial				---	7.23	0.12
7. Paraiso	4.84	0.0092	-0.00002	230.0	5.88	0.52
8. Portobelillo-2	4.88	0.027		---	5.46	0.25
9. San José-2				---	5.46	0.03
10. Los Castillos	1.65	0.0675	-0.00021	160.0	7.07	0.91
2002						
11. San José-2	6.97	0.0057	-0.00001	285.0	7.78	0.53
12. Paraiso	4.54	0.0234	-0.00005	235.0	7.28	0.81
13. Tablas Abajo	4.91	0.034	-0.00012	140.0	7.32	0.67
14. Los Castillos	1.89	0.0379	-0.0001	190.0	5.48	0.80
15. Agua Buena	1.27	0.0293	-0.00007	210.0	4.34	0.85

* Rendimiento Plateau

CUADRO 3. CUADRADOS MEDIOS PARA LA VARIABLE LECTURA DEL SPAD A LOS 21, 37 Y 65 DDS EN LOS TRES AÑOS DE EVALUACIÓN. AZUERO, PANAMÁ, 2000-2002.

F de V	gl	2000		gl	2001			2002		
		C65	C65		C21	C37	C65	C21	C37	C65
Loc	4	1083.01**	4	390.07**	317.99**	356.63**	283.04**	198.86**	313.36**	
Rep(Loc)	14	18.48	15	14.76	9.13	17.38	22.62	8.91	15.95	
Trat	9	311.97**	8	80.74**	198.21**	390.12**	276.60**	434.92**	745.70**	
Loc x Trat	36	45.76**	32	22.08**	32.47**	109.19**	34.14**	28.09**	57.22**	
Error	126	8.89	120	9.33	6.81	7.07	5.12	3.65	6.74	
CV (%)		6.40		7.60	5.50	5.10	6.10	4.40	5.20	

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

CUADRO 4. LECTURAS DEL CLOROFILÓMETRO SPAD-502 SEGÚN DOSIS DE N APLICADA AL CULTIVO DE MAÍZ DURANTE LOS AÑOS 2000 AL 2002. AZUERO, PANAMÁ.

	kg N/ha											DMS
	0	35	70	105	140	175	210	245	280	Prom	DMS	
2000												
65 dds	40.6	43.7	45.7	47.3	48.8	49.1	51.2	51.0	50.9	47.6	1.9	
2001												
21 dds	37.0	39.7	40.1	39.9	42.0	41.4	42.1	41.8	40.5	1.9		
35 dds	42.3	45.8	46.7	47.6	50.1	50.3	50.0	48.7	47.7	1.6		
65 dds	44.0	51.4	54.2	53.3	54.2	53.6	55.1	54.6	52.5	1.7		
2002												
21 dds	31.6	34.0	36.3	38.6	39.2	40.1	40.5	40.7	37.6	1.4		
35 dds	36.4	40.8	43.5	45.9	46.5	47.1	46.9	48.6	44.4	1.2		
65 dds	40.2	47.9	51.8	53.4	54.3	54.3	54.3	55.6	51.5	1.6		

Lectura del SPAD-502

El análisis de varianza de las lecturas del SPAD en las distintas etapas en que se realizó el muestreo identificó diferencias altamente significativas entre las dosis de N aplicadas y las localidades evaluadas para cada año en estudio (Cuadro 3). En los años en que se realizó la lectura a los 21 dds (2001 y 2002) se observaron diferencias altamente significativas entre localidades y tratamientos (Cuadro 3). Estas diferencias también fueron observadas para las dos lecturas subsiguientes (37 y 65 dds), reflejando la distinta disponibilidad de N en los distintos niveles aplicados en los tres años evaluados. En el Cuadro 4 se puede apreciar como el valor de las lecturas aumentó al transcurrir del tiempo. En promedio las lecturas aumentaron de 37.6 a 51.5 en el año 2002 y de 40.5 a 52.5 en el 2001 (de 21 dds a 65 dds).

Lectura del SPAD vs Rendimiento relativo

El resultado del análisis de regresión Lineal-Plateau entre el rendimiento relativo y la lectura del SPAD-502 a los 21 dds indicó que el modelo en el año 2001 no fue significativo y presentó un R^2 de 0.17. Esta respuesta se debió principalmente a la baja respuesta a la aplicación de N encontrada en los ensayos ejecutados este año. Al reali-

zar el mismo análisis a los datos del año 2002 se encontró que el coeficiente de regresión mejoró, presentando un valor de 0.73. A pesar de la diferencia en respuesta de ambos años, el punto de inflexión de la curva en los mismos fue similar (39.0 vs 39.5), obteniendo un Plateau alrededor del 95% del rendimiento relativo. Este resultado advierte que, con lecturas en un cultivo por debajo de 39 unidades SPAD, se está por debajo de alcanzar el rendimiento máximo, por lo tanto debiera ajustarse (incrementarse) la aplicación del N en el cultivo.

De acuerdo a los datos obtenidos en esta investigación (Cuadro 5), la correlación entre los valores de lectura del SPAD al estadio 21 dds y el rendimiento relativo de grano fue baja y la misma fue aumentando en las posteriores lecturas (37 y 65 dds), resultados similares obtuvieron Piekielek y col. (1995); Sainz Rozas y Echeverría (1998); Fox y col. (2001); en donde la precisión de esta herramienta mejoró a medida que el cultivo creció.

De acuerdo a las ecuaciones encontradas el valor crítico para tomar una decisión a los 37 dds está alrededor de las 45 unidades SPAD, mientras que para los 65 dds este valor osciló entre 47.7 y 57.0, como se aprecia en el Cuadro 5. Esta mayor diferencia en la última lectura puede estar reflejando la variación ob-

CUADRO 5. VALORES DE LA ECUACIÓN DE REGRESIÓN LINEAL-PLATEAU ENTRE LAS LECTURAS DEL SPAD A LOS 21, 37 Y 65 DDS Y EL RENDIMIENTO RELATIVO, COEFICIENTE DE REGRESIÓN Y SIGNIFICANCIA DE LOS MODELOS EVALUADOS. AZUERO, PANAMÁ.

Época de la lectura SPAD	Intercepto	Pendiente	Plateau	Lectura del Cambio SPAD	R ²	Prob F
21 dds						
2001	-31.40	3.18	92.7	39.0	0.16	0.02
2002	-64.24	4.03	95.0	39.5	0.73	0.00
37 dds						
2001	-116.39	4.55	96.0	46.7	0.79	0.00
2002	-113.73	4.66	94.8	44.8	0.89	0.00
65 dds						
2000	-51.96	3.09	95.2	47.7	0.90	0.00
2001	-49.40	2.78	95.2	51.9	0.90	0.00
2002	-60.36	2.84	101.7	57.0	0.91	0.00

servada en los regímenes de lluvia en estos tres años, en donde el año 2002 presentó un fuerte estrés hídrico entre los 51-80 dds, mientras que en el 2000 y 2001 el estrés fue menos intenso (Gordón y col., 2004b). En la Figura 1 se puede apreciar las gráficas correspondientes a los datos del año 2002.

Se debe considerar que la lectura a los 21 dds refleja el resultado de la fertilización realizada al momento de la siembra, mientras que las lecturas a los 37 y 65 dds expresan el resultado (eficiencia) de la primera y segunda fertilización nitrogenada, respectivamente. Al realizar el muestreo previo a las aplicaciones secundarias de nitrógeno con las lecturas a los 21 y 37, se puede realizar un ajuste de las recomendaciones que se van a realizar. No obstante, con la lectura del

clorofilómetro a los 65 dds, no se puede realizar ajustes en la fertilización en el cultivo en que se realizó la lectura (debido a que a los 65 dds no se puede hacer ninguna corrección por deficiencia de nitrógeno), si no, que permite anticipar como se va a desarrollar el rendimiento del cultivo el siguiente año. Gordón y col. (2003) desarrollaron un modelo que permite predecir el rendimiento utilizando esta lectura y la población de las plantas.

Lectura del SPAD-502 a los 65 dds vs N faltante

El resultado del análisis de la relación de la lectura del SPAD-502 y el nitrógeno faltante, según los datos obtenidos de las ecuaciones Cuadrática-

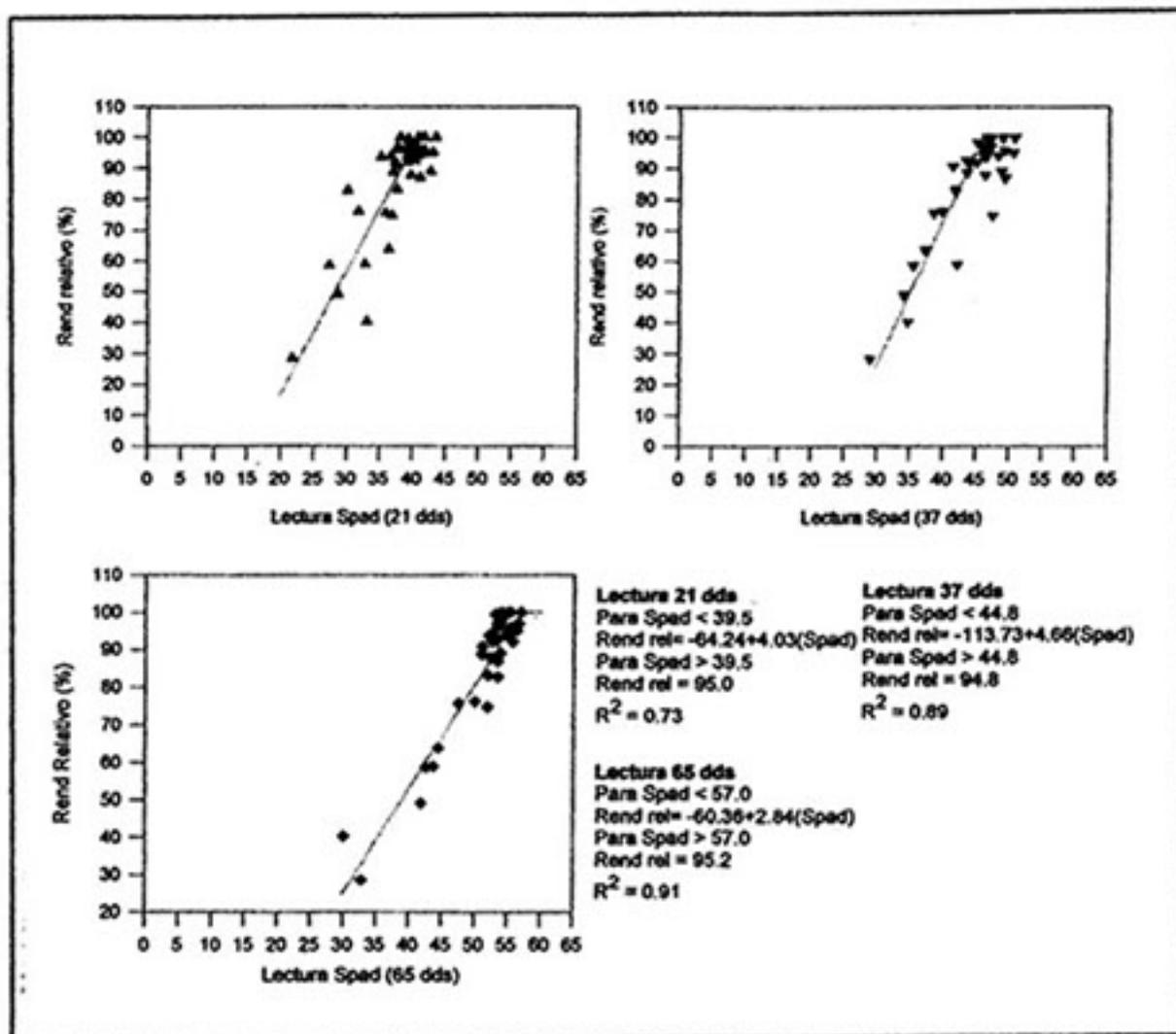


FIGURA 1. ECUACIONES DE LA RELACIÓN DE LA LECTURA DEL SPAD-502 A LOS 21, 37 Y 65 DDS CON EL RENDIMIENTO RELATIVO. AZUERO, PANAMÁ. 2002.

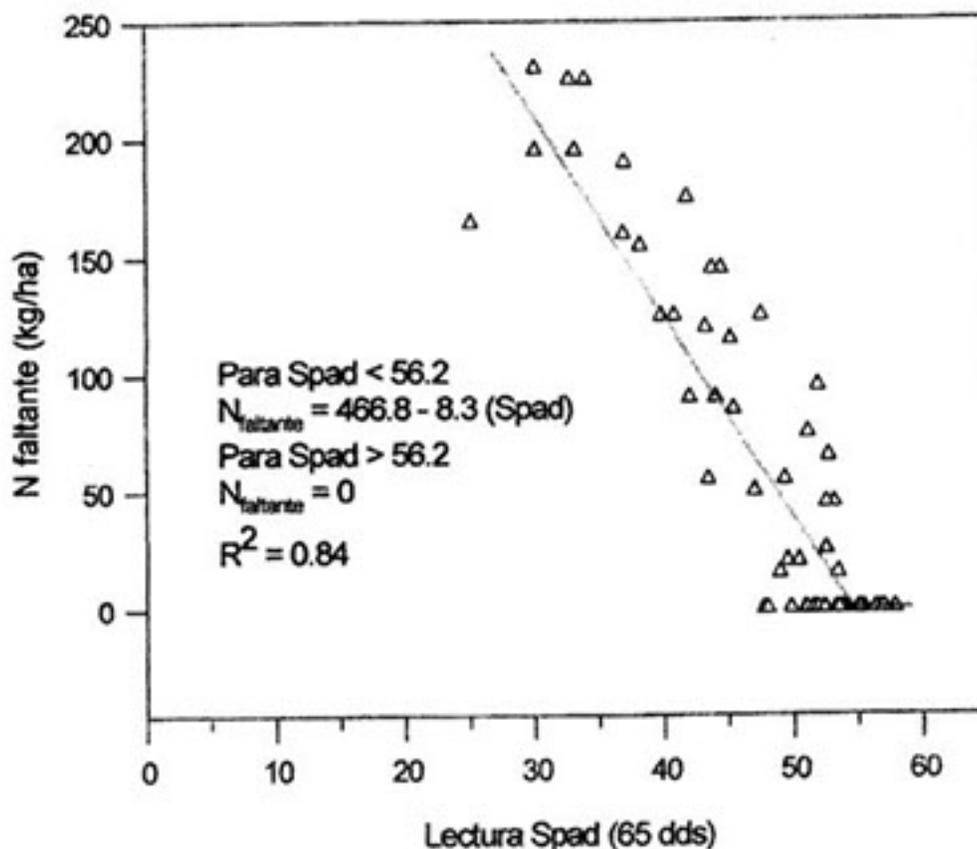


FIGURA 2. RELACIÓN ENTRE LA LECTURA DEL CLOROFILÓMETRO SPAD-502 Y LA CANTIDAD DE N FALTANTE PARA OBTENER EL RENDIMIENTO MÁXIMO DE GRANO. AZUERO, PANAMÁ. 2000-2002.

Plateau, presentó un coeficiente de regresión de 0.84. Los parámetros calculados indicaron que la pendiente de la ecuación fue de 8.3 y el intercepto 466.8, ambos estadísticamente significativos. El punto de quiebre o la lectura en donde se obtiene el Plateau (0 kg de N/ha) fue de 56.2 (Figura 2).

Este resultado implica que, cuando se obtienen lecturas del clorofilómetro entre 25 y 56.2 hay una reducción de 8.3 kg de N/ha en la necesidad de nitrógeno adicional, a la dosis ya aplicada en el cultivo en la que se le realizó el muestreo. También se puede concluir que lecturas superiores a 56.2 significa

- gionales de maíz de 1990. *En* Análisis de los Resultados Experimentales del PRM 1990, Vol. 2. pp. 9-27.
- CERRATO, M.E.; BLACKMER, A.M. 1990. Comparison of models for describing corn yield response to Nitrogen fertilizer. *Agron. J.* 82: 138-143.
- FOX, R.H.; PIEKIELEK, W.P.; MCNEAL, K.E. 2001. Comparison of late season diagnostic tests for predicting Nitrogen status of corn. *Agron. J.* 93: 590-597.
- GORDÓN R.; FRANCO, J.; GONZÁLEZ, A. 2004a. Determinación de la dosis óptima, física y económica de Nitrógeno para el cultivo de maíz con tres modelos de respuesta, Azuero, Panamá, 2000 - 2002. *Ciencia Agropecuaria (Panamá)* 15: 1-16
- GORDÓN, R.; CAMARGO, I.; FRANCO, J.; GONZÁLEZ, A. 2004b. Impacto de la precipitación pluvial en el rendimiento de grano de Maíz en la Región de Azuero, Panamá, 1995-2003. II. Análisis del rendimiento y su relación con la época de siembra. *Ciencia Agropecuaria (Panamá)* 16: 31-44.
- GORDÓN R.; FRANCO, J.; GONZÁLEZ, A. 2003. Desarrollo de un modelo predictivo para estimar el rendimiento de maíz mediante el uso del Clorofilómetro SPAD-502. Azuero, Panamá, 1995-2001. *Ciencia Agropecuaria (Panamá)* 13: 1-15.
- JEMINSON, J.M.; LYTLE, D.E. 1996. Field evaluation of two nitrogen testing methods in Maine. *Journal of Production Agriculture* 9: 108-113.
- MARQUARD, R.D.; TIPTON, J.L. 1987. Relationship between extractable chlorophyll and an *in situ* method to estimate leaf greenness. *Hort. Sciences* 22:1327.
- PIEKIELEK, W.P.; FOX, R.H.; TOTH, J. D.; MACNEAL, K. E. 1995. Use of a Chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate Nitrogen sufficiency. *Agron. J.* 87: 403-408.
- PIEKIELEK, W.P.; FOX, R.H. 1992. Use of chlorophyll meter to predict sidedress Nitrogen requirements for maize. *Agronomy J.* 84: 59-65.

que el nivel de nitrógeno aplicado a este cultivo fue excesiva. Se debe señalar que con este procedimiento no se logra saber cuanto más fue aplicado en el presente cultivo.

CONCLUSIONES

- Bajo las condiciones de Panamá en que se desarrolló el cultivo y con el cultivar utilizado en esta investigación se encontró que el clorofilómetro SPAD-502 a pesar de ser un instrumento para la lectura del contenido de clorofila en la planta, es una herramienta adecuada para detectar el contenido de nitrógeno (deficiencias y excesos) en las plantas de maíz en distintas etapas del cultivo.
- La precisión de las lecturas del SPAD para detectar deficiencias de N cuando el cultivo tiene 21 dds es baja y la misma aumenta en las posteriores lecturas a los 37 y 65 dds.
- Utilizando la lectura realizada a los 65 dds y los resultados de la regresión Cuadrática-Plateau se logró encontrar una buena forma para ajustar la dosis de N que se debe aplicar a un campo el siguiente año.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean dejar expresado su agradecimiento al Dr. T. Jot Smyth de la Universidad Estatal de Carolina del Norte, por su aporte en el análisis y discusión de los datos de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- BINDER, D.L.; SANDER, D.H.; WALTER, D.T. 2000. Maize response to time of nitrogen application as affected by level nitrogen deficiency. *Agron. J.* 92:1228-1236.
- BLACKMER, T.M.; SCHEPERS, J.S.; VARVEL, G.E. 1994. Light reflectance compared with other nitrogen stress measurements in corn leaves. *Agron. J.* 86: 934-938.
- BLACKMER, T.M.; SCHEPERS, J.S. 1995. Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertirrigation for corn. *Journal of Production Agriculture* 8: 56-60.
- BOLAÑOS, J.; BARRETO, H. 1991. Análisis de los componentes de rendimiento de los ensayos re-

- SAINZ ROZAS, H.; ECHEVERRÍA, H.E. 1998. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. *Rev. Fac. Agron. La Plata* 103 (1): 37-44.
- SCHEPERS, J. S.; REEVES, D.W.; DUFFIELD, R. R.; EDMISTEN, D.K.L. 1992. Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. *J. Plant.Nutr.* 15-487-500.
- VARVEL, G. E.; SCHEPERS, J.S.; FRANCIAS, D. D. 1997. Ability for in-season correction of Nitrogen deficiency in corn using Chlorophyll meters. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:1233-1239.
- YADAVA, U. L. 1986. A rapid and non-destructive method to determine chlorophyll in intact leaves. *Hort. Sciences* 21: 1449-1450.

UTILIZACIÓN DE MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS COMO SUSTRATOS PARA EL CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus*. CHIRIQUÍ, PANAMÁ. 2003.*

Aracelly Vega Ríos¹; Rosa E. Caballero¹;
José R. García²; Pedro Guerra M.³

RESUMEN

Se evaluó la eficiencia biológica del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (cepa RN 8) en paja de arroz (*Oriza sativa*), pulpa de café (*Coffea arabica*) y hoja de banano (*Musa sapientis*). Dicha eficiencia se estimó como la relación porcentual entre el peso de los cuerpos fructíferos frescos y el peso seco del sustrato. Se incluyó además la relación entre la eficiencia biológica y la composición química de los sustratos en términos de los contenidos de ceniza, nitrógeno, celulosa y lignina. Los datos se analizaron mediante un modelo jerárquico (muestreo aleatorio) y análisis de correlación y regresión simple. El análisis de varianza muestra que existen diferencias altamente significativas en la eficiencia biológica entre sustratos ($P < 0.01$). La mayor eficiencia biológica se obtuvo en la paja de arroz ($80.32\% \pm 4.90\%$), seguida por la pulpa de café ($63.13\% \pm 4.90\%$) y la hoja de banano ($49.43\% \pm 4.51\%$). Se encontraron diferencias significativas en la eficiencia biológica ($P < 0.05$) entre la paja de arroz y los otros sustratos, más no así entre la pulpa de café y la hoja de banano ($P > 0.05$). En la hoja de banano, la eficiencia biológica se correlacionó positivamente con el contenido de nitrógeno y lignina ($r = 0.21409$ y $r = 0.01733$, respectivamente) y negativamente con el contenido de ceniza y celulosa ($r = -0.17722$ y $r = -0.08922$, respectivamente). En la paja de arroz, la eficiencia biológica se correlacionó positivamente con el contenido de cenizas y celulosa ($r = 0.29794$ y $r = 0.12837$, respectivamente) y negativamente con los contenidos de nitrógeno y lignina ($r = -0.24152$ y $r = -0.11653$, respectivamente). En la pulpa de café, la eficiencia biológica se correlacionó positivamente con los contenidos de nitrógeno, lignina y celulosa ($r = 0.48476$, $r = 0.33370$ y $r = 0.14300$, respectivamente) y negativamente con el contenido de cenizas ($r = -0.47491$). Las únicas asociaciones que resultaron significativas fueron aquellas entre la eficiencia biológica y los contenidos de cenizas y nitrógeno en la pulpa de café ($r = 0.0092$; $P < 0.01$ y $r = 0.0167$; $P < 0.05$, respectivamente). El modelo lineal sin intercepto fue el que mejor explicó la variación entre la eficiencia biológica y

¹ Licda. en Química, M.Sc. Docente Investigador. Laboratorio de Recursos Naturales. Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI). Chiriquí, Panamá.

² Lic. en Química. Asistente de Investigación. Laboratorio de Recursos Naturales. Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI). Chiriquí, Panamá.

³ Ing. Agr. Zoot., M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC). Gualaca, Chiriquí, Panamá.

* Proyecto Producción de Hongos Comestibles, Laboratorio de Recursos Naturales, UNACHI.

todos los indicadores para la hoja de banano ($R^2=0.9234, 0.9311, 0.9191, 0.9213$ para ceniza, nitrógeno, lignina y celulosa, respectivamente); en la paja de arroz ($R^2=0.9014, 0.8935$ y 0.8852 para cenizas, celulosa y nitrógeno, respectivamente) y en la pulpa de café ($R^2= 0.9654, 0.9641$ y 0.9588 , para nitrógeno, lignina y celulosa, respectivamente). El modelo cuadrático resultó satisfactorio para la lignina en paja de arroz ($R^2= 0.8901$) y cenizas en la pulpa de café ($R^2 = 0.9659$). Se demuestra la variación en la eficiencia biológica de acuerdo al tipo de sustrato. Se recomienda la ejecución de un análisis multifactorial controlado.

PALABRAS CLAVES: *Pleurotus ostreatus*; setas comestibles; sustratos de cultivo; paja de arroz; pulpa de café; hojas; Musa (bananos).

UTILIZATION OF LIGNOCELULOSIC MATERIALS AS SUBSTRATE FOR *Pleurotus ostreatus* CULTIVATION. CHIRIQUÍ, PANAMÁ. 2003.

The biological efficiency of a *Pleurotus ostreatus* strain (RN 8) was studied on rice straw (*Oriza sativa*), coffee pulp (*Coffea arabica*) and banana leaves (*Musa sapientis*) in terms of the percentage relationship between the fresh mushrooms weight and the dry substrate weight. The relationship between the biological efficiency and the chemical composition of the substrates (ash, nitrogen, cellulose and lignin contents) was also studied. The data was analyzed by means of a hierarchic model, random sampling techniques and both regression and correlation analyses. Variance analysis showed highly significant differences in the biological efficiency between the substrates ($P<0.01$). The highest biological efficiency was obtained in rice straw (80.32 ± 4.90), followed by coffee pulp ($63.13\% \pm 4.90$) and banana leaves ($49.43\% \pm 4.51$) with significant differences ($P<0.05$) between coffee pulp and the other two substrates but not between coffee pulp and banana leaves. In banana leaves the biological efficiency was positively correlated to the nitrogen and lignin contents ($r= 0.21409$ and 0.01733 , respectively) and negatively correlated to the ash and cellulose contents (-0.17722 and -0.08922 , respectively). In rice straw, biological the biological efficiency was positively correlated to the ash and cellulose contents ($r= 0.29794$ and 0.12837 , respectively) and negatively correlated to the nitrogen and lignin contents ($r= -0.24152$ and -0.11653 , respectively). In coffee pulp, the biological efficiency was positively correlated to the nitrogen, lignin and cellulose contents ($r= 0.46476, 0.33370$ and 0.14300 , respectively) but negatively correlated to the ash content ($r=-0.47491$). The only statistically significant associations were those between the biological efficiency and the ash and nitrogen contents in coffee pulp ($r= 0.0092$; $P<0.01$ y $r= 0.0167$; $P<0.05$). A linear model with zero intercept was the best in describing the variation between the biological efficiency and the chemical composition in banana leaves ($R^2=0.9234, 0.9311, 0.9191, 0.9213$ for ash, nitrogen, lignin y cellulose respectively); for ash, cellulose and nitrogen in rice straw arroz ($R^2= 0.9014, 0.8935$ and 0.8852 , respectively) and for nitrogen, lignin and cellulose in coffee pulp ($R^2= 0.9654, 0.9641$ and 0.9588 , respectively). A quadratic model was the best for lignin in rice straw ($R^2= 0.8901$) and for ash in coffee pulp ($R^2 = 0.9659$). The variation of the biological efficiency in terms of the substrates is demonstrated. A controlled multiple factorization analysis is recommended.

KEY WORDS: *Pleurotus ostreatus*; edible fungi; cultivation substrate; rice straw; coffee pulp; leaves; banana leaves.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de hongos comestibles, utilizando como sustratos, desechos lignocelulósicos provenientes de la agroindustria, se ha convertido en una alternativa biotecnológica para la reducción de la contaminación (Thomas y col., 1998). El residuo que queda es menos voluminoso, el proceso de producción de hongos es eficiente, su costo es relativamente bajo y proporciona la posibilidad de recuperación proteica (Zhang y col., 2002).

En Panamá se produce gran cantidad de residuos lignocelulósicos a partir de las actividades agroindustriales, lo cual hace necesaria la aplicación de metodologías para disponer de estos desechos (Vega y col., 2004).

El género *Pleurotus* ostenta el segundo lugar en producción mundial (24%). Esto se debe a su excelente calidad, desde el punto de vista organoléptico, a la facilidad de su cultivo, ya que no presenta una rigurosa selectividad química, se adapta a un amplio rango de temperaturas y no se requiere pre-tratamientos laboriosos de sustrato (Sánchez y Royse, 2001).

Los factores que influyen sobre el crecimiento y la fructificación de los hongos comestibles son el pH, la temperatura, el porcentaje de humedad del aire, la aereación y el sustrato. Respecto al sustrato es importante su composi-

ción química, el contenido de humedad y el tamaño de partícula (Miles, 1993).

Las especies de hongos comestibles difieren en sus requerimientos en cuanto a la naturaleza química del sustrato. Para el caso de *Pleurotus ostreatus*, se ha demostrado que los mejores sustratos son aquellos pobres en nitrógeno, pero con relativamente altos contenidos de celulosa y lignina, que son utilizadas como fuente de carbono. Respecto a los minerales, se ha reportado el requerimiento de calcio y la poca incidencia del NaCl sobre el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Sánchez y Royse, 2001). Sin embargo, en la literatura revisada no se discute a profundidad sobre la información cuantitativa respecto a los requerimientos minerales.

Diversos reportes informan sobre los rendimientos de *Pleurotus* en diferentes desechos agroindustriales. Algunos desechos agroindustriales sobre los que se ha realizado el cultivo de hongos comestibles de género *Pleurotus* son: Paja de arroz, de trigo y de cebada; pulpa de café fermentada y sin fermentar, bagazo de caña y residuos de coco entre otros (Thomas y col., 1998; Wang y col., 2001; Zhang y col., 2002). La eficiencia biológica, es decir, la relación porcentual entre el peso de los hongos frescos obtenidos por unidad de peso seco del sustrato utilizado, obtenida con los sustratos mencionados es variable, pero, en general,

superior al 75%. Dada la variación intra e interespecífica respecto a las cepas, así como los diferentes factores que inciden sobre la composición química de un desecho, entre ellos, la especie, condiciones de cultivo, manipulaciones post-cosecha y almacenamiento, es necesaria la evaluación del cultivo de cepas de *Pleurotus* en desechos de composición química conocida provenientes de la agroindustria panameña.

Más aún, en los reportes sobre producción de hongos comestibles no existen estudios de las relaciones entre indicadores químicos con la eficiencia biológica del proceso. Los pocos estudios revisados, discuten estos aspectos por cada indicador químico y no en función de los sustratos utilizados (Thomas y col., 1998).

Los desechos lignocelulósicos proporcionan los componentes químicos necesarios para el cultivo de hongos y, generalmente la atención se centra sobre las cepas ensayadas. El estudio del proceso de producción en función de los sustratos también es importante, debido a que el hongo pasa por diversas etapas desde el crecimiento micelial hasta la fructificación. En consecuencia, el modelo de utilización de los nutrimentos puede ser complejo y las formas en que los mismos se relacionan con la eficiencia del cultivo pueden ser diversas.

Por lo anterior, esta investigación planteó los siguientes objetivos:

- Estudiar el cultivo de una cepa de *Pleurotus ostreatus* en tres desechos agroindustriales de composición química conocida.
- Determinar el grado de asociación de la eficiencia biológica con los componentes químicos de cada sustrato.
- Establecer el perfil de la relación entre la eficiencia biológica y los componentes químicos de cada sustrato.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la Planta de Hongos Comestibles del Laboratorio de Recursos Naturales, Universidad Autónoma de Chiriquí durante el segundo semestre del 2003.

Organismos

Se utilizó la cepa *Pleurotus ostreatus* RN 8, la cual proviene del cepario del Laboratorio de Recursos Naturales de la Universidad Autónoma de Chiriquí, en donde se mantiene a $23^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$, en medio Papa Dextrosa Agar (PDA), con transferencia periódica.

Preparación de inóculo

Se preparó el inóculo de la cepa RN 8 utilizando granos de sorgo

(*Sorghum vulgare*), previamente sometidos a hidratación por 24 horas a temperatura ambiente. Drenada el agua en exceso, porciones de 100 g se empacaron en bolsas de polietileno y se sometieron a esterilización por una hora a 121°C. Una vez a temperatura ambiente, se inoculó el sorgo con la cepa RN 8 y se almacenaron las bolsas en la oscuridad a temperatura de 23° ± 1°C.

Preparación de los sustratos

De acuerdo a la metodología de Guzmán y col. (1993), los sustratos se pasteurizaron en agua a 85°C por un periodo de 80 min, utilizando tres canastas de 6.4 kg (peso seco) para cada sustrato. Al final del periodo de pasteurización se drenó el agua en exceso y se permitió que los sustratos se estabilizaran a temperatura ambiente en el cuarto de siembra bajo condiciones de asepsia.

Siembra

Se empacaron bolsas de polietileno con 2 kg de cada sustrato (peso húmedo) y un porcentaje de inoculación del 5% con la generación F₂ del inóculo de la cepa RN 8.

Incubación

Las bolsas se mantuvieron en el cuarto de incubación a 23°C y hume-

dad de 70.6% por 45 días. Durante este periodo se observó la posibilidad de contaminación por organismos competidores con el micelio del hongo así como el desarrollo del micelio.

Cosecha

Luego del periodo de incubación las bolsas fueron trasladadas al cuarto de cosecha el cual se mantuvo a una temperatura promedio de 20.8°C y 89.2% de humedad relativa. Las bolsas fueron agujereadas para permitir el intercambio gaseoso y desarrollo de los carpóforos. Los carpóforos maduros se cosecharon en diferentes periodos y se registró su peso fresco y el tiempo de aparición de los mismos. La eficiencia biológica se expresó como el porcentaje de rendimiento de los hongos frescos sobre el peso seco del sustrato.

$$EB = \left(\frac{\text{Peso de los cuerpos fructíferos frescos}}{\text{Peso seco del sustrato}} \right) \times 100$$

El tiempo total de cultivo fue de 60 días.

Análisis Químico de los Sustratos

Los datos sobre la composición química del sustrato se tomaron de los trabajos de Vega y col. (2004) (Cuadro 1).

CUADRO 1. MEDIAS AJUSTADAS Y ERROR ESTÁNDAR DE LAS VARIABLES DE RESPUESTAS (COMPOSICIÓN QUÍMICA) POR SUSTRATO.

Sustrato	Ceniza	Nitrógeno	Lignina	Celulosa	Hemicelulosa
Paja Arroz	11.72 [±] 0.67a	1.58 [±] 0.09a	8.57 [±] 0.88a	34.31 [±] 1.03a	28.46 [±] 1.98a
Pulpa Café	5.22 [±] 0.67b	3.04 [±] 0.09b	26.02 [±] 1.02b	33.16 [±] 1.19b	6.94 [±] 3.43b
Hoja Banano	11.80 [±] 0.72a	1.78 [±] 0.09a	18.35 [±] 0.88c	29.53 [±] 1.03a	13.08 [±] 1.98a

Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí ($P > 0.05$). La composición corresponde a los sustratos pasteurizados (Vega y col., 2004).

Diseño Experimental y Análisis Estadístico de los Datos

Los datos fueron analizados a través de un modelo jerárquico con técnicas de muestreo aleatorio (Searle, 1971). La eficiencia biológica se consideró como variable de respuesta. Además, para la eficiencia biológica y la composición química se emplearon técnicas de regresión y correlación simple (Steel y Torrie, 1980).

El modelo matemático propuesto fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \delta_j(\tau_i) + \epsilon_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = es la observación cuantificada de la variable dependiente de la k-ésima submuestra dentro de la j-ésima canasta o réplica perteneciente al i-ésimo sustrato.
 μ = es la media general.

τ_i = es el efecto asociado al i-ésimo sustrato.

δ_j = es el efecto de la j-ésima canasta (réplica) dentro del i-ésimo sustrato. Este es el término de error para probar los estratos.

ϵ_{ijk} = es el error aleatorio asociado a la k-ésima submuestra obtenida de la j-ésima canasta perteneciente al i-ésimo sustrato.

$[\epsilon_{ijk} = \gamma_k(\delta_j, \tau_i)]$. ϵ_{ijk} es $NID \sim \mu, \sigma^2$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza de acuerdo al modelo jerárquico propuesto para la eficiencia biológica se detalla en el Cuadro 2. Tomando el efecto de la canasta asignada a cada sustrato como la fuente de error para probar la significancia de las diferencias entre sustratos, se rechaza la hipótesis nula ($H_0: \tau_i = 0$) y se concluye que existen diferencias altamente significativas

CUADRO 2. CUADRADOS MEDIOS DE LA SUMA DE CUADRADO TIPO III PARA LA EFICIENCIA BIOLÓGICA.

F de V	gl	CM
		Eficiencia biológica
Sustrato	2	7756.18**
Canasta(Sustrato)	6	721.07 ^{ns}
Error	88	772.96
Total	96	-
CV, %		43.8%

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

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

($P < 0.01$) entre sustratos para la eficiencia biológica.

La variabilidad entre las canastas dentro de los sustratos no resultó estadísticamente significativa ($P > 0.01$), existiendo mayor variabilidad entre las muestras obtenidas dentro de cada sustrato tal como se refleja a través del coeficiente elevado, pero aceptable para el tipo de variable dependiente estudiada, la cual se estima como un índice. Además, este coeficiente de variación se puede explicar en función de la naturaleza del ciclo de cultivo de los hongos comestibles. Como organismos vivos, es de esperarse que aunque se tengan condiciones similares para cada submuestra, el comportamiento metabólico puede no ser uniforme, sin que ello signifique falta de control experimental.

El Cuadro 3 presenta las medias ajustadas y el error estándar para las

eficiencias biológicas en cada sustrato. La mayor eficiencia biológica se obtuvo en la paja de arroz superando ($P < 0.05$) a la pulpa de café y a la hoja de banana en 17.2% y 30.9%, respectivamente. La diferencia entre ambos fue de 13.7% y no fue significativa ($P > 0.05$).

De acuerdo a la caracterización química de la paja de arroz, Vega y col. (2004) determinaron que éste fue el sustrato con menor contenido de nitrógeno ($1.59 \pm 0.11\%$). La elevada eficiencia biológica obtenida a pesar del bajo contenido de nitrógeno, se explica por los bajos requerimientos de este componente para el género *Pleurotus* (Sánchez y Royse, 2001; Eger, 1978).

La eficiencia biológica obtenida en la paja de arroz ($80.3 \pm 4.90\%$) es similar a la obtenida en otros estudios (Sánchez y Royse, 2001; Zhang y col., 2002). Los hongos del género *Pleurotus* se clasifican como ligno-

CUADRO 3. MEDIAS AJUSTADAS Y ERROR ESTÁNDAR DE LA EFICIENCIA BIOLÓGICA POR SUSTRATO.

Sustrato	Eficiencia Biológica (EB)
Paja de arroz	80.3± 4.90% ^a
Pulpa de café	63.1± 4.90% ^b
Hoja de banano	49.4± 4.50% ^b

Medias seguidas de una misma letra no difieren entre sí ($P>0.05$), según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

celulolíticos pues poseen enzimas que les capacitan para utilizar los polímeros de la pared celular como fuente de carbono (Rajarathnam y col., 1998). Así, la eficiencia biológica obtenida en la paja de arroz pasteurizada demuestra el aprovechamiento de las fuentes de carbono presentes.

En la literatura revisada al momento de realizar esta investigación, no se reportan datos sobre producción de *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café pasteurizada ni en hojas de banano. Se dispone solamente de datos con pulpa de café fermentada y hongos *Pleurotus ostreatus* o con hojas de banano como sustrato y otras especies de *Pleurotus*. Por lo anterior, no es posible confrontar estos resultados en pulpa de café y hojas de banano con dicha literatura.

El Cuadro 4 presenta el resultado del análisis de correlación para los indicadores de calidad y la eficiencia biológica para cada sustrato.

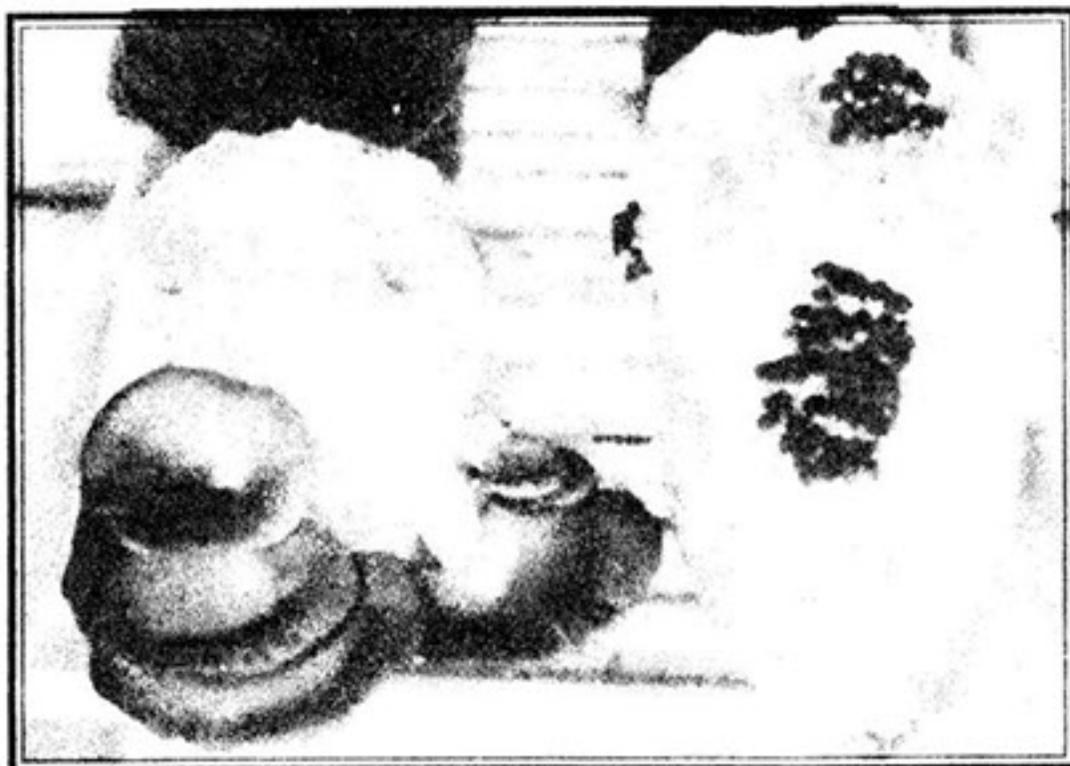
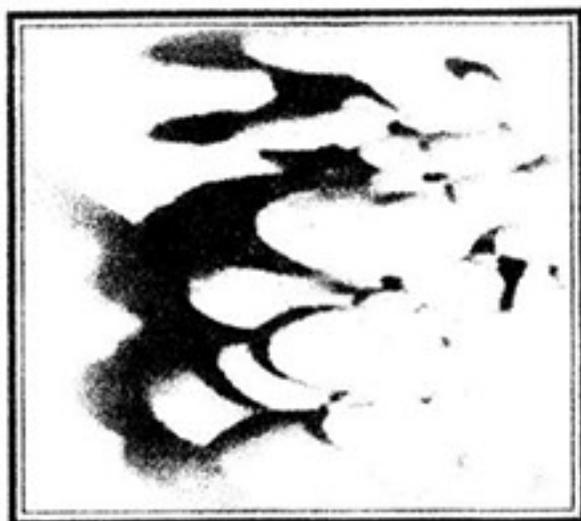
En la hoja de banano, la eficiencia biológica se correlacionó positivamente con el contenido de nitrógeno ($P<0.05$), aunque el grado de asociación se califique como bajo. Sin embargo, entre lignina y eficiencia biológica no existió asociación alguna, pero su tendencia fue positiva; contrario a lo encontrado con cenizas y celulosa cuyos grados de asociación fueron bajos, pero de tendencia negativa y no significativos ($P>0.05$).

En la paja de arroz, todas las asociaciones con la eficiencia biológica fueron no significativas, pero entre cenizas y celulosa la asociación es de tendencia positiva, no así para nitrógeno y lignina. En la pulpa de café, la eficiencia biológica se correlacionó positivamente y en un grado medio ($P<0.01$) y medio bajo con los contenidos de nitrógeno y lignina, respectivamente, pero el coeficiente para la lignina no fue significativo ($P>0.05$); con la celulosa el grado de asociación fue bajo, pero no diferente de cero ($P>0.05$). Por otra

CUADRO 4. CORRELACIONES ENTRE LA EFICIENCIA BIOLÓGICA Y COMPONENTES QUÍMICOS DE LOS TRES SUSTRATOS LIGNOCELULOLÍTICOS ESTUDIADOS.

Sustrato	Ceniza		Nitrógeno		Lignina		Celulosa	
	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr
Paja de arroz	0.29794	0.1312	-0.24152	0.2256	-0.11653	0.5877	0.12837	0.5500
Pulpa de café	-0.47491	0.0092	0.46476	0.0167	0.33370	0.1393	0.14300	0.5363
Hoja de banano	-0.17722	0.3011	0.21409	0.2241	0.01733	0.9225	-0.0892	0.6158

r = coeficiente de correlación de Pearson.



Fructificaciones de *Pleurotus ostreatus*,
cepa RN 8 sobre paja de arroz

CUADRO 5. PARÁMETROS DE REGRESIÓN (\pm EE) PARA LA EFICIENCIA BIOLÓGICA Y LOS INDICADORES QUÍMICOS DE CADA SUSTRATO.

Sustrato / Componente	Parámetros			
	β_1	β_2	R ²	CV
Paja de arroz				
Ceniza	0.0777**	-	0.9014	33.96
	-0.0509 ^{ns}	0.0109 ^{ns}	0.9069	33.74
Nitrógeno	0.059**	-	0.8852	36.64
	2.423*	-1.165 ^{ns}	0.8988	35.17
Lignina	0.7014**	-	0.8484	42.11
	0.2270**	0.0137**	0.8901	36.65
Celulosa	0.0264**	-	0.8935	35.29
	0.0349 ^{ns}	-0.0002 ^{ns}	0.8939	36.01
Pulpa de Café				
Ceniza	0.1365**	-	0.8647	38.46
	0.3049**	-0.0306**	0.9659	19.81
Nitrógeno	0.2293**	-	0.9654	19.44
	0.1854 ^{ns}	0.0140 ^{ns}	0.9656	19.91
Lignina	0.0271**	-	0.9641	19.80
	0.0121 ^{ns}	0.0006 ^{ns}	0.9646	20.17
Celulosa	0.0212**	-	0.9586	21.28
	0.0340*	-0.0004 ^{ns}	0.9609	21.21
Hoja banano				
Ceniza	0.0435**	-	0.9234	29.16
	0.1483*	-0.0089 ^{ns}	0.9299	28.33
Nitrógeno	0.2881**	-	0.9311	27.66
	0.3085 ^{ns}	-0.0113 ^{ns}	0.9311	28.08
Lignina	0.0277**	-	0.9191	29.97
	0.0536**	-0.0014 ^{ns}	0.9275	28.82
Celulosa	0.0173**	-	0.9213	29.56
	0.0404**	-0.0008 ^{ns}	0.9282	28.68

* Diferencia significativa (P<0.05). ** Diferencia altamente significativa (P<0.01).

β_1 y β_2 = coeficiente parcial de regresión lineal y cuadrático.

CV = Coeficiente de variación.

parte, la correlación con el contenido de cenizas fue negativo, pero altamente significativo ($P < 0.01$). Los bajos niveles de asociación por cada indicador sugieren que el proceso de producción de hongos es un fenómeno multifactorial (Stamets, 1993; Sánchez y Royse, 2001) donde diferentes factores físicos, químicos y mecánicos, muestran interdependencia, por lo que un solo indicador parece no explicar significativamente la variación de la eficiencia biológica.

Además, puede darse el caso de que el hongo utiliza mayormente la fuente de carbono más disponible (Wang y col., 2001) que depende de la estructura del material vegetal. Se infiere entonces que en la paja de arroz, la celulosa fue una fuente de carbono más disponible que la lignina. Por otro lado, el grado de asociación entre la lignina y la celulosa sugiere también la mayor utilización de la lignina en la hoja de banano. En cuanto a la variable cenizas, la literatura revisada reporta algunos estudios en cuanto a los contenidos de fósforo y potasio, en cantidades limitantes, más no frente a excesos de estos mismos nutrientes (Sánchez y Royse, 2001), por lo que no es posible hacer comparaciones con dicha literatura.

El Cuadro 5 presenta los parámetros de regresión para la eficiencia biológica y los indicadores químicos en cada sustrato.

En la hoja de banano, el modelo que mejor se ajusta o explica la variación de la eficiencia biológica en función de los indicadores químicos (cenizas, nitrógeno, lignina y celulosa) fue el modelo lineal sin intercepto, explicado por su alto coeficiente de determinación, significancia del modelo y de los parámetros y su bajo coeficiente de variación. Además, al analizar los residuales no se detectaron puntos muy distantes de la distribución alrededor del cero. Así, por cada unidad de cambio en el contenido de cenizas, la eficiencia biológica se incrementaría en 0.0435%; en 0.2881% por cada unidad de cambio en nitrógeno; en 0.0277% por cada unidad de cambio en lignina; y en 0.0173% por cada unidad de cambio en el contenido de celulosa.

En la paja de arroz, el modelo lineal también se ajustó satisfactoriamente para las asociaciones entre la eficiencia biológica y los contenidos de cenizas, celulosa y nitrógeno. Para este sustrato, por cada unidad de cambio en el contenido de cenizas, nitrógeno y celulosa, la eficiencia biológica se incrementaría en 0.0777, 0.0569 y 0.0264%, respectivamente. Para la lignina se ajustó mejor el modelo cuadrático (Cuadro 4).

En la pulpa de café, la variación entre la eficiencia biológica y las variables nitrógeno, lignina y celulosa se explica a través del modelo lineal. De

acuerdo a este modelo, la eficiencia biológica aumenta por cada unidad de cambio en el contenido de nitrógeno, lignina y celulosa en 0.2293, 0.0271 y 0.0212%, respectivamente. Para la variable ceniza se encuentra un modelo de variación cuadrático.

La literatura revisada a la fecha no presenta diseños experimentales de correlaciones entre variables ni análisis de regresión para el establecimiento de perfiles de variación. Por ello no podemos comparar los resultados del presente estudio con otros trabajos similares. Thomas y col. (1998) presentan un análisis de correlación general entre el rendimiento de hongos frescos (peso de hongos cosechados) y los indicadores químicos, pero no detalla las correlaciones por cada sustrato utilizado.

En función de la eficiencia biológica observada, la paja de arroz es un buen sustrato para el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*. Respecto a la pulpa de café, la eficiencia biológica obtenida ($63.1 \pm 4.90\%$) no es óptima, pero aún aceptable. Debe revisarse el proceso de producción completo en este sustrato para optimizar su eficiencia. La utilización de estos desechos agroindustriales como sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, proporciona alternativas para la reducción de la biomasa proveniente de la agroindustria.

CONCLUSIONES

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

- La eficiencia biológica de la cepa de *Pleurotus ostreatus* varió de acuerdo al tipo de sustrato.
- Se encontraron grados de asociación bajos para la eficiencia biológica y los indicadores de composición química.
- Existe una relación entre la eficiencia biológica y los componentes de cada sustrato, la cual se explica principalmente por modelos lineales.

RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar un análisis multifactorial controlado para evaluar las contribuciones de diferentes factores relacionados al proceso de producción de hongos comestibles y concluir con mayor precisión sobre el aporte de los indicadores químicos sobre dicho proceso.
- ❖ Realizar experimentos para evaluar modelos de producción no a escala de cultivo en planta sino a escala de laboratorio para obtener un mejor control del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- EGER, R. 1978. Biology and breeding of *Pleurotus*. In The biology and cultivation of edible mushrooms. Chang, S.ST. Hayes, W.A. Editors. Academic Press. New York. USA.
- GUZMÁN, G.; MATA, G.; SALMONES, D.; SOTO-VELASCO, C.; GUZMÁN-DÁVALOS, L. 1993. El cultivo de hongos comestibles con especial atención a especies tropicales en esquilmos y residuos agroindustriales. IPN, México. pp. 75-91.
- MILES, P.G. 1993. Biological background for Mushroom breeding. In Genetics and Breeding of Edible Mushroom. Chang, A.; Buswell, J.; Miles, P.G. (eds.) Gordon and Breach Science Publishers, Amsterdam.
- RAJARATHNAM, S.; SHASHIREIKA, M.; BANO, Z. 1998. Biodegradative and biosynthetic capacities of Mushrooms: Present and Future Strategies. Critical Reviews in Biotechnology 18 (2/3): 91-236.
- SÁNCHEZ, J.E.; ROYSE, D. 2001. La Biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Limusa, México. D.F.
- SEARLE, S.R. 1971. Linear models. Ed. John Wiley and Sons. New York, USA.
- STAMETS, P. 1993. Growing gourmet and medicinal Mushrooms. Ten Speed Press, California, USA.
- STEEL, R. G. B.; TORRIE, J.H. 1980. Principles and procedures of Statistics: A biometrical approach. 2nd ed. McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
- THOMAS, G.V.; PRABHU, S.R.; REENY, M.Z.; BOPAIAH, B.M. 1998. Evaluation of lignocellulosic biomass from coconut palm as substrate for cultivation of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. W.J. Microbiol. Biotechnology 14: 879-882.
- VEGA, A.; CABALLERO, R.E.; GUERRA, P. 2004. Caracterización química de desechos agroindustriales y efecto de la pasteurización para su utilización como sustratos en el cultivo de hongos comestibles. Panamá. 2002. Ciencia Agropecuaria (Panamá) 14: 1-14.
- WANG, D.; SAKODA, A.; SUZUKI, M. 2001. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated in spent beer grain. Biores. Tech. 78: 293-300.
- ZHANG, R.; LI, X.; FADEL, J.G. 2002. Oyster mushroom cultivation with rice and wheat straw. Biores. Tech. 82: 277-284.

EFFECTO DE LA DISMINUCIÓN DEL PERIODO DE OCUPACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CARNE A BASE DE *Brachiaria decumbens* cv. Señal. GUALACA, PANAMÁ. 2001-2003.

Bolívar Pinzón ¹; Rubén Montenegro ²; Eliut Santamaría ²

RESUMEN

El trabajo se realizó por tres años (2001-2003) en la Estación Experimental de Gualaca, con el objetivo de determinar el efecto de la disminución del período de ocupación (PO) sobre la producción y productividad de la *Brachiaria decumbens* cv. Señal durante la época lluviosa. Se evaluaron dos períodos de ocupación (PO), de uno y siete días, siendo constante el período de descanso (PD) de 21 días. Cada PO constó de 2.5 ha de *Brachiaria decumbens* divididas en 22 cuadras de 1,136 m² cada una y cuatro cuadras de 6,250 m² cada una, para uno y siete días, respectivamente, utilizando cerca eléctrica. La pastura de *B. decumbens* recibió 80 kg de N, 30 kg de P₂O₅ y 20 kg de K₂O/ha fraccionado en tres aplicaciones, junio, agosto y noviembre. Se utilizó un diseño irrestrictamente al azar en un arreglo factorial; la carga animal fluctuó entre 3-6 cabezas/ha con peso de 194 kg peso vivo y fue ajustada de acuerdo a la disponibilidad de forraje. Todos los años se remplazaron los animales iniciando en mayo y finalizando en el mes de enero (240 días). Se utilizaron animales con encaste Brahman, Cebú, Charolais, Simmental y Pardo Suizo, en su mayoría media sangre. La ganancia promedio por animal por día fue de 0.736 kg; mientras que en PO fue ligeramente superior (P<0.01) a los siete días que a un día (0.758 y 0.715 kg/día, respectivamente). La producción de carne promedio entre períodos fue superior (P<0.01) en un día (819 kg/ha) en comparación al PO de siete días (739 kg/ha); la carga animal fue superior en 0.44 UA/ha adicionales en PO de un día respecto al de siete días. La disponibilidad de materia seca (MS) por hectárea por ciclo de pastoreo entre años no fue significativa (P>0.01); sin embargo, la disponibilidad de materia seca para el PO de un día fue superior (P<0.01) sobre el PO de siete días (1,618 vs. 1,182 kg MS/ha/ciclo de pastoreo). El menor costo de producción de un kilogramo de carne en pie y mayor rentabilidad se da en la pastura de *B. decumbens* sometida a un PO de un día que fue de B/.0.902 y 19%, respectivamente. Se concluye que la utilización de períodos cortos de ocupación en pasturas contribuye a incrementar la producción de materia seca, su calidad y, por ende, altas ganancias de peso por animal por día y por hectárea en época de invierno.

PALABRAS CLAVES: *Brachiaria decumbens*; tiempo; pastoreo; carga ganadera; producción de carne; rentabilidad; Panamá.

¹ Ing. Agr., M.Sc. Suelos. IDIAP.Centro de Instituto de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC).
e-mail: idiap_dav@cwpanama.net

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

EFFECT OF THE REDUCTION OF THE OCUPATION PERIOD IN A BEEF CATTLE PRODUCTION SYSTEM BASED ON *Brachiaria decumbens* CV. SEÑAL. GUALACA, PANAMA. 2001 – 2003.

The work was conducted by three years (2001 – 2003) in the Gualaca Experimental Station with the objective of determining the effect of the reduction of the occupation period (PO) on the production and productivity of the *Brachiaria decumbens* cv Señal on the raining season. It was evaluated two occupation period: one and seven days, being constant the resting period one and seven days, being constant the resting period (PD) of 21 days. Each PO consisted of 2.5 ha of *B. decumbens* divided in 22 blocks of 1,136 m² each one and four blocks of 6,250 m² each one for one and seven days, respectively, using electric fence. *B. decumbens* was fertilized with 80 kg of N, 30 kg y P₂O₅ and 20 kg K₂O/ha, fractioned in three applications: June, August and November. It was used a factorial arrangement in a randomized design. Stocking rate fluctuated between 3 to 6 head/ha with live weight of 194 kg and was adjusted according to availability of forrage. Every year, animals were changed beginning in May and finishing in January (240 days). Brahman, Zebu, F₁ Charolais, F₁ Simmental and Brown Swiss animals were used. Average daily gain for animal was 0.736 kg, while with PO of seven days was superior (P<0.01) to one day, 0.758 and 0.715 kg/d, respectively. Average beef production between periods was superior (P<0.01) in one day (819 kg/ha) than in seven days of PO. Stocking rate was high in 0.44 AU/ha more in one day than in seven day of PO. Dry matter availability (DM) per hectare per cycle of grazing between years was not significant (P>0.01); however, DM for one day of PO was higher (P<0.01) than seven days of PO (1,618 vs 1,182 kg DM/ha/grazing period). Less production cost of one kilogram of beef and higher profitability was obtained with *B. decumbens* with one day of PO (US \$0.902 and 19%, respectively). It was concluded that short PO period contributes to increase DM production, its quality, and so, its high weight gain per animal and hectare in the raining season.

KEY WORDS: *Brachiaria decumbens*; time; grazing; stocking rate; beef production; profitability; Panama.

INTRODUCCIÓN

Las metas actuales para mejorar la competitividad y rentabilidad de la producción de carne incluyen producción por hectárea mayor a 900 kg, edad al sacrificio menor a 22 meses y rentabilidad anual mayor a 18%. La alternativa que se visualiza para superar lo hasta ahora logrado y alcanzar estas metas es básicamente a través del manejo para maximizar la eficiencia de uso de la pastura, incrementando la capacidad de carga y manteniendo altas

ganancias de peso por animal a través de todo el año. Sin embargo, el potencial de las pasturas en la época seca se ve reducido drásticamente hasta un 30% de lo obtenido en la época lluviosa, lo cual sugiere el uso de suplementación energética proteica estratégica, que permitiría mantener altas ganancias de peso y carga animal en la época seca.

La primera alternativa radica en explotar al máximo el sistema de pasturas de gramíneas durante la época

de mayor crecimiento, o sea, en la época lluviosa intensificando su manejo.

Uno de los factores de manejo es el pastoreo rotacional y dentro de este, el tiempo de ocupación por potrero, el que ejerce gran influencia sobre la eficiencia de utilización y recuperación de la pastura. Los períodos cortos de ocupación, menores de tres días, favorecen el rebrote y, por lo tanto, la producción de biomasa de las pasturas, lo cual permite incrementar la capacidad de carga (Otoya, 1986; Giovanetti, 1998; Salazar, 2000; Phillip y col., 2001).

Los sistemas de engorde basados en pasturas evaluadas por IDIAP, con períodos de ocupación entre 7 y 10 días por potrero, han mostrado una buena respuesta productiva, con promedios anuales de ganancias diarias entre 0.450 a 0.550 kg/animal/día, cargas entre 3.5 a 4.5 cabezas/ha y producciones de carne entre 725 a 860 kg/ha/año en *Brachiarias* tales como la *humidicola*, *dictyoneura*, *decumbens* y *brizantha*; (Gómez y col., 1987; Hertentains y col., 1994; Ávila y col., 2000; Pinzón y Montenegro, 2002).

Sin embargo, estos índices productivos, especialmente la carga animal y ganancia/animal/día y la producción por hectárea pueden ser mejorados mediante la disminución del período de ocupación por potrero. A pesar de que esto implica disponer

de mayor número de potreros para hacer la rotación, herramientas como la cerca eléctrica hacen factible rotaciones de hasta un potrero por día a bajo costo por confección y mantenimiento de cercas, lo cual también contribuiría a reducir los costos de producción y, por ende, a mejorar la rentabilidad de los sistemas de producción de carne en pastoreo.

Por lo tanto, es necesario evaluar factores de manejo como períodos de ocupación más cortos que los evaluados, con el fin de mejorar la productividad de las pasturas de *Brachiaria* para la producción de carne bajo condiciones locales.

El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de la disminución del período de ocupación sobre la producción y productividad de la *Brachiaria decumbens* cv. Señal durante la época de lluvias.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó por tres años (2001- 2003) en la Estación Experimental de Gualaca, localizada a 70 msnm, con precipitación de más de 3,000 mm y temperatura media anual de 26°C. El suelo es de orden inceptisol de textura franco arcilloso arenoso de pH 4.6, contenido medio de materia orgánica (3.7%), bajo en fósforo (1.6 mg/kg), medio en potasio (0.13 cmol/kg) y bajo en calcio y magnesio

(0.28 y 0.07 cmol/kg, respectivamente).

En cinco hectáreas de *Brachiaria decumbens* cv. Señal, se evaluaron dos tratamientos: Período de ocupación (PO) de uno y de siete días, siendo constante el período de descanso (PD) de 21 días. Para el período de ocupación de un día se prepararon 22 cuadras de 1,136 m² cada una y, para el de siete días, cuatro cuadras de 6,250 m² cada una utilizando cerca eléctrica. La carga animal fluctuó de 3 a 6 cabezas/ha, con 194 kg de peso vivo y fue ajustada de acuerdo a la disponibilidad de forraje. Todos los años se reemplazaron los animales iniciando en mayo y finalizando en el mes de enero (240 días); esto permitió aprovechar en forma intensiva la pastura en época de lluvias. Durante los tres años se utilizó animales con encaste Brahman, Cebú, Charolais, Simmental y Pardo Suizo en su mayoría media sangre.

La fertilización que recibieron las parcelas de *B. decumbens* de cada tratamiento fue de 80 kg de N, 30 kg de P₂O₅ y 20 kg de K₂O/ha año, fraccionadas en tres aplicaciones; junio, agosto y noviembre.

Los animales se pesaron mensualmente y fueron desparasitados de acuerdo a la incidencia de parásitos internos y externos. El forraje disponible

se midió al inicio del pastoreo de cada ciclo de rotación, mediante el método de doble muestreo descrito por Haydock y Shaw (1975), que involucra muestras estimadas visualmente y corregidas con muestras cortadas y pesadas. También se tomaron muestras representativas para la determinación de proteína cruda (PC), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), fósforo (P) y calcio (Ca).

Las variables medidas en los animales fueron ganancias diarias de peso, carga animal, producción de carne/ha y en las pasturas, disponibilidad y calidad de forraje. Además, se determinó el costo de producción y la rentabilidad de los tratamientos en estudio.

Los datos de las ganancias diarias de peso y producción de carne por hectárea se analizaron como un diseño irrestrictamente al azar en un arreglo factorial (Steel y Torrie, 1980). Las medias fueron ajustadas y comparadas con la prueba de t student.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ganancias diarias de peso y Producción de carne por hectárea

El análisis de varianza para ganancias diarias de los animales no fue sig-

nificativo ($P > 0.01$) entre años, días de ocupación y años x período de ocupación. El promedio de tres años de las ganancias de los animales independientemente del PO fue de 0.736 kg/animal/día y por PO fue ligeramente superior a los siete que a un día (0.758 y 0.715 kg/día) respectivamente, mientras que por año fue de 0.685 ± 0.049 , 0.752 ± 0.036 y 0.773 ± 0.031 kg/animal/día para los años uno, dos y tres respectivamente. El hecho de no existir diferencia significativa puede deberse a que la *B. decumbens* ofreció un buen forraje en cantidad y calidad (Cuadro 4) y lo otro a que las cargas animales no variaron mucho entre los dos PO. También se puede deducir de que al no existir diferencias significativas entre los dos PO en la pradera (uno y siete días) de que la *B. decumbens* puede manejarse bajo estos dos rangos de ocupación sin afectar las ganancias diarias de peso de los animales. Las ganancias diarias de peso obtenidas en este trabajo son superiores a lo que reporta Pinzón y Montenegro (2002) con este pasto (0.600 kg/animal/día), pero con manejo alterno de 28 días de ocupación e incluso con este manejo y asociada con la leguminosa *Arachis pintoi* que fue de 0.710 kg/animal/día. Por otro lado, Gómez y col. (1987) encontró ganancia 0.692 kg/animal/día con período de 10 días de ocupación y 30 días de

descanso. En cuanto a ganancias diarias de los cruces, raciales a través de los tres años se encontró los siguientes valores de 0.814, 0.755, 0.706, 0.650 y 0.628 kg/animal/día para Charolais, Simmental, Brahman, Pardo y Cebú, respectivamente.

La producción de carne por hectárea con *B. decumbens* (Cuadro 1 y 2) en época de lluvia fue altamente significativa entre los años ($P < 0.01$), uno y dos sobre el año tres que tuvo una tendencia a disminuir su producción (851 ± 61.77 , 816 ± 46.84 y 670 ± 38.0 kg/ha), respectivamente. La producción de carne promedio entre PO fue ($P < 0.09$) superior en un día (819 kg carne/ha) en comparación al de siete días (739 kg carne/ha), representando una superioridad de un 11%. El promedio de producción de carne de los tres años fue de 779 kg/ha, muy superior a lo que reportan con esta gramínea, Gómez y col., 1987, con 700 kg/ha; Cadisch y col., 1994, con 487 kg/ha y Pinzón y Montenegro, 2002, con 601 kg/ha.

Cabe señalar que esta alta producción de carne por hectárea ocurrió en término de ocho meses y no de un año; lo que indica que es factible, con un buen manejo, producir valores significativos de carne. Estos valores también son superio-

CUADRO 1. CUADRADO MEDIO PARA PRODUCCIÓN DE CARNE EN kg/ha EN *B. decumbens* cv. SEÑAL SOMETIDO A DOS PERÍODOS DE OCUPACIÓN (PO).

F de V	gl	CM
Años	2	1,194.545 **
CRU (año)	8	90697 ^{ns}
Periodos de ocupación (PO)	1	725255 *
Años x P. de ocupación (PO)	2	72714 ^{ns}
Error	535	262302

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

* = Diferencia significativa ($P < 0.10$)

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

CUADRO 2. MEDIAS AJUSTADAS POR MÍNIMO CUADRADOS PARA PRODUCCIÓN DE CARNE (kg/ha) EN ÉPOCA LLUVIOSA POR AÑO Y POR PERÍODO DE OCUPACIÓN (PO).

Años/Periodos de ocupación (PO)	A ₁ Po ₁	A ₁ Po ₇	A ₂ Po ₁	A ₂ Po ₇	A ₃ Po ₁	A ₃ Po ₇
Años/periodos	(914)	(787)	(834)	(798)	(708)	(631)
A ₁ Po ₁ (914)	-	ns	ns	ns	**	**
A ₁ Po ₇ (787)	-	-	ns	ns	ns	ns
A ₂ Po ₁ (834)	-	-	-	ns	ns	**
A ₂ Po ₇ (798)	-	-	-	-	ns	*
A ₃ Po ₁ (708)	-	-	-	-	-	ns
A ₃ Po ₇ (631)	-	-	-	-	-	-

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

* = Diferencia significativa ($P < 0.10$)

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

A₁Po₁ = Año uno, período de ocupación (PO) de un día.

A₁Po₇ = Año uno período de ocupación (PO) de siete días.

res a los que se reportan en otras *Brachiarias* tales como *humidicola* (Ávila y col., 2000) y *brizantha* cv. Marandú (Ávila y Castro, 2001; Arosemena y col., 2000).

Disponibilidad de Forraje y Calidad Nutritiva

La disponibilidad de MS (kg/ha/ciclo de pastoreo) no fue afectada significativamente entre años (Cuadro 3); sin embargo, ésta fue diferente ($P < 0.01$) entre los PO y mes de muestreo dentro de años.

La disponibilidad de materia seca por hectárea por ciclo de pastoreo para los años uno, dos y tres fueron muy similares, 1,490, 1,383 y 1,326 kg, respectivamente, siendo en promedio 1,400 kg MS/ha/ciclo. Este valor de disponibilidad es aceptable, si se considera que, bajo condiciones de clima templado y tropical, una disponibilidad adecuada para mantener una producción animal aceptable, estaría sobre los 1,000 kg MS/ha/pastoreo (Zañartú, 1975).

La disponibilidad de materia seca para un día fue superior ($P < 0.01$) al de siete días (1,618 vs. 1,182 kg MS/ha/ciclo pastoreo), representando una superioridad en un 37% más de forraje. Esto concuerda con lo que indican otros autores (Otoya, 1986; Giovanetti, 1998; Salazar, 2000), de que los pe-

ríodos cortos de ocupación menores de tres días favorecen el rebrote y, por lo tanto, la producción de biomasa de las pasturas.

Los valores de proteína cruda de la *B. decumbens*, en ambos PO, fueron muy similares, considerándose como muy aceptable, al igual que los valores de fósforo y calcio. La única diferencia es para la DIVMS que fue superior ($P < 0.01$) en tres unidades porcentuales, para el caso del PO de un día, considerándose como aceptable este valor, no así de siete días (Cuadro 4). Estos valores son muy coincidentes con los que reporta Gómez y col. (1987), en cuanto a fósforo y calcio y digestibilidad, no así para proteína cruda en que fue superior en cuatro unidades porcentuales con respecto a lo que estos investigadores reportan con esta gramínea en pastoreo.

Carga Animal

La carga animal que soportó a lo largo de los tres años la pradera de *B. decumbens* se presenta en el Cuadro 5; observándose que en forma constante el PO de un día fue superior ($P > 0.01$) en ± 0.40 unidades animales que en el PO de siete días. Esta superioridad se atribuye a la alta disponibilidad de forraje 1,618 contra 1,182 kg MS/ciclo pastoreo, respectivamente.

CUADRO 3. CUADRADO MEDIO PARA DISPONIBILIDAD DE MATERIA SECA (kg/ha/ciclo pastoreo) EN *Brachiaria decumbens* cv. SEÑAL.

F de V	gl	CM
Años	2	156674 ^{ns}
Meses (años)	20	848528 ^{**}
Periodos de ocupación (PO)	1	3490970 ^{**}
Años x P. de ocupación (PO)	2	20997 ^{ns}
Error	49	269562

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

* = Diferencia significativa (P<0.10)

** = Diferencia altamente significativa (P<0.01)

CUADRO 4. PORCENTAJES DE PROTEÍNA CRUDA (PC), CALCIO (Ca), FÓSFORO (P) Y DIGESTIBILIDAD *in vitro* DE LA MATERIA SECA (DIVMS) EN *Brachiaria decumbens* cv. SEÑAL EN LOS DOS PERIODOS DE OCUPACIÓN (PO).

P. ocupación (PO) (días)	%			
	PC	P	Ca	DIVMS
1	11.52 a	0.19 a	0.30 a	55.60 a
7	11.29 a	0.18 a	0.30 a	52.10 b

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

CUADRO 5. CARGA ANIMAL QUE SOPORTÓ LA *B. decumbens* cv. SEÑAL EN LOS TRES AÑOS BAJO UN SISTEMA INTENSIVO DE PASTOREO.

Periodo ocupación (PO) (días)	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		Promedio	
	Cab/ha	UA/ha	Cab/ha	UA/ha	Cab/ha	UA/ha	Cab/ha	UA/ha
1	5.94	3.43	5.47	3.65	4.60	3.52	5.34	3.44
7	5.70	3.03	4.60	3.00	3.70	3.09	4.67	3.04

Cab = cabezas

UA = 400 kg peso vivo

Independientemente del PO, la carga animal que soportó la *B. decumbens* en este ensayo es considerado como alta y, es precisamente al manejo intensivo a que se sometieron las praderas. Información generada en la Estación Experimental de Gualaca (Pinzón y Montenegro, 2002) con esta gramínea y con pastoreo alterno de 28/28 días de descanso y ocupación sólo se logró mantener carga de 2.80 UA e incluso fue superior a las que se reporta en *B. dictyoneura* de 3.41 UA en época de lluvias. Estos resultados demostraron la importancia del manejo intensivo a que se sometieron estas pasturas a períodos cortos de ocupación.

Costos de Producción y Rentabilidad

Para los cálculos se tomó en cuenta el número de cabeza animal promedios de los tres años para cada PO y su ganancia diaria por animal promedio de los tres años. Ambos PO comprendieron 2.5 ha y soportaron una carga animal de 3.44 y 3.04 UA y ganancia diarias promedio de 0.715 y 0.758 kg/animal para uno y siete días de ocupación, respectivamente.

También se tomó en cuenta los costos variables (compra de animales, fertilizantes, medicamentos, mano de obra, impuestos, transporte, materiales, suministro y préstamos) y costos fijos (depreciación de pasturas e

infraestructuras, costo de oportunidad de la tierra y de la administración.

El Ingreso bruto por kilogramo en pie fue igual para ambos PO. En el PO de un día de pastoreo los costos fijos, variables y costo total por kilogramo en pie fueron inferiores, mientras que los ingresos netos y la rentabilidad fueron superiores al PO de siete días de pastoreo (Cuadro 6).

En ambos PO la rentabilidad fue superior (15 a 19%) a la tasa comercial pagada normalmente por los ahorros en los bancos; sin embargo, el PO de un día fue superior en un 4% de rentabilidad al de siete días.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- * Las pasturas de *B. decumbens* cv. Señal sometida a PO cortos de un día mostró superioridad al de siete días en cuanto a disponibilidad de forraje, calidad, carga animal, ganancias diarias de peso y producción de carne/ha en época de invierno.
- * Se destaca que con el empleo de períodos cortos de ocupación (uno y siete) días en las pasturas de *B. decumbens* y la utilización de cercas eléctricas, se logra hacer un buen manejo, aprovechar calidad de la pastura y, por ende, so-

CUADRO 6. COSTO DE PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DE LOS DOS SISTEMAS DE PASTOREO EN *Brachiaria decumbens* cv. SEÑAL EN GUALACA-PANAMÁ.

Indicadores Económicos	Periodo de ocupación de un día					
	En pie 13.35 animales	En pie X animal	Costo kg carne pie	En canal 13.35 animales	En canal X animal	Costo kg carne canal
Ingreso Bruto (B/.)	5,200.49	389.55	1.078	5545.42	415.39	2.090
Costo Variable (B/.)	3,917.63	293.46	0.814	3917.63	293.46	1.474
Costo Fijo (B/.)	452.50	33.90	0.088	452.50	33.90	0.176
Costo Total (B/.)	4,370.13	327.35	0.902	4370.13	327.35	1.650
Ingreso Neto (B/.)	830.36	62.20	0.176	1175.29	88.04	0.440
Beneficio /Costo (%)	19.00	19.00	19.00	26.89	26.89	26.89

Indicadores Económicos	Periodo de ocupación de siete días					
	En pie 11.67 animales	En pie X animal	Costo kg carne pie	En canal 11.67 animales	En canal X animal	Costo kg carne canal
Ingreso Bruto (B/.)	4494.58	385.14	1.078	4792.69	410.69	2.090
Costo Variable (B/.)	3442.61	295.00	0.836	3442.61	295.00	1.496
Costo Fijo (B/.)	452.50	38.77	0.110	452.50	38.77	0.198
Costo Total (B/.)	3895.11	333.77	0.924	3895.11	333.77	1.694
Ingreso Neto (B/.)	599.47	51.37	0.154	897.58	76.91	0.396
Beneficio /Costo (%)	15.39	15.39	15.39	23.04	23.04	23.64

brepasar la capacidad de carga animal en una unidad adicional en comparación con trabajos experimentales anteriores con esta gramínea.

- ✱ La mayor rentabilidad y menor costo de producción de un kilogramo de carne en pie se dio cuando la pradera de *B. decumbens* se sometió a períodos cortos de ocupación de un día.
- ✱ Se recomienda la utilización de cercas eléctricas por su facilidad de manejo y menor costo de establecimiento en los sistemas de producción de carne intensiva en la explotaciones pecuarias que tienen pasturas mejoradas.

BIBLIOGRAFÍA

- AROSEMENA, E.; GÓMEZ, J.; JAÉN, M. 2000. Ganancia de peso en terneros destetados utilizando *Brachiaria brizantha* e *Ichaemum indicum* solas y asociadas con *Arachis pintoí*. En XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinaria. Memoria, 11-15 sep. Panamá. 94 p.
- ÁVILA, M.; CASTRO, L.; GUERRA, P. 2000. Evaluación de la *Brachiaria humidicola* con y sin fertilización nitrogenada y asociada con la leguminosa *Arachis pintoí* CIAT 18744 en la producción de carne. En XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias, Memoria, 11-15 septiembre. Panamá. pp. 95-96.
- ÁVILA, M.; CASTRO, L. 2001. Producción de carne en pasturas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, puras y asociadas con *Arachis pintoí* (Inédito).
- CADISCH G.; SCHUNKE, R.M.; GILLER; K.E. 1994. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brasil. Tropical Grasslands 28: 43-52.
- EUCLIDES, V.P.; MACEDO, M.C.; OLIVEITA, M. P. 1998. Producción de bovinos en pastagens de *Brachiaria* spp. consorciados con *Calopogonium muconoides* nos cerrados. Revista Brasileira de Zootecnia 27(2): 238-245.
- GIOVANNETTI, H.A. 1998. Manejo intensivo de praderas para ganado bovino. II. Congreso Internacional de Cría y Ceba de Ganado Bovino. ANAGAN, Chiriquí; 11-13 sept. pp. 1-6.
- GÓMEZ, J.; ÁVILA, M.; SALDAÑA, C. 1987. Producción de carne en praderas de pasto Señal (*Brachiaria decumbens*, Stapft) en Panamá. IDIAP. Bol. Técnico. 10 p.

- HAYDOCK, K.P.; SHAW, N.M. 1975. Technical measuring in the pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15: 663-670.
- HERTENTAINS, L.; IGLESIAS, A.; TROESTCH. 1994. Producción intensiva de carne bovina en *Brachiaria brizantha* CIAT 664, IDIAP. Plegable. s.p.
- 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): 2-5.
- PINZÓN, B.; MONTENEGRO, R. 2002. Potencial de producción de carne con pasturas de *Brachiaria* solas y asociadas con *Arachis pintoi*. *Ciencia Agropecuaria (Panamá)* 11: 129-157.
- PHILLIP, E.L.; GOLDSMITH, P.; BENDERON, M.; PETERSON, R.P. 2001. Optimizing pasture management for cow-calf production: The roles of rotational frequency and stocking rate in the context of system efficiency. *Canadian Journal of Animal Science* 81 (2): 47-55.
- 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.G.; TORRIE, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics a biological approach 2th. ed. McGraw-Hill Publishing Co. New York, USA. 480 p.
- ZAÑARTU, R.D. 1975. Presión de pastoreo y fertilización nitrogenada en la producción de carne en praderas de pasto Estrella. CATIE, Turrialba. Costa Rica, Tesis Mag. Sci. 63 p.

**EFFECTO DE UN BANCO DE PROTEINA CON *Centrosema macrocarpum* SOBRE LA GANANCIA DE PESO DE NOVILLAS DE LECHERÍA A BASE DE *Digitaria swazilandensis*.
GUALACA, PANAMÁ.**

Manuel H. Ruiloba¹

RESUMEN

Se evaluó el efecto de un banco de *Centrosema macrocarpum* sobre el crecimiento de novillas de lechería en fase de desarrollo, a base de pastoreo en *Digitaria swazilandensis* (Swazi). Se evaluaron dos tratamientos (TR): Pastoreo en Swazi (TS) y pastoreo en Swazi + acceso restringido a un banco de proteína (TSB), en ambas épocas del año (EA), lluviosa y seca. Se utilizaron siete novillas por tratamiento, con peso y edad inicial promedio de 114.6 kg (± 22.0) y 8.9 meses (± 2.0), respectivamente. La gramínea se manejó rotacionalmente, con fertilización y carga animal de 2.0 UA/ha. El banco estaba constituido por las accesiones CIAT 5062 y CIAT 5434 de *C. macrocarpum*, manejadas bajo pastoreo alterno por dos horas diarias, con fertilización y carga animal de 10 UA/ha. La disponibilidad de biomasa (DB) de la gramínea por ciclo de pastoreo resultó 50.3% menor en la época seca (1,198 kg MS/ha) que en la época lluviosa (2,381 kg/ha), pero con poca diferencia entre tratamientos. La proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de la gramínea presentaron un comportamiento similar a DB, con promedios para la época lluviosa y seca de 8.64 y 4.53% y 57.6 y 39.6%, respectivamente. En cuanto a la leguminosa, las DB promedio por ciclo de pastoreo en la época lluviosa y seca fueron de 2,705 y 1,663 kg/ha, con una presión de pastoreo de 2.20 y 1.42 kg MS/100 kg de peso vivo/día, respectivamente. La relación hoja/tallo de la leguminosa, base seca, varió poco a través del año (0.92), al igual que la PC y DIVMS, que presentaron promedios ponderados en la hoja y tallo de 19.65 y 8.11% y 53.75 y 48.22%, respectivamente. Con respecto a la ganancia de peso vivo (GPV), la interacción TR*EA resultó significativa ($P < 0.02$). No hubo efecto de tratamiento sobre la GPV en la época lluviosa ($P > 0.21$), pero el TSB la incrementó en la época seca ($P < 0.06$), con promedios de 0.076 y 0.280 kg/animal/día para TS y TSB, respectivamente. En ambos tratamientos, la GPV resultó más alta en el período lluvioso que en el seco ($P < 0.001$), con promedios de 0.641 y 0.178 kg/animal/día para la época lluviosa y seca, respectivamente. Se concluye que el banco de *C. macrocarpum* sólo mejoró la GPV de las novillas en la época seca, donde la gramínea presentó niveles bajos de PC.

PALABRAS CLAVES: Ganado de leche; novilla; pastoreo rotacional; *Digitaria swazilandensis*; *Centrosema macrocarpum*; ganancia de peso; Panamá.

¹ Ph. D., Nutrición Animal. IDIAP. Centro de Instituto de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC)
e-mail: mruiloba15@hotmail.com

**EFFECT OF A BANK OF *Centrosema macrocarpum* ON THE GROWING PHASE OF DAIRY HEIFERS GRASSING *Digitaria swazilandensis*.
GUALACA, PANAMÁ.**

The effect of a bank of *Centrosema macrocarpum* on the growing phase of dairy heifers grassing *Digitaria swazilandensis* was evaluated. Two treatments were evaluated (TR): grassing on Swazi (TS) and grazing on Swazi plus a restricted access to a protein bank (TSB). Seven heifers per treatment were utilized with an initial weight of 114.6kg (± 22.0), and 8.9 months of age. The grass was fertilized and managed rotationally under a grassing pressure of 2.0 UA/ha. The bank was constituted by cultivars CIAT 5062 and CIAT 5434 of *Centrosema macrocarpum*, which were managed under a daily and rotational grassing each other two hours, fertilized and supporting 10 UA/ha. The biomass availability (BA) of the grass each grassing cycle was 50% lower during the dry season (1198 kg/ha) than in the raining season (2381 kg/ha), but with a low difference between treatments. Crude protein and the *in vitro* digestibility of dry mater (IVDDM) for this grass showed a similar pattern when compared to the BA, with means of 8.64 and 4.53%, and 57.6 and 39.6% for rainy and dry seasons, respectively. Regarding to the legume, the mean of BA for the rainy and dry season were 2705 and 1663 kg/ha, with a grassing pressure of 2.20 and 1.42 kg of DM/100kg of BW per day, respectively. The proportion leaf/stem for the legume did not vary too much throughout the year (0.92), as well as for the CP and the IVDDM, with means for leaves and stems of 19.65 and 8.11% and 54.75 and 48.22, respectively. The interaction TR*EA for the weight gain (WG) was significant ($P < 0.02$). There was not effect of treatment over the WG during the rainy season ($P > 0.21$), but TSB increased during the dry period ($P < 0.06$), with means of 0.076 and 0.280 kg/animal/day for TS and TSB, respectively. Both treatments showed the higher WG during the rainy season ($P < 0.001$, with means of 0.641 and 0.178 kg/animal/day during the rainy and dry season, respectively). In conclusion, the *C. macrocarpum* bank increased the WG of the heifers just during the dry season, where the grass had low levels of CP.

PALABRAS CLAVES: Dairy heifers; rotational grassing; *Digitaria swazilandensis*; *Centrosema macrocarpum*; weight gain; Panama.

INTRODUCCIÓN

Una de las alternativas de utilización de las leguminosas es en forma de banco de proteína. Esta modalidad se ha estudiado como complemento proteico en sistemas bovinos de crecimiento y engorde (Ruiloba y col., 1987; Vargas y col., 1988; Castillo y col., 1988) y producción de leche a base de pasturas (Mosquera y Lazcano, 1992).

Valdés (1992) reporta información de la literatura que indica efectos positivos de los bancos de proteína sobre la producción de leche y ceba de bovinos en términos de producción y utilidad económica.

En terneros de lechería, Rivera y Morales (1991) observaron que la *Gliricidia sepium* sustituyó al concentrado en el levante de terneros de le-

chería. Vargas y col. (1988) obtuvieron una respuesta lineal positiva en la ganancia de peso al consumo de *Erythrina cocleata* en terneros de 180 kg de peso corporal que pastoreaban en la gramínea *Cynodon nlemfuensis*. Por otro lado, estudios con *Leucaena leucocephala* (Castillo y col., 1988) y *Neonotonia wightii* (Monzote y col., 1988) en animales en crecimiento a base de *Panicum maximum* y pasturas naturales de baja calidad, respectivamente, indican una respuesta positiva a la inclusión de la leguminosa en la ración del animal. En un sistema doble propósito de producción de leche, terneros predestetados presentaron 30% más en la ganancia de peso vivo con un banco de *Stylosanthes guianensis* (Velásquez y col., 2001).

El *Centrosema macrocarpum* es una leguminosa promisoría, que se adapta y desarrolla bien en diferentes ecosistemas (Ortega y Rattray, 1986; CIAT, 1988). En comparación con leguminosas como el Kudzú (*Pueraria phaseoloides*), el *C. macrocarpum* produce mayor cantidad de biomasa (CIAT, 1986; Valero y col., 1987) y se comporta mejor en la época seca (Valero y col., 1987), pero presenta características químicas y nutricionales similares (Ruiloba y col., 1995). Se ha reportado (Herrera y Guerrero, 1991; Lara y Reátegui, 2001) que el *C. macrocarpum* mejora la producción

de leche y reduce la pérdida de peso, principalmente en la época seca.

El presente trabajo se llevó a cabo con el propósito de evaluar el efecto complementario de un banco de proteína a base de la leguminosa *Centrosema macrocarpum* sobre el crecimiento de novillas de lechería a base de la gramínea *Digitaria swazilandensis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo por un periodo de 14 meses (junio 1996-agosto 1997) en la Estación Experimental Agropecuaria de Gualaca, incluyendo las épocas (EA) lluviosa y seca. Gualaca está ubicada entre los 8° 39' 20" latitud Norte y 82° 10' 10" longitud Oeste, en un bosque húmedo premontano, a una altura de 70 msnm, temperatura anual promedio de 26 °C, precipitación promedio de 3,728 mm en la época lluviosa y 292 mm en la época seca. El suelo es un inceptisol con pH entre 4.5 y 5.5, bajo en fósforo (2.0 mg/kg), potasio (0.14 Cmol/kg) y calcio (2.0 Cmol/kg), con alto contenido de aluminio (1.0 Cmol/kg).

Con un diseño completamente al azar, se evaluaron dos tratamientos (TR): TS, pastoreo en Swazi (*Digitaria swazilandensis*) y TSB, pastoreo en Swazi + acceso a un banco de *Centrosema macrocarpum*. Se utiliza-

ron siete novillas/tratamiento, con diferentes grados de encaste Cebú-Holstein, una edad promedio de 8.9 meses (± 2.0) y un peso vivo inicial promedio de 114.6 kg (± 22.0), las cuales fueron asignadas al azar a los tratamientos.

Se utilizaron cuatro parcelas de Swazi por tratamiento, con un área promedio de 0.525 ha/parcela, manejadas a base de siete días de pastoreo y 21 días de descanso, con una carga animal aproximada de 2.0 UA/ha (1 UA = 400 kg de peso vivo corporal) y una fertilización anual a base de 75 kg de N, 50 kg de P_2O_5 y 30 kg de K_2O /ha. El P_2O_5 y K_2O se aplicaron al inicio de la época lluviosa y el N en dos aplicaciones en esta época. Para mantener la carga animal establecida se utilizaron novillas flotantes.

Se utilizó un banco de proteína de 0.5 ha de *Centrosema macrocarpum* (0.25 ha de CIAT 5062 y 0.25 ha de CIAT 5434), manejado a base de pastoreo alterno (30/30 días de pastoreo y descanso, respectivamente), en forma restringida (2.0 horas en la mañana), con una carga animal aproximada de 10.0 UA/ha y una fertilización a base de 50 kg P_2O_5 y 30 kg K_2O /ha/año, aplicados al inicio de la época lluviosa.

Los animales fueron vacunados con bacterina triple al inicio y final de la época lluviosa, desparasitadas internamente cada 60 días con ivermetina

y parásitos externos cada 30 días con cyamisol. Al inicio de la época seca, todos los animales fueron tratados con vitamina AD_3E (2,500,000 UI de A, 375,000 UI de D_3 y 250 mg de E) en forma inyectable. Todos los animales dispusieron en potrero de una mezcla de sal mineralizada con 6% de P, 12% de Ca y 5% de una premezcla con los elementos menores, a libre consumo.

La disponibilidad de biomasa (DB) de la gramínea y leguminosa se midieron a los 21 y 30 días de descanso, respectivamente, un día antes del inicio del pastoreo, utilizando la técnica del marco muestral, a una altura de corte de 10 cm. En cada medición se tomaron muestras del forraje para análisis de proteína cruda (PC) y determinación de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de acuerdo al procedimiento de Tilley y Terry (1963). Adicionalmente, en la leguminosa se determinó la relación hoja/tallo, en base seca (RHT). Los animales fueron pesados individualmente cada 60 días, a las 8:00 am.

La respuesta animal se analizó estadísticamente utilizando la ganancia de peso vivo (GPV, kg/animal/día) correspondiente a cada período de pesada. Este parámetro se sometió a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (López y col., 2000) utilizando un nivel de significancia (alfa) de 0.05. El análisis de variancia se realizó de acuerdo al siguiente modelo:

$$GPV = U + TR_i + AN_j(TR_i) + EA_k + TR_i * EA_k + E_{ijk}$$

donde,

- U = Media general
 TR_i = Efecto asociado al i-ésimo tratamiento
 AN_j(TR_i) = Efecto del j-ésimo animal anidado en el i-ésimo tratamiento
 EA_k = Efecto de la k-ésima época del año
 TR_i * EA_k = Efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y k-ésima época del año
 E_{ijk} = Error aleatorio asociado a la k-ésima época del año, correspondiente al j-ésimo animal dentro de i-ésimo tratamiento.

Para la prueba de hipótesis del factor TR_i se utilizó como error el factor AN_j(TR_i).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La carga animal (CA) en la gramínea se mantuvo prácticamente constante entre tratamientos y épocas (Cuadro 1), con un promedio general de 2.02 UA/ha. La disponibilidad de biomasa de la gramínea (DB) no varió mucho entre tratamientos, resultando mayor

en la época lluviosa (Cuadro 1), con una presión de pastoreo promedio de 21.5 y 14.4 kg MS/100 kg de peso/día en la época lluviosa y seca, respectivamente. Estos valores de presión de pastoreo son muy bajos con respecto a los recomendados, 3.0 a 6.0 kg MS/100 kg de peso vivo/día (Cubillos y col., 1981; Spain y Pereira, 1994). En la época lluviosa los valores promedio de PC y DIVMS de la gramínea resultaron similares entre tratamientos (Cuadro 1), pero en la época seca TSB presentó valores promedio mayores a TS. Sin embargo, estos valores de PC y DIVMS son menores a los reportados por Jiménez y col. (1996) y Ortega (1987) para esta gramínea, quienes en parcelas de corte obtuvieron valores promedio de PC entre 9.7 a 12.1% y DIVMS entre 51.9 y 63.3%, dependiendo de la época del año. Esta diferencia puede deberse a las bajas presiones de pastoreo que resultaron en el presente trabajo, lo que produjo una acumulación de forraje, afectando su calidad.

En el Cuadro 2 se presentan los valores promedios de CA, DB, PC y DIVMS del *C. macrocarpum*. Prácticamente la CA se mantuvo en 10.0 UA/ha, con poca variación entre épocas del año. La DB disminuyó en un 38.5% en la época seca con respecto a la época lluviosa, con una presión de pastoreo de 1.42 y 2.20 kg MS/100 kg de peso vivo/día, respectivamente. Prácticamente no hubo dife-

CUADRO 1. CARGA ANIMAL (CA), DISPONIBILIDAD DE BIOMASA (DB), CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA (PC) Y DIGESTIBILIDAD *in vitro* DE LA MATERIA SECA (DIVMS) PROMEDIO POR ÉPOCA DEL AÑO DE LA *Digitaria swazilandensis*.

Época del año	CA UA/ha		DB kg MS/ha (a)		PC % (a)		DIVMS % (a)	
	TS	TSB	TS	TSB	TS	TSB	TS	TSB
Lluviosa	2.11 (±0.44)	2.05 (±0.42)	2624 (±496)	2138 (±379)	8.95 (±1.75)	8.33 (±0.33)	57.72 (±1.24)	57.52 (±6.48)
Seca	1.97 (±0.07)	1.95 (±0.13)	1204 (±617)	1191 (±743)	3.97 (±0.35)	5.09 (±0.03)	36.13 (±4.23)	43.00 (±3.23)

(a) Valores obtenidos a los 21 días de descanso.

rencia en la RHT entre épocas del año, lo que demuestra la resistencia de esta leguminosa a la defoliación y su capacidad de rebrote durante la época seca. En cuanto a la PC, los valores promedios fueron similares entre épocas del año a nivel de hoja y tallo, con promedio anual de 19.42% en la hoja y 8.24% en el tallo.

Las DIVMS de la hoja y del tallo del *C. macrocarpum* también resultaron similares entre épocas del año, con promedios anuales ponderados de 53.84 y 48.20%, respectivamente. En la época lluviosa, la DIVMS pudo ser afectada por una proporción alta de material maduro, como consecuencia de una menor presión de pastoreo. Por otro lado, Minson (1991) indicó que en las leguminosas tropicales la proteína cruda y digestibilidad disminuyen lentamente a través del tiempo, aún cuando maduran. Costa y Cruz Oliveiro (1993), bajo condiciones de parcelas de corte, reportaron valores de PC y DIVMS para la planta entera de *C. macrocarpum* de 19.80 y 56.1%, respectivamente, los cuales son superiores a los obtenidos en el presente trabajo (Cuadro 2).

La ganancia de peso vivo (GPV), kg/animal/día, no presentó una distribución normal. Para esto se utilizó una transformación arco coseno, con la que se realizó el análisis de variancia. Los cuadrados medios se presentan en el Cuadro 3, resultando significativa

la interacción TR*EA ($P < 0.01$). Las medias ajustadas para las combinaciones de TR y EA se presentan en el Cuadro 4, con sus respectivos errores estándar. En la época lluviosa, la GPV presentó un promedio por tratamiento de 0.641 kg/animal/día y en la época seca un promedio por tratamiento de 0.178 kg/animal/día. En la época lluviosa, la GPV no difirió entre tratamientos ($P > 0.10$), pero en la época seca el TSB presentó una mayor GPV que el TS ($P < 0.078$) (Cuadro 4).

En algunos ensayos, donde la alimentación era a base de gramíneas, la respuesta al uso complementario del banco de proteína ha sido positiva, pero en otros no se ha encontrado respuesta (CIAT, 1983; Tergas y col., 1984; Castillo y col., 1988; Ruiloba y col., 1991; Herrera y Guerrero, 1991); aparentemente esta respuesta depende de la calidad de la gramínea, en especial lo referente a su contenido de proteína cruda. Ruiloba y col. (1991) obtuvieron un efecto positivo del banco de proteína sobre la producción de leche en la época lluviosa cuando la gramínea contenía 4.9% de proteína cruda, pero ningún efecto cuando contenía 8.58%. Los resultados obtenidos en el presente trabajo corroboran esta situación, ya que en la época lluviosa la *Digitaria swazilandensis* presentó un nivel adecuado de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca, pero en la época seca estos parámetros disminuyeron apreciablemente.

CUADRO 2. CARGA ANIMAL (CA), DISPONIBILIDAD DE BIOMASA (DB), RELACIÓN HOJA/TALLO (RHT), CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA (PC) Y DIGESTIBILIDAD *in vitro* DE LA MATERIA SECA (DIVMS) PROMEDIO POR ÉPOCA DEL AÑO DEL *Centrosema macrocarpum*.

Época del año	CA UA/ha	DB kg MS/ha (a)	RHT (a)	PC % (a)			DIVMS % (a)		
				H	T	PE	H	T	PE
Lluviosa	10.26 (±2.14)	2705 (±859)	0.95 (±0.25)	19.42 (±2.28)	8.24 (±1.29)	13.69	53.22 (±2.46)	48.00 (±1.49)	50.54
Seca	9.77 (±0.64)	1663 (±515)	0.88 (±0.14)	20.24 (±2.04)	7.81 (±1.08)	13.62	55.09 (±1.50)	48.76 (±1.10)	51.72

H = Hoja, T = Tallo, PE = Planta entera

(a) Valores obtenidos a los 30 días de descanso.

CUADRO 3. CUADRADOS MEDIOS PARA LA GANANCIA DE PESO VIVO (GPV), EN BASE A UNA TRANSFORMACIÓN ARCO COSENO.

F de V	gl	CM (a)	Pr > F
Tratamientos, TR	1	0.0703	0.330
Animales, AN(TR)	12	0.0683	0.670
Épocas del año, EA	1	5.3440	0.001
TR * EA	1	0.4398	0.028

(a) Correspondiente a la suma de cuadrado tipo III.

CUADRO 4. MEDIAS AJUSTADAS Y ERROR ESTÁNDAR DE LAS GANANCIAS DE PESO VIVO (kg/animal/día) POR TRATAMIENTO Y ÉPOCA DEL AÑO.

Tratamiento	Época del año (EA)	Media ajustada (a)
TS	Lluviosa	0.675 ^a ± 0.050
TS	Seca	0.076 ^b ± 0.079
TSB	Lluviosa	0.607 ^a ± 0.050
TSB	Seca	0.280 ^c ± 0.079

(a) Medias con la misma letra no difieren entre sí (P>0.10).

El banco de leguminosa puede tener una función complementaria o sustitutiva en sistemas con disponibilidad de energía y proteína para niveles de producción superiores a los obtenidos en sistemas típicos a base de gramíneas, de tal forma que puede incrementar la respuesta animal o disminuir el costo de alimentación. En este sentido, Quan y col. (1996) obtuvieron un efecto sustitutivo del banco de *Arachis pintoi* sobre el concentrado utilizado en un sistema de desarrollo de terneras a base de pasto Estrella. Sin embargo, esta capacidad complementaria o sustitutiva depende de la calidad de la leguminosa.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se concluye:

- * En la época lluviosa, el banco de *C. macrocarpum* no afectó la ganancia de peso vivo de novillas a base de *Digitaria swazilandensis*, pero en la época seca la incrementó apreciablemente.
- * El efecto del banco de proteína sobre la ganancia de peso vivo de novillas dependió del contenido de proteína cruda de la gramínea.
- * Bajo el manejo de banco de proteína, la proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca del *C. macrocarpum* no va-

riaron apreciablemente a través del año, aunque en la época seca su crecimiento disminuyó.

BIBLIOGRAFÍA

- CASTILLO, E.; RUIZ, T. T.; FUENTES, R.; LUCAS, E. 1988. Producción de carne en área marginal con Guinea (*Panicum maximum*) y *Leucaena leucocephala*. En Resúmenes de la XI Reunión de ALPA (Asociación Latinoamericana de Producción Animal), 18-25 de abril de 1988. La Habana, Cuba. Resumen R-8. p. 3.
- CIAT. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1983. Productividad y manejo de pasturas. Informe anual 1982. Programa de Pastos y Forrajes. Cali, Colombia. pp. 277-293.
- CIAT. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1986. Informe Anual 1985. Programa de Pastos y Forrajes. Cali, Colombia. p. 48.
- CIAT. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1988. Informe Anual 1987. Programa de Pastos y Forrajes. Cali, Colombia. p. 18.
- COSTA N. de L.; CRUZ OLIVEIRO, J. R.. 1993. Avaliação agronomica de accesos de Centrosema em

- Rondonia, Brasil. *Pasturas Tropicales* 15 (2): 17.
- CUBILLOS, 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 (Asociación Latinoamericana de Producción Animal)*, 4-10 de octubre de 1981. Santo Domingo, República Dominicana. p. 39.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. 1979. Forage fiber analysis. US Department of Agriculture, Handbook No. 379. USA. 20 p.
- HERRERA, D.; GUERRERO, B. 1991. Evaluación del *Centrosema macrocarpum* como suplemento en la alimentación de ganado lechero. *En Resúmenes de la XXXVII Reunión Anual del PCCMCA*, 18-22 marzo de 1991. Panamá. p. 209.
- JIMÉNEZ, D.; APARICIO, N.; ORTEGA, C. M. 1996. Efecto de la fertilización nitrogenada y dos intervalos de corte sobre la producción de materia seca y composición química de la *Digitaria swazilandensis* (Stent). *En Resúmenes Analíticos de la Investigación Pecuaria en Panamá (1968-1985)*. B. Pinzón y R. Montenegro (comp.). IDIAP, Panamá. p. 35.
- LARA, D.; REÁTEGUI, K. 2001. Efecto del uso del *Centrosema macrocarpum* en la producción de leche en la región del Alto Mayo, amazonia 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. 48.
- LÓPEZ, G.; PÉREZ, J.; KLEINN, C. 2000. SAS: Aplicaciones en el campo agropecuario y de los recursos naturales. CATIE. Versión 1. Costa Rica. 128 p.
- MINSON, D. J. 1991. Composición química y valor nutritivo de las leguminosas tropicales. *En Leguminosas Forrajeras Tropicales*. P. J. Skerman, D. G. Cameron y F. Riveros (eds.). Colección FAO: Producción y Protección Vegetal. No. 2. Roma. pp. 211-219.
- MONZOTE, M.; CASTILLO, E.; YBAMEA, E.; CINO, D.M. 1988. Proporciones de Glycine

- (*Neonotonia wightii*) en pastos naturales para la producción de leche. En Resúmenes de la XI Reunión de ALPA, 18-25 de abril de 1988. La Habana, Cuba. Resumen R-9. p. 4.
- MOSQUERA, P.; LAZCANO, C. 1992. Producción de leche de vacas en pasturas de *Brachiaria decumbens* sola o con acceso controlado a bancos de proteína. Pasturas Tropicales 14 (1): 2.
- ORTEGA, C. M. 1987. Plantas forrajeras para el trópico panameño: Pasto swazi o invasora (*Digitaria swazilandensis*, Stent). En Aspectos Técnicos de la Producción de Forraje y Leche en Panamá. IDIAP, Panamá. 11 p.
- ORTEGA, C.M.; RATTRAY, J. M. 1986. Impacto de las especies forrajeras en Panamá: Introducción y selección. En Resúmenes Analíticos de la Investigación Pecuaria en Panamá (1968-1985). B. Pinzón y R. Montenegro (comp.). IDIAP, Panamá. p. 35.
- QUAN, A.; ROJAS, B.; VILLALOBOS, L. 1996. *Arachis pintoi* CIAT 18744 como banco de proteína para el desarrollo de terneras de reemplazo. En Experiencias regionales con *Arachis pintoi* y planes futuros de investigación y promoción de la especie en México, Centroamérica y el Caribe. P. Argel y A. Ramírez P. (eds.). CIAT, Cali, Colombia. Documento de trabajo No. 159. pp. 26-34.
- RIVERA, J.; MORALES, P. 1991. Efecto de la suplementación con forraje de madreño (*Gliricidia sepium*) en la ración de terneros mamando en libre pastoreo, en la zona del litoral Atlántico de Honduras. En Resúmenes de trabajos de la XXXVII Reunión Anual del PCCMCA, 18-22 de marzo de 1991. Panamá. p. 210.
- RUILOBA, M.H.; PINZÓN, B.R.; QUIROZ, R. 1987. Utilización del Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) como banco de proteína en la producción de leche. En Aspectos Técnicos de la Producción de Forraje y Leche de Panamá. IDIAP, Panamá. 19 p.
- RUILOBA, M.H.; SALDAÑA, C.; JIMÉNEZ, V. 1995. Evaluación comparativa entre el heno de Kudzú (*Pueraria phaseolodes*) y heno de *Centrosema macrocarpum* en parámetros químicos y nutricionales. Ciencia Agropecuaria (Panamá) 8: 85.
- RUILOBA, M.H.; VARGAS, A.; SALDAÑA, C.; GUERRA, R. 1991. Efecto del banco de Kudzú sobre la producción de leche a base de

- Brachiaria decumbens*** durante la época lluviosa. En Resúmenes de trabajos de la XXXVII Reunión Anual del PCCMCA, 18-22 marzo de 1991. Panamá. p. 220.
- TILLEY, T. M. A.; TERRY, R. A. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crop. J. Brit. Grass. Soc. 18 (2): 104.
- TERGAS, L.E.; PALADINES, O.; KLEINSHEISTERKAMP, I.; VELÁSQUEZ, J. 1984. Animal productivity from ***Brachiaria decumbens*** alone and with complementary grazing of ***Pueraria phaseoloides*** in the eastern plains of Colombia. Tropical Animal Production 9: 1.
- SPAIN, J. M.; PEREIRA, J. M. 1994. Sistemas de manejo flexible para evaluar germoplasma bajo pastoreo: Una respuesta. En Evaluación de Pastura con Animales. Alternativa Metodológica. Memoria de Reunión de Trabajo, 1-5 de octubre de 1984. Lima, Perú. C. Lazcano y E. Pizarro (eds.). RIEPT, CIAT. Colombia. pp. 85-98.
- VALDÉS, R.L. 1992. Banco de Proteínas. Revista ACPA (Asociación Cubana de Producción Animal) 1: 12.
- VALERO, O. A.; PIZARRO, E. A.; FRANCO, L. H. 1987. Producción de seis leguminosas forrajeras solas y en asociación con dos gramíneas tropicales. Pasturas Tropicales 9 (1): 6.
- VELÁSQUEZ, J.; RUIZ, G.; LAZCANO, C. 2001. Uso de ***Stylosanthes guianensis*** con terneros predestetados en sistema de producción doble propósito en márgenes de bosque de Colombia. 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. 48.
- VARGAS, A.; ROMERO, F.; BOREL, R. 1988. Suplementación de forrajes de ***Erythrina*** a toretes en pastoreo. En Resúmenes de la XI Reunión de ALPA, 18-25 de abril de 1988. La Habana, Cuba. Resumen R-73. p. 101.

EFFECTO DE LA MADURACIÓN SOBRE LA TERNEZA DE LA CARNE DEL GANADO CEBÚ Y SUS CRUCES. GUALACA, PANAMÁ, 2002.

Omar Chacón P.¹; Pedro Guerra², Ricaurte Quiel³

RESUMEN

La terneza es considerada como uno de los principales factores que merman la calidad de la carne bovina en Panamá, mientras que la maduración *postmortem* es un proceso natural enzimático que mejora esta característica organoléptica. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del tiempo de maduración y tipo de empaque sobre la terneza (Warner-Bratzler Shear) de la carne del ganado Cebú y sus cruces (Cruzados). Se utilizaron muestras del *Longissimus dorsi* tomadas 24 h *postmortem* de ambas medias canales. Las muestras fueron almacenadas en refrigeración a 0°C de acuerdo a cuatro tiempos de maduración: 7, 14, 21, y 28 días. Se evaluaron dos tipos de empaquetado: convencional plastificado (EC) y al vacío (EV). Los grupos raciales fueron: 23 animales Cebuños (Brahman) y 27 animales Cruzados (50% Brahman + 50% Simmental y 50% Brahman + 50% Charolais). Los resultados fueron evaluados a través de un modelo lineal generalizado cruzado clasificado fijo y la comparación de medias ajustadas mediante la prueba de "t". El mayor efecto sobre la terneza de la carne se obtuvo al día 7 de maduración ($P < 0.05$) en ambos tipos de empaque; con una diferencia favorable de 0.81 Kgf (21.3%) para la carne empacada al vacío. Se obtuvo un mejoramiento de 22.7% (0.82 Kgf) usando el empaquetado al vacío con respecto al convencional en carcasa de animales cruzados; mientras que en el Brahman el incremento fue de 20.1% (0.80 Kgf). Al día 7 de maduración, las carcasas de los animales Cruzados presentaron una diferencia positiva de 0.39 Kgf (12.2%) en el empaquetado al vacío y de 0.37 Kgf (9.3%) en el empaquetado convencional. La carne sin madurar se puede clasificar como de terneza intermedia en el Brahman y Cruzados (5.13 y 4.27 Kgf, respectivamente). El pH inicial fue de 6.11 y pudo limitar el efecto proteolítico de las enzimas endógenas. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre grupos raciales en los pH_{1h} y pH_{24h}. La carga bacteriológica se mantuvo dentro de los parámetros permisibles, por lo que la maduración no entraña riesgos para la salud pública. Se concluye que la maduración mejora la terneza de la carne del ganado cebú y sus cruces, genera valor agregado, incrementada por el uso del empaquetado al vacío.

PALABRAS CLAVES: Cebú; ganado bovino; carne bovina; terneza; Panamá.

¹ Lic. Química, M.Sc. Ciencia de la Carne. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC). e-mail: ochacon@idiap.go.pa.

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

³ Ing. Agr. Zoot. IDIAP. Centro de Investigación Occidental (CIAOC). e-mail: rquiel@idiap.gob.pa

EFFECT OF AGING ON BEEF TENDERNESS OF ZEBU CATTLE AND ITS CROSSES. GUALACA, PANAMÁ. 2002.

Tenderness is considered as one of the most important factors that decrease the quality of the beef cattle in Panama, while *post mortem* aging is an enzymatic natural process that improve this organoleptic trait. The objective of this study was to determinate the effect of aging time and packing type on tenderness (Warner - Bratzler Shear) of beef from Zebu cattle and its crosses (crossbred). *Longissimus dorsi* samples were used and taken 24 h *post mortem* from both half carcass. Samples were stored in a freezer at 0°C according with four aging time: 7, 14, 21 and 28 days. It was evaluated two packing types: plastified conventional (EC) and vaccum packed (EV). Racial groups were: 23 Zebu (Brahman) and 27 crossbred animals (50% Charolais + 50% Brahman and 50% Simmental + 50% Brahman). Data were analyzed through a fixed cross classified generalized lineal model and adjusted means were compared using "t" test. The higher effect on beef tenderness was obtained at 7 days aging ($P < 0.05$) on both types of packing; with a difference of 0.81 Kgf (21.3%) favourable to EV. There was an improvement of 22.7% (0.82 Kgf) using EV respect to EC in crossbred carcass, while in Brahman carcass the improvement was of 20.1% (0.80 Kgf). At day 7 of aging, between both racial groups, crossbred carcasses showed a positive-difference of 0.39 Kgf (12.2%) in EV and 0.37 Kgf (9.3%) in EC. Beef without aging can be classified as intermedia tenderness in Brahman and Crossbred (5.13 and 4.27 Kgf, respectively). Initial pH was of 6.11 and could limit the proteolytic effect of endogenous enzymes. There was no differences ($P > 0.05$) between racial groups at pH_{7h} and pH_{24h} . Bacteriological charges were within permissible parameters, so that aging does not imply risks for public health. It was concluded that aging improve tenderness of the Zebu cattle and its crosses, create aggregated value, increased it for the use of EV.

PALABRAS CLAVES: Zebu; beef cattle; beef meat ; tenderness; Panama.

INTRODUCCIÓN

Estudios basados en la opinión de los consumidores (Brooks y col., 2000; Huffman y col., 1996) indican que la terneza de la carne bovina es el factor de la calidad organoléptica que más influye en su aceptación, anteponiéndose incluso a otras características como sabor y color. En este sentido, el consumidor panameño considera

características organolépticas como el color de la carne, de la grasa y terneza entre las más importantes (Santiago, 2003), mientras que en el proyecto de investigación y desarrollo sobre el mejoramiento del valor agregado de la carne bovina en la fase *postmortem*, se indica que uno de los factores que disminuye la calidad de la carne bovina en Panamá es su baja terneza (Guerra, 2001).

En países de alto consumo de carne bovina, los animales Brahman y sus cruces son discriminados por los cebadores e industriales debido a la baja calidad de su carne, especialmente la terneza (Wheeler y col., 1990; Whipple y col., 1990); sin embargo, la raza Cebuína es el principal grupo racial en los sistemas de cría y ceba de Panamá.

Por otra parte, la maduración *post-mortem* es un proceso natural enzimático que mejora la terneza de la carne y los atributos de palatabilidad (Parrish, 1999), por lo que ésta es una técnica que puede usarse para comercializar la carne bovina. Cuando se madura carne es necesario controlar el tiempo, tipo de empaque y temperatura de almacenamiento para lograr la mejor terneza y gustocidad. Las diferencias en el ritmo y la magnitud de la proteólisis constituyen la mayor fuente de variación de la carne madurada (Álvarez y col., 2001).

Actualmente, en Panamá existen pocos trabajos sobre la terneza de la carne del ganado Cebú y sus cruces (Cruzados) y no hay estudios sobre maduración de carne; por lo tanto, no se cuenta con suficiente información que permita realizar una valoración efectiva de su calidad.

Debido a la importancia que tiene el rubro carne bovina para Panamá, se hace necesario determinar el efecto del tiempo de maduración y tipo de empa-

que, sobre la terneza de la carne del Cebú y sus cruces.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en el Centro de Investigación Agropecuaria Occidental del IDIAP con animales provenientes de la Estación Experimental de Gualaca. Las muestras fueron tomadas en el Matadero de Chiriquí S.A., 24 horas posterior al sacrificio. En esta instalación se midió en la canal, la temperatura con un termómetro digital para carne, pH al sacrificio y a las 24 horas ($\text{pH}_{1\text{h}}$ y $\text{pH}_{24\text{h}}$, respectivamente) utilizando un potenciómetro con electrodo para carne. Los análisis de terneza se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Carne del IDIAP.

Sitio de muestreo

Para las pruebas de maduración se utilizaron muestras del *Longissimus dorsi* (12^{ava} costilla) de ambos lados de la canal de animales machos enteros, cebados en pastoreo, con una suplementación energético-proteica y edad promedio de 26 ± 3 meses al sacrificio.

Duración del estudio

Este trabajo fue realizado durante el período comprendido del 1 al 30 de mayo del 2002.

Grupo racial

Para determinar diferencias entre grupos raciales, los animales fueron agrupados así: 23 animales Cebuinos (Brahman) y 27 animales Cruzados (50% Brahman + 50% Simmental y 50% Brahman + 50% Charolais).

Proceso de empaque

La muestra del lado izquierdo de la canal fue cortada en cinco secciones de una pulgada de espesor; cuatro de estas secciones fueron empacadas en forma convencional plástica (EC). El lomo del lado derecho se le aplicó el mismo procedimiento, pero fue empacado al vacío (EV). A las secciones no empacadas se les realizó la prueba de terneza al día uno.

Proceso de maduración

Las cuatro secciones empacadas en forma convencional y al vacío fueron maduradas por 7, 14, 21 y 28 días *postmortem* y refrigeradas a 0°C.

Prueba de terneza

Se empleó la metodología estandarizada descrita por Brooks y col. (2000) y Savell (2001). Las secciones fueron descongeladas a temperatura ambiente. Luego se cocieron en un asador eléctrico con parrilla abierta

(Lawrence y col., 2001; Wheeler y col., 1998). Durante la cocción, la muestra es volteada después de alcanzar 40°C de temperatura interna y luego es cocida hasta alcanzar una temperatura interna final de 70°C. Cada muestra cocida fue envuelta en papel aluminio y refrigerada a 5°C por 20 h. Posteriormente, con un sacabocado se obtuvieron cinco tarugos de 1.27 cm de diámetro paralelos a la fibra muscular. Cada tarugo fue sometido a cizallamiento con el Warner-Bratzler Shear en forma perpendicular a la fibra muscular, donde se midió la fuerza máxima (Kgf) necesaria para cortar cada tarugo.

Análisis microbiológico

Se realizaron conteos bacteriológicos de mesófilos, aerobios, coliformes totales y fecales (Hernández, 2000) y *Salmonella* spp (Secretaría de Salud de México, 1995). Se colocaron 25 g de la muestra en una bolsa estéril y se le añadieron 225 ml del diluyente estéril (agua peptona de carne al 0.1%), después fue masajeadada durante un minuto para transferir los microorganismos al agua peptona, obteniéndose una dilución de 10⁰. Las diluciones se realizaron tomando con una pipeta estéril 1.0 ml de la dilución 10⁰, el cual se vertió en un frasco que contenía 9.0 ml del mismo diluyente, obteniéndose una dilución 10⁻¹. De esta dilución se tomó 1.0 ml y se vertió en un frasco con 9.0 ml del mismo diluyente para obtener la dilución 10⁻² y para la dilución 10⁻³ se

tomó 1.0 ml de la dilución 10^{-2} y se vertió en un frasco con 9.0 ml del diluyente.

Conteo total de mesófilos aerobios

Usando diferentes pipetas para cada dilución decimal realizada anteriormente, se obtuvo 1.0 ml del inóculo y se colocó en una caja petri estéril previamente identificada. Este proceso se realizó por duplicado para cada dilución. Posteriormente se agregó a cada caja petri de 12 a 15 ml de agar para métodos estándar esterilizado, fundido y enfriado a $45 \pm 1^\circ\text{C}$. Se incubaron las cajas en posición invertida a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ por 24 h. En la lectura se cuentan todas las colonias desarrolladas en aquellas cajas petri (excepto las de mohos y levaduras) donde aparecen entre 30 y 300 colonias y el valor obtenido se multiplica por el inverso de la dilución, obteniéndose así la cantidad de unidades formadoras de colonias (UFC) de mesófilos aerobios por ml de muestra.

Coliformes totales

La determinación de bacterias coliformes totales se efectuó siguiendo la técnica del número más probable (NMP) o técnica de dilución en tubo. Para ello se inoculó 1.0 ml de cada una de las diluciones (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}) en tubos de ensayo conteniendo 9.0 ml de caldo de lauril sulfato de sodio (CLSS) esterilizado y una campana de fer-

mentación tipo Durham invertida, proceso realizado por triplicado.

Los tubos se incubaron a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ por 48 horas. La producción de gas en el tubo Durham indicó una reacción positiva con lo cual se obtuvo un resultado presunto de la presencia de coliformes. Para su confirmación, se transfirió, con una asa de platino, de dos a tres asadas del inóculo a tubos separados conteniendo 5.0 ml de caldo bilis verde brillante (CBVB) al 2% esterilizado y una campana de fermentación tipo Durham invertida; se incubaron durante 48 h a $35 \pm 2^\circ\text{C}$. La presencia de gas en el tubo Durham confirmó la presencia de coliformes totales y se calculó el NMP por ml de muestra usando una tabla prediseñada para el NMP y límites de confianza de 95%. Esta técnica proporciona una estimación estadística de la densidad microbiana presente con base en que la probabilidad de obtener tubos con crecimiento positivo disminuye conforme es menor el volumen de muestra inoculada.

Coliformes fecales

Para valorar los resultados de esta determinación se utilizó el índice NMP. De los tubos de ensayo con CLSS que resultaron presuntos a coliformes, se transfirieron de dos a tres asadas de inóculo, con un asa de platino, a frascos conteniendo 5.0 ml de CBVB al 2% esterilizado y una campana de fermentación tipo Durham en posición inverti-

da para observar la presencia de gas. De igual forma, se transfirió el inóculo a un frasco conteniendo 3.0 ml de agua triptona estéril. Posteriormente, se incubaron a una temperatura de $44 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 48 horas. La presencia de gas en los frascos indicó un resultado presunto de coliformes fecales. La confirmación se realizó mediante la prueba de indol, la cual consistió en agregar de 0.2 a 0.3 ml de reactivo de Kovacs a los frascos de agua triptona y se dejaron reposar por 10 minutos. La presencia de un anillo color rojo cereza en la superficie indica una reacción positiva a microorganismos coliformes fecales y se calculó el NMP/ml de muestra.

Salmonella

Para la determinación de la presencia o ausencia de *Salmonella*, se siguieron los siguientes pasos:

a) Pre-enriquecimiento: Se tomaron 25 ml de la dilución 10^0 con pipeta estéril y se transfirieron a 225 ml de agua de peptona buffer (BPW) previamente esterilizada; posteriormente, fueron incubados a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 24 horas.

b) Enriquecimiento selectivo: Se prepararon dos medios para este propósito: uno con caldo de selenito y cistina (CSC) y caldo de tetrionato-verde brillante (CT-VB). Después de 24 h de incubación de la muestra en

pre-enriquecimiento se tomaron 10 ml de ésta y se colocaron en cada uno de los medios de enriquecimiento selectivo CSC y CT-VB los cuales fueron incubados por 24 h a una temperatura de $44 \pm 1^\circ\text{C}$.

c) Aislamiento en medios de cultivo selectivos y diferenciales: Se prepararon tres medios (agar verde brillante, agar xilosa lisina desoxicolato y agar para *Salmonella - Shigela*) en cajas petri. Cuando el tiempo de incubación del medio de enriquecimiento finalizó, con un asa de platino se tomó una muestra del CSC y se inoculó en estrías en cada uno de los medios selectivos; proceso que se repitió con el CT-VB. Las cajas petri se incubaron en forma invertida durante 48 h a $35 \pm 2^\circ\text{C}$. Posteriormente, todas las colonias de las cajas petri fueron comparadas con las características específicas para *Salmonella* proporcionadas por el fabricante del medio de cultivo selectivo.

d) Identificación bioquímica: Las colonias sospechosas en los medios antes citados fueron inoculadas en medios inclinados de agar de tres azúcares y hierro (TSI) y agar de hierro y lisina (LIA), por estría en la superficie inclinada y por punción en el fondo. Se considera presunto positivo para *Salmonella* las colonias que en agar TSI presentan en el fondo del tubo un color amarillo con formación de gas y en la superficie del medio un color rojo más intenso que el medio original. En agar

LIA, son presunto positivo para *Salmonella* las colonias que intensifican el color púrpura en todo el tubo.

Análisis estadísticos

El estudio fue realizado a través de un modelo lineal generalizado cruzado clasificado fijo con el siguiente modelo matemático (Kuehl, 1994):

$$Y_{ijklmno} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha \times \beta)_{jk} + \delta_l + (\alpha \times \delta)_{il} + (\beta \times \delta)_{jl} + (\alpha \times \beta \times \delta)_{ilk} + \varepsilon_{ijklmno}$$

donde:

- $Y_{ijklmno}$ = variable de respuesta
 μ = media general
 α_i = efecto del tiempo de maduración
 β_j = efecto del tipo de empaque
 $(\alpha \times \beta)_{jk}$ = efecto de la interacción tiempo de maduración por tipo de empaque
 δ_l = efecto del grupo racial
 $(\alpha \times \delta)_{il}$ = efecto de la interacción tiempo de maduración por grupo racial
 $(\beta \times \delta)_{jl}$ = efecto de la interacción tipo de empaque por grupo racial
 $(\alpha \times \beta \times \delta)_{ilk}$ = efecto de la interacción tiempo de maduración por tipo de empaque por grupo racial
 $\varepsilon_{ijklmno}$ = error aleatorio.

La comparación de medias ajustadas fue realizada a través de una prueba "t".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 presenta los resultados del análisis combinado de varianzas para el efecto de la maduración y tipo de empaque sobre la terneza de la carne del ganado Cebú y sus cruces. Se obtuvieron efectos significativos ($P < 0.05$) en los factores tiempo de maduración, tipo de empaque, grupo racial y en la interacción tipo de empaque por grupo racial sobre la terneza, mientras que las interacciones tiempo de maduración por tipo de empaque, tiempo de maduración por grupo racial y tiempo de maduración por tipo de empaque por grupo racial no fueron significativas ($P > 0.05$), al igual que las repeticiones por muestra. El coeficiente de variación se considera aceptable para este tipo de estudio.

Efecto del tiempo de maduración

En el sistema proteolítico *post-mortem* participan tres mecanismos endógenos (Koochmaraie, 1994): las catepsinas lisosomales, las calpaínas dependientes de calcio y un complejo proteinasa-multicatalítico (MCP). La terneización de la carne producida por la acción de todo este sistema proteo-

CUADRO 1. ANÁLISIS DE VARIANZA (CUADRADOS MEDIOS) PARA EL EFECTO DEL TIEMPO DE MADURACIÓN Y TIPO DE EMPAQUE SOBRE LA TERNEZA.

	F de V	gl	CM
Repetición		4	1.606 ^{ns}
Tiempo de maduración		3	8.657*
Tipo de empaque		1	13.25*
Tiempo de maduración por tipo de empaque		3	3.734 ^{ns}
grupo racial		1	11.539*
Tiempo de maduración por grupo racial		3	1.239 ^{ns}
Tipo de empaque por grupo racial		1	9.039*
Tiempo de maduración por tipo de empaque por grupo racial		3	1.324 ^{ns}
Error		739	1.903
Total		758	-
CV, %		-	35.92

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

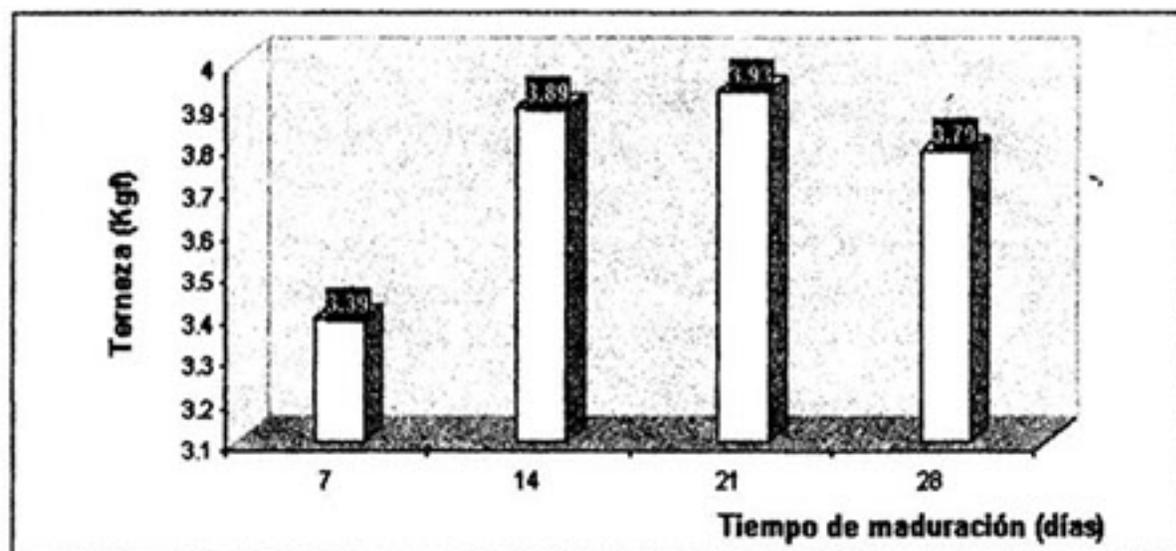


FIGURA 1. EFECTO DEL TIEMPO DE MADURACIÓN SOBRE LA TERNEZA DE LA CARNE DEL GANADO CEBÚ Y SUS CRUCES.

lítico durante el proceso de maduración se describe en la Figura 1.

El mayor efecto sobre la terneza de la carne ocurrió al día 7 de maduración ($P < 0.05$); resultado que coincide con el planteamiento de que la velocidad de tenderización es más alta entre los tres a siete días de maduración (Parrish, 1999). Madurar más de 28 días resulta poco beneficio para mejorar la palatabilidad y, muchas veces, incrementa factores no desea-

dos como cambios en la gustosidad y crecimiento bacteriano.

Efecto del tipo del empaque

La Figura 2 presenta los efectos del tipo de empaque sobre la terneza, en la cual se obtuvo la mejor terneza en la carne empacada al vacío (EV), con una diferencia favorable de 0.32 Kgf (8.18%) sobre la empacada en forma convencional (EC).

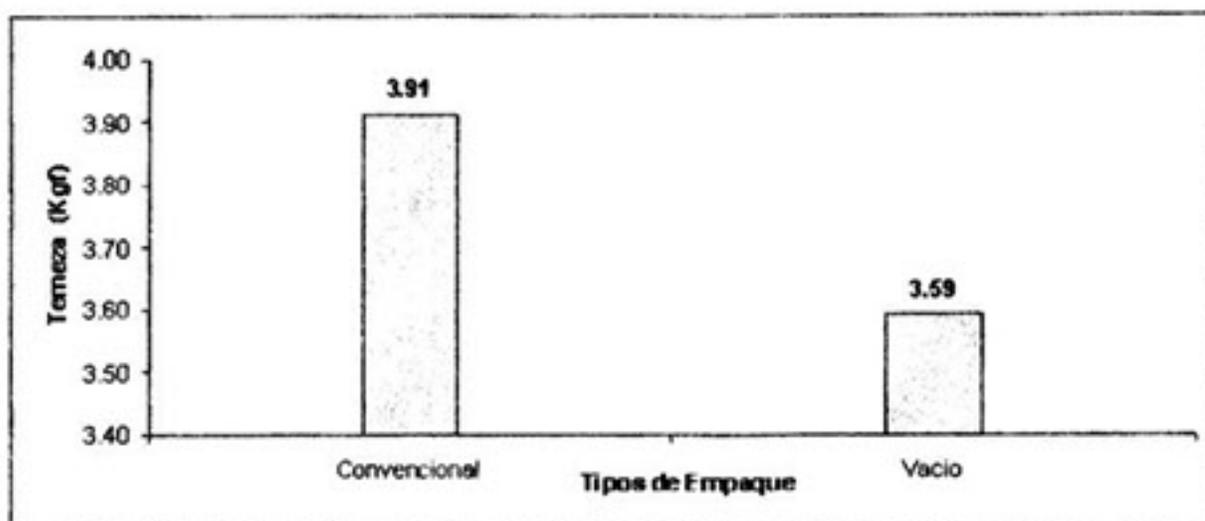


FIGURA 2. EFECTO DEL TIPO DE EMPAQUE SOBRE LA TERNEZA DE LA CARNE DEL GANADO CEBÚ Y SUS CRUCES.

El empackado al vacío modifica la atmósfera que está en contacto con la carne, disminuyendo la concentración de oxígeno en el interior del envase y aumentando el dióxido de carbono, como consecuencia de los procesos respiratorios de los tejidos y bacterias; transformaciones que limitan el creci-

miento de los gérmenes aerobios y prolongan la vida de anaquel. Estas ventajas permitieron que las muestras maduras en condiciones anaerobias mantuvieran los mejores valores de terneza durante todo el período de maduración (Figura 3).

Brooks y col. (2000) señalan que los consumidores prefieren cortes de lomo con valores WB < 3.0 Kgf. Bajo las condiciones descritas en este estudio se obtuvo un valor similar utilizando el empaque al vacío al día 7 de maduración. De igual manera, Gallinger y col. (1992) reportan una terneza de 2.88 Kgf en carne de animales $\frac{1}{2}$ Brahman \times $\frac{1}{2}$ Angus, maduras por siete días con empaque al vacío.

Efecto del grupo racial

Los resultados presentados en las Figuras 4, 5 y 6 generan un perfil de calidad de carne que puede observarse en el mercado con animales Cebuinos (Brahman) y cruzados (50% Brahman + 50% Simmental y 50% Brahman + 50% Charolais).

La mejor terneza se obtuvo en los animales cruzados (Figura 4) con una diferencia positiva de 0.3 Kgf (7.69%) sobre el Brahman. Estas diferencias se deben, en gran parte, a las variaciones que presentan las distintas razas en el metabolismo del músculo *postmortem* y a los grados de encaste en el bovino (Wheeler y col., 1990; Johnson y col., 1990; Whipple y col., 1990). Al respecto, Zamorano (1993) indica que la raza y cruce es un factor que modifica la textura de la carne y, por ende, la terneza, ya que el diámetro de la fibra muscular influye en el tamaño de los haces de fibras musculares y sobre el "grano" de la carne, existiendo una correlación negativa entre la terneza y el diámetro de la fibra muscular.

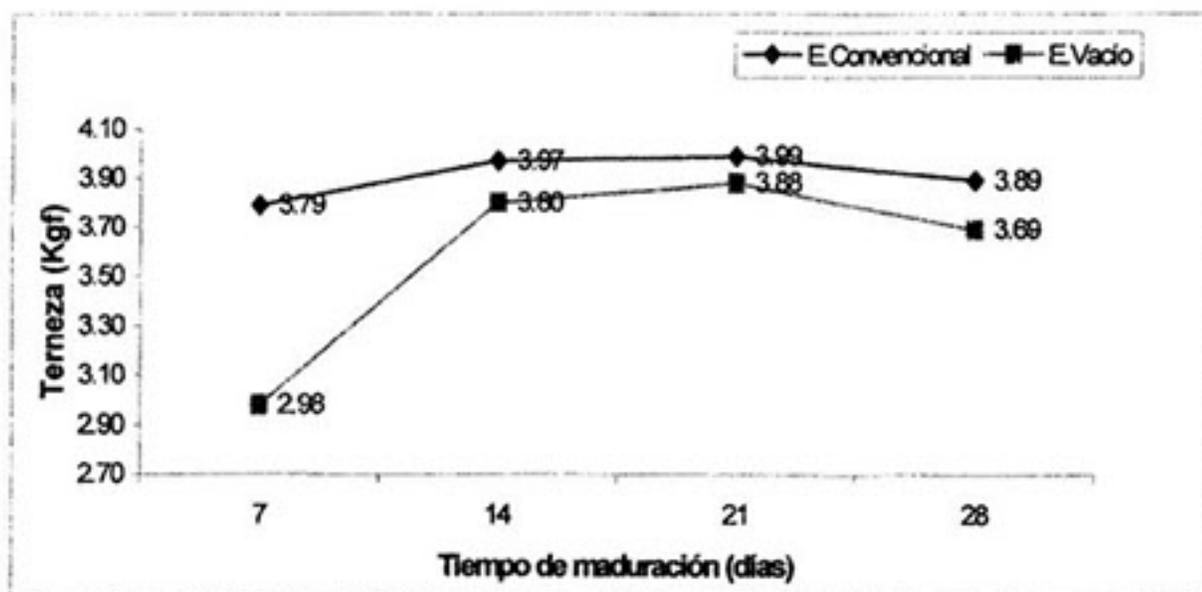


FIGURA 3. EFECTO DEL TIEMPO DE MADURACIÓN POR TIPO DE EMPAQUE SOBRE LA TERNEZA DE LA CARNE DEL GANADO CEBÚ Y SUS CRUCES.

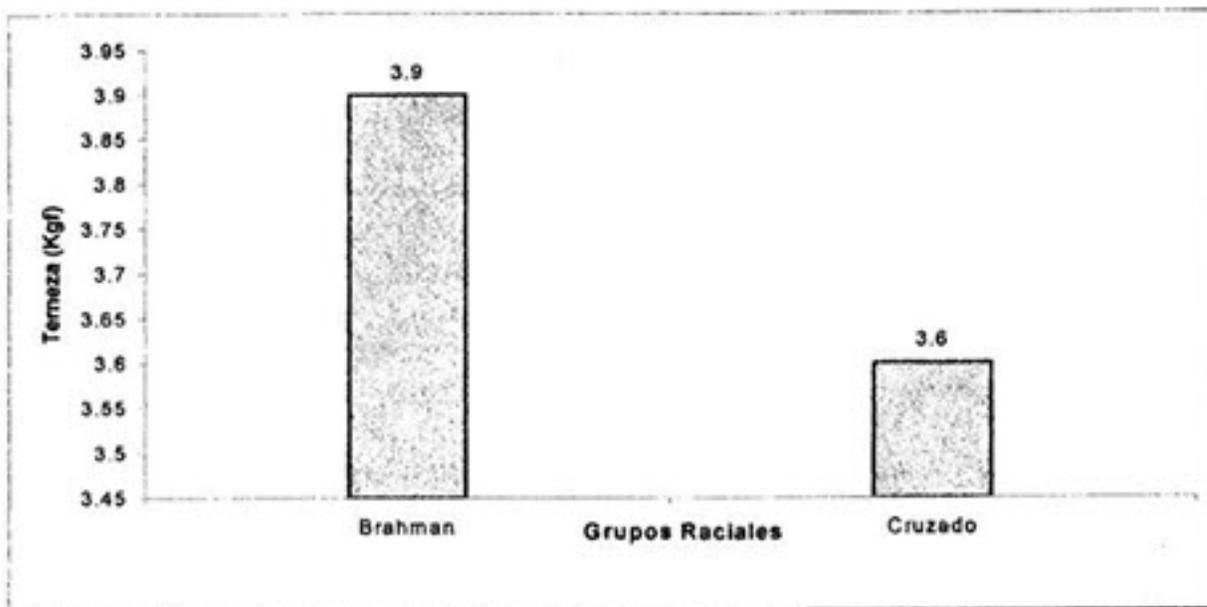


FIGURA 4. EFECTO DEL GRUPO RACIAL SOBRE LA TERNEZA DE LA CARNE BOVINA.

En ambos grupos raciales, el valor WB más bajo se obtuvo al día 7 de maduración (Figura 5) con una diferencia positiva para los animales cruzados de 0.38 Kgf (10.6%).

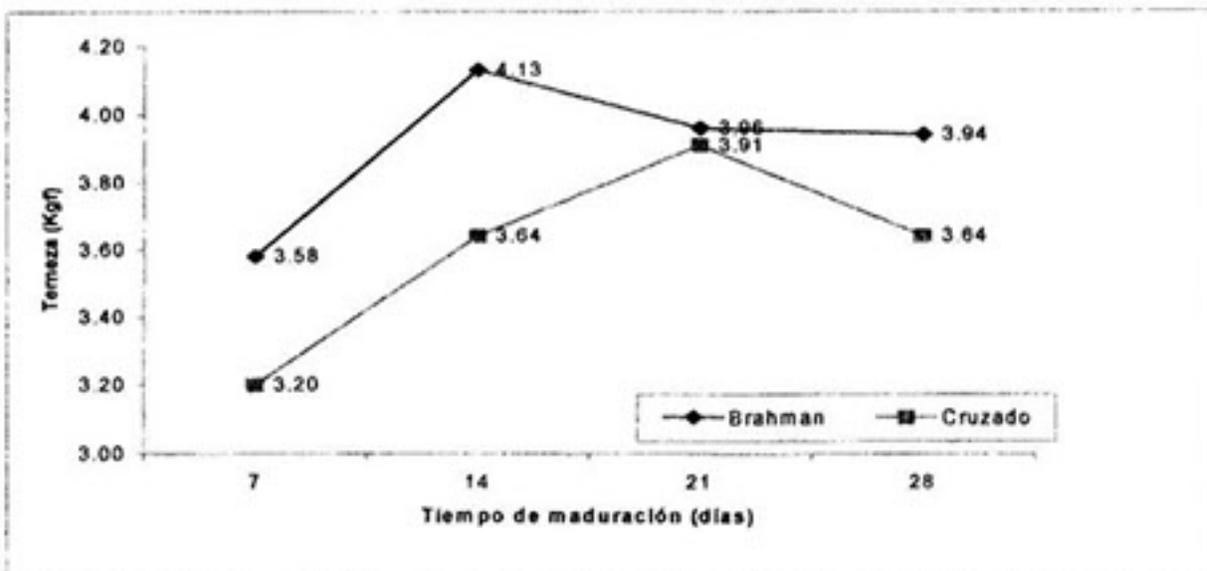


FIGURA 5. EFECTO DEL TIEMPO DE MADURACIÓN POR GRUPO RACIAL SOBRE LA TERNEZA DE LA CARNE BOVINA.

La alta variabilidad en la terneza del *Longissimus dorsi*, sumado a la tasa y extensión de la proteólisis y las variaciones dentro de una misma raza (Koochmarai y col., 2000) explican las tendencias observadas en la Figura 5. En general, las diferencias entre los tipos de razas tienden a decrecer o desaparecer con períodos largos de envejecimiento (Sañudo y col., 2004).

Por otra parte, Boleman y col. (1997) clasifican la terneza del *Longissimus dorsi* con base en la percepción de los consumidores así: tierno (2.27 a 3.58 Kgf), intermedio (4.08 a 5.40 Kgf) y duro (5.9 a 7.21 Kgf). Con base en este patrón de clasificación, la carne sin madurar utilizada en este trabajo se considera de terneza intermedia en el Brahman (5.13 Kgf) y sus cru-

ces (4.27 Kgf); esto refleja un mejoramiento en la terneza al madurar por siete días de 1.55 Kgf (30.2%) en el Brahman y 1.07 Kgf (25.1%) en los Cruzados. De igual manera, Gallinger y col. (1992) reportan incrementos en la terneza dentro de este rango en $\frac{1}{2}$ Brahman \times $\frac{1}{2}$ Angus de 4.06 a 2.88 Kgf (29%) entre muestras sin madurar y maduras por siete días.

No hubo variaciones de importancia en la carne empacada en forma convencional (Figura 6) entre el Brahman y los Cruzados, pero en la empacada al vacío la variación fue de 0.58 Kgf (14.9%), siendo bastante similar, el efecto entre ambos tipos de empaque en el Cruzado 0.60 Kgf (15.5%), mientras que el Brahman sólo fue de 0.06 Kgf (1.5%).

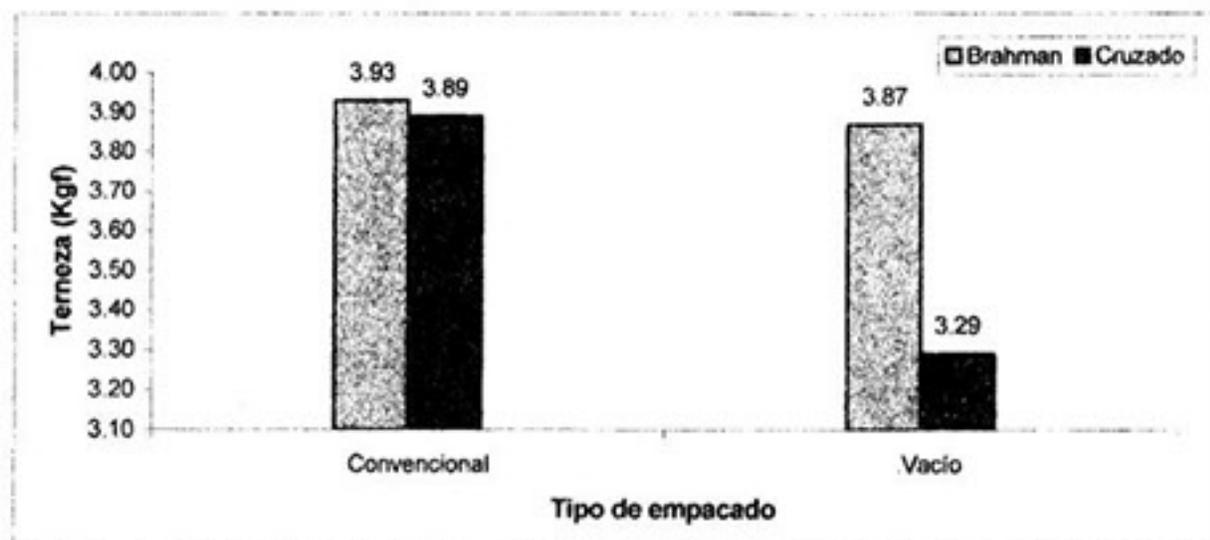


FIGURA 6. EFECTO DEL TIPO DE EMPAQUE POR GRUPO RACIAL SOBRE LA TERNEZA DE LA CARNE BOVINA.

En el proceso de maduración, la mejor terneza fue obtenida en la carne del Cruzado empacada al vacío (Cuadro 2) con un incremento de 22.7% (0.82 Kgf) con respecto al empaque convencional al día 7 de maduración. De igual manera, la terneza de la carne del Brahman se incremento en 20.1% (0.80 Kgf) por el uso del empackado al vacío. Al comparar la terneza entre los grupos raciales al día siete de maduración, los animales Cruzados presentaron una diferencia positiva de 0.39 Kgf (12.2%) en el empackado al vacío y de 0.37 Kgf (9.3%) en el empackado convencional.

Efecto de la temperatura y pH

El pH es uno de los factores de calidad que es modificado durante los cambios bioquímicos (Zamorano, 1993) de transformación del músculo a carne e influye en su calidad tecnológica, microbiológica y organoléptica.

La temperatura promedio de la canal en una hora *postmortem* fue de 37.4°C y a las 24 horas fue 10.8°C, no hubo diferencias entre grupos raciales ($P>0.05$) al igual que en los pH_{1h} y pH_{24h} (Cuadro 3).

El pH óptimo para la actividad enzimática de las catepsinas es ácido con un rango de 3.0 a 6.0 (Zeece y col., 1992) y las muestras de este estudio presentaron un pH_{24h} de 6.11 (Cuadro

4) al inicio del proceso de maduración en ambos tipos de empaque, lo que pudo limitar su efecto proteolítico. Sin embargo, Koohmaraie (1994) señala que no hay evidencias claras de que las catepsinas jueguen un papel importante durante la proteólisis *postmortem*.

Al respecto, Watanabe y Carric (1996) indican que las proteínas reguladoras intermedias titina y nebulina juegan un papel importante en la estabilidad de la estructura miofibrilar y describe que hay una lenta degradación de estas proteínas cuando el último pH oscila entre 6.0 y 6.4 en las primeras 48 horas *postmortem*, por lo que sugieren la existencia de una relación directa entre el último pH y la degradación de estas proteínas durante la maduración.

La temperatura de almacenamiento tiene un profundo efecto sobre la tasa y extensión de la proteólisis; para este trabajo se usó 0°C. En Estados Unidos, los tiempos de maduración oscilan entre 2 y 61 días y los rangos de temperatura oscilan entre -2.2 a 6.1°C (Brooks y col., 2000).

Efecto en la carga bacteriológica

En estos procesos es importante determinar el crecimiento bacteriológico (Cuadro 5) que ocurre durante cualquier combinación de tiempo, temperatura de almacenamiento y tipo de empaque.

CUADRO 2. TERNEZA (Kgf) DE LA CARNE BOVINA POR GRUPO RACIAL Y TIPO DE EMPAQUE Y TIEMPO DE MADURACIÓN.

Grupo Racial	Tipo de empaque	TERNEZA (Kgf)			
		7d	14d	21d	28d
Brahman	Normal	3.98	4.00	3.82	3.93
	Vacio	3.18	4.26	4.10	3.96
Cruzado	Normal	3.61	3.95	4.17	3.86
	Vacio	2.79	3.34	3.66	3.42

CUADRO 3. EFECTO DE LA RAZA SOBRE EL pH DE LA CARNE BOVINA A UNA (1) Y 24 HORAS *postmortem*.

Tiempo	Raza	pH
1 h	Brahman	6.38
	Cruzado	6.56
24 h	Brahman	6.17
	Cruzado	6.05

CUADRO 4. EFECTO DEL TIPO DE EMPAQUE Y TIEMPO DE MADURACIÓN SOBRE EL pH.

Tiempo de maduración	Tipo de empaque	pH
Día 1	Normal	6.11
	Vacio	6.11
Día 7	Normal	5.62
	Vacio	5.50

CUADRO 5. EFECTO DEL PROCESO DE MADURACIÓN Y TIPO DE EMPAQUE SOBRE LA CARGA BACTERIOLOGICA AL DÍA 7.

Microorganismos	<i>Empaque Convencional</i>	<i>Empaque al Vacío</i>
Mesófilos aerobios (Log UFC)	3.66	3.86
Coliformes totales (Log NMP)	1.66	2.65
Coliformes fecales (NMP)	0	0
<i>Salmonella</i> (25 g)	Negativo	Negativo

UFC = Unidades formadoras de colonias, NMP = Número más probable

La contaminación de los cortes durante el proceso de empackado es regular (Rodríguez, 1995), pero los conteos obtenidos (Cuadro 4) están dentro de los parámetros permisibles para dichos microorganismos y no representan riesgos para la salud pública. Generalmente, el empackado al vacío tiene ventajas sobre el empackado convencional en aerobiosis, porque su flora total aumenta lentamente, manteniendo un nivel satisfactorio después del almacenamiento, lo que indica que durante la preparación de esta fase del proceso hubo una ligera contaminación externa.

CONCLUSIONES

- ✱ La maduración mejora la ternera de la carne del ganado Cebú y sus cruces generando valor agregado a la misma.
- ✱ El empackado al vacío tiene mayor efecto sobre la ternera de la carne comparada con el empackado convencional durante el proceso de maduración.
- ✱ Al utilizar los procedimientos indicados, obtenemos carne tierna, ubicada dentro de los patrones como "Ternera garantizada".
- ✱ Mediante la maduración se puede obtener un producto cárnico con carga bacteriológica dentro de los

parámetros permitidos por salud pública.

RECOMENDACIONES

- ✱ Probar esta técnica usando carne proveniente de bovinos clasificados como tipo B y C, según el sistema establecido por la Comisión de Carne de Panamá.
- ✱ Durante el proceso de maduración es importante aplicar las buenas prácticas de manufactura para garantizar la inocuidad del producto final.

AGRADECIMIENTO

Al Matadero Chiriquí, S.A. por las facilidades brindadas en la toma de muestras y al Ing. José Almillátegui, por su apoyo con la empackadora al vacío. También al Ing. Noboru Mori y la Téc. Milagros Degracia por su participación en los muestreos a nivel de matadero.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, M.; MOREIRA DOS SANTOS, W. 2001. Evaluación de la ternera del bife angosto (músculo *Longissimus dorsi*) de bovinos machos enteros castrados mestizos Nelore. Facultad de Ciencias Veterinarias-UNNE, Corrientes - Argentina. Escuela de Veterinaria-

- UFMG Belo Horizonte-MG- Brasil. pp. 1-4.
- BOLEMAN, S.; MILLER, R; TAYLOR, J.; CROSS, H.; WHEELER, T.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.; MILLER, M.; WEST, R.; JOHNSON, D.; SAVELL, J. 1997. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *Journal Animal Science* 75: 1521-1524.
- BROOKS, J.; BELEW, J.; GRIFFIN, D.; GWARTNEY, B.; HALE, D.; HENNING, W.; JOHNSON, D.; MORGAN, J.; PARRISH, F.; REAGAN, J.; SAVELL, J. 2000. National beef tenderness survey - 1998. *Journal of Animal Science* 78: 1852-1860.
- GALLINGER, M.; MARCELIA, M.; GARCÍA, T.; LASTA, J.; ZANELLI, M.; GONZÁLEZ, B. 1992. Meat quality of Zebú cross-breeds: Sensory and mechanical evaluation CICV-INTA. Argentina. pp. 1-3.
- GUERRA, P. 2001. Proyecto de investigación y desarrollo en el mejoramiento del valor agregado de la carne bovina en la fase *post-mortem*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Proyecto SPA-12. Período 2001-2004. pp. 1-39.
- HERNÁNDEZ, J. 2000. Monitoreo microbiológico de organismos indicadores de sanidad en canales de res de un rastro de la ciudad de Chihuahua. Universidad Autónoma de Chihuahua. México. pp. 3-20.
- HUFFMAN, K.; MILLER, M.; HOOVER, I.; WU, C.; BRITTIN, H.; RAMSEY, C. 1996. Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed at home and restaurant. *Journal of Animal Science* 74: 91-97.
- JOHNSON, D.; HUFFMAN, R.; WILLIAMS, S.; HARGROVE, D. 1990. Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter end point palatability and muscle characteristics. *Journal Animal of Science* 68: 1980.
- KOOHMARAIE, M. 1994. Muscle proteinases and meta aging. *Meat Science* 36: 93-104.
- KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.; WHEELER, T. 2000. Las bases biológicas de la terneza de la carne. El Sitio de la Producción Bovina de Carne. Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina. pp. 1-3.

- KUEHL, R. 1994. Statistical principles of research design and analysis. University of Arizona. 2nd ed. Wadsworth Publishing Co. USA. 686 p.
- LAWRENCE, T.; KING, D.; OBUZ, E.; YANCEY, E.; DIKEMAN, M. 2001. Evaluation of electric belt grill, forced-air convection oven, and electric broiler cookery methods for beef tenderness research. *Meat Science* 58 (3): 239-246.
- PARRISH, F. 1999. Aging of beef. Beef facts: Meat Science. Series N°. Fs/ms011. National Cattlemen's Beef Association. Chicago, USA. p. 3.
- RODRÍGUEZ, H. R. 1995. Higiene y sanidad de las carnes de consumo. Las carnes en la nutrición y salud humana. Jornada de Actualización en la Academia Nacional de Medicina. CICV-INTA, Argentina. pp. 1-10.
- SANTIAGO, K. 2003. Diagnóstico estático sobre la preferencia de los consumidores de carne en Panamá. *Revista Ecos del Agro* 7 (87): 52.
- SAÑUDO, C.; MACIE, E.; OLLETA, J.; VILLARROEL, M.; PANEA, B.; ALBERTÍ, P. 2004. The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Science* 66 (4): 925-932.
- SAVELL, J. 2001. Standardized Warner-Bratzler shear force procedures for genetic evaluation. (En línea). Disponible en: <http://savell-j.tamu.edu/shearstand.html> Consultado el 24 de marzo del 2001.
- SECRETARÍA DE SALUD. 1995. Norma oficial mexicana NOM-114-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos. DOF 22/9/1995. pp. 1-5.
- WATANABE, A.; CARRIC, D. 1996. Effect of meta ultimate pH on rate of titin and nebulin degradation. *Meat Science* 42 (4): 407-413.
- WHEELER, T.; SAVELL, J.; CROSS, H.; LUNT, D.; SMITH, S. 1990. Effect of meta *postmortem* treatments on the tenderness of meat from Hereford, Brahman and Brahman-cross beef cattle. *Journal of Animal Science* 68: 3677-3686.
- WHEELER, T., SHACKELFORD, S.; KOOHMARAIE, M. 1998. Shear force procedures for meat tenderness measurement. Roman L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center. Agricultural Research Service. USDA. Clay Center, Nebraska. USA. pp. 1-6.

- WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M.; CROUSE, J.; HUNT, M.; KLEMM, R. 1990a. Evaluation of attributes that affect *Longissimus* muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science* 68: 2716-2728.
- ZAMORANO, J. 1993. Calidad de la carne y de la res bovina. Carnes rojas. *La Industria Cárnica Latinoamérica* 93: 22-32.
- ZEECE, M., WOODS, T.; KEEN, M.; REVILLE, W. 1992. Role of proteinases and inhibitors in *post-mortem* muscle protein degradation. *Reciprocal Meat Conference Proceedings*. pp. 45-51.

TOLERANCIA TÉRMICA DE ANIMALES CEBÚ Y SUS CRUCES EN SISTEMA DE CEBADA EN PASTOREO, EN EL BOSQUE HÚMEDO TRÓPICAL. GUALACA, PANAMÁ. 1999-2004 *

**Pedro Guerra M. ²; Manuel S. De Gracia ³; Ricaurte Quiel ⁴;
Milagros De Gracia ⁵; Iván Del Cid ⁶**

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Estación Experimental de Gualaca (EEG) (IDIAP, 1999 a 2004), ubicada en el Ecosistema de Gualaca Bajo (Bosque Húmedo Tropical), con el propósito de determinar la tolerancia al calor (TAC) de cinco grupos raciales utilizados en los sistemas de ceba en pastoreo. Los grupos raciales (GR) fueron: Criollo Guaymí (CRG); Brahman (BRH); ½ Simmental (MSM); ½ Charolais (MCH) y >½ Holstein (MHL). Los aspectos de interés fueron: información ambiental (temperatura ambiental, humedad relativa promedio e índice Temperatura-Humedad (THI); información en el animal: temperatura rectal (TR), frecuencia respiratoria (FR), frecuencia cardíaca (FC), largo del pelo (LP), temperatura de superficie corporal (T_{sc}), temperatura de emisión (T_{em}), grosor de la piel (GP) y área corporal (A). Se calcularon características de termorregulación: conducción (Q_c), convección (Q_{cv}), radiación (Q_r) y emisión (Q_e). La información se analizó por un modelo lineal fijo, cruzado, clasificado con desigual número de observaciones por subclases y con covarianza (THI). Las variables independientes fueron: época del año (EA, EBP = época de baja precipitación vs EAP = época de alta precipitación), grupo racial (GR) y su interacción. Se aplicaron técnicas de regresión simple y polinomial desde el origen. THI resultó significativo ($P < 0.05$) para FC y TR. La diferencia entre EA fue significativa ($P < 0.01$) en FC, FR, TR y LP, mientras que GR fue significativa para FR y TR ($P < 0.05$) y LP ($P < 0.01$). EA y GR no interactuaron ($P > 0.05$). MHL reportó más alta FC (78.97 latidos/min), TR (39.93°C) y LP (10.01 mm). Menores valores de FC, FR, TR y LP se registraron en EBP ($P < 0.05$) para todos GR. THI fue significativo para Q_c y Q_e ($P < 0.05$) y Q_r ($P < 0.01$), pero no para Q_{cv} ($P > 0.05$). La diferencia entre EA no fue significativa ($P > 0.05$) en Q_c , pero sí en Q_e ($P < 0.05$) y Q_r ($P < 0.01$). Las diferencias entre GR fueron $P < 0.01$ en todas las variables de termorregulación, pero EA y GR no interactuaron ($P > 0.05$). BRH utiliza más Q_c , mientras que MCH utiliza más Q_e . MSM utiliza más Q_r , pero CRG

* Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID) sobre Mejoramiento del Valor Agregado del Carne Bovina en la Fase Post Mortem. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).

² M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. Gerente del PID. IDIAP. CIA Occidental (CIAOc). Estación Experimental de Gualaca. e-mail: pguerra@idiap.gob.pa

³ Ph.D. Nutrición Animal. Profesor de Nutrición, Fisiología y Bioclimatología Animal. Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. CEIAT.

⁴ Ing. Agr. Zoot. IDIAP. CIA Occidental (CIAOc). Estación Experimental de Gualaca. Chiriquí. e-mail: rquiel@idiap.gob.pa

⁵ Téc. Pecuario. IDIAP. CIA Occidental (CIAOc). Estación Experimental de Gualaca. Chiriquí.

⁶ Asistente de campo. IDIAP. CIA Occidental (CIAOc). Estación Experimental de Gualaca. Chiriquí.

utiliza más Q_r y MHL el Q_a . Todos GR mostraron diferencias en Q_a ($P < 0.05$). FC, FR, TR, LP, Q_a y Q_c se ajustaron a funciones lineales ($P < 0.01$) con respecto a THI, mientras que Q_a y Q_r se ajustaron a funciones cuadráticas ($P < 0.01$). Correlación entre TR con FC y Q_a fueron medianas ($P < 0.05$), pero con FR, LP y Q_c fue baja ($P < 0.05$). FR sólo se asoció con Q_r y Q_c . Se concluye que existen diferencias notables en TAC entre GR y que está influenciada por EA. Futuros programas de cruzamiento deben basarse en razas tolerantes al calor y seleccionar sobre los que sobresalen en esta cualidad.

PALABRAS CLAVES: Cebú; ganado bovino; calor; resistencia a la temperatura; engorde; pastoreo; termorregulación; razas (animales); Panamá.

HEAT TOLERANCE OF ZEBU ANIMALS AND ITS CROSSES IN FATTENING GRAZING SYSTEMS, IN THE HUMID TROPICAL FOREST. GUALACA, PANAMÁ. 1999-2004.

The present study was conducted at the Agricultural Experimental Station of Gualaca (IDIAP, 1999 a 2004) located in the Lowland Gualaca Ecosystem (humid tropical forest), with the purpose of determining heat tolerance (TAC) of five racial groups used in grazing systems. The racial groups (GR) were: Criollo Guaymí (CRG); Brahman (BRH); $\frac{1}{2}$ Simmental (MSM); $\frac{1}{2}$ Charolais (MCH) y $> \frac{1}{2}$ Holstein (MHL). Aspects of interest were: environment: environmental temperature, average relative humidity and Temperature-Humidity Index (THI); information of animal: rectal temperature (TR), breathing frequency (FR), cardiac frequency (FC), long of the hair (LP), surface body temperature (T_{sb}), emission temperature (T_{scm}), skin thickness (GP) and body surface (A). Termorregulation traits were calculated: conduction (Q_c), convection (Q_r), radiation (Q_a) y emission (Q_e). Data were analyzed by a fixed linear model, cross classified with unequal observation per subclass and with a covariance (THI). Independent variables were: season of the year (EA, EBP = season of low precipitation vs EAP = season of high precipitation), racial group (GR) y its interaction. Simple and polynomial regression techniques from the origin were applied. THI was significant ($P < 0.05$) for FC and TR. Difference between EA was significant ($P < 0.01$) on FC, FR, TR and LP, while GR was significant for FR and TR (< 0.05), and LP ($P < 0.01$). EA and GR did not interact ($P > 0.05$). MHL had the highest FC (78.97 bits/min), TR (39.93°C) y LP (10.01 mm). Low values of FC, FR, TR and LP were found on EBP ($P < 0.05$) for all GR. THI was significant for Q_a y Q_c ($P < 0.05$) and Q_r ($P < 0.01$), but not for Q_e ($P > 0.05$). Difference between EA was not significant ($P > 0.05$) on Q_a , but was on Q_c ($P < 0.05$) and Q_e and Q_r ($P < 0.01$). Differences among GR were $P < 0.01$ on all termorregulation variables, but EA and GR did not interact ($P > 0.05$). BRH uses more Q_a , while MCH uses more Q_c . MSM utilized more Q_r , however, CRG utilized more Q_e and MHL, the Q_a . All GR showed differences on Q_e ($P < 0.05$). FC, FR, TR, LP, Q_a and Q_c were adjusted to linear functions ($P < 0.01$) on THI, but Q_a y Q_r were adjusted to quadratic functions ($P < 0.01$). Correlation of TR with FC and Q_a were medium associated ($P < 0.05$), but with FR, LP and Q_c were low ($P < 0.05$). FR was associated only with Q_r and Q_c . It was concluded that exists important differences in TAC among GR and that was influenced by EA. Future programs of crossbreeding should base on heat tolerant breeds and selection on those outstanding animals in this quality.

PALABRAS CLAVES: Zebu; beef cattle; heat; resistance at temperature; fattening; grazing; termorregulation; racial group; Panama.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de cría y ceba de Panamá se desarrollan en el trópico húmedo y en pastoreo, bajo condiciones de extrema deforestación. De acuerdo a Olson (1999) y Hansen y Aréchiga (1999), estas condiciones producen estrés calórico (fuerzas externas al animal homeotérmico que actúan para desplazar la temperatura corporal de su estado en reposo), el cual altera el comportamiento fisiológico (funciones celulares) y comportamiento del animal (reproducción y producción).

Para Berbigier (1989), el problema de la producción animal en el trópico es que las razas tolerantes al calor son de pobre producción, porque la tolerancia al calor implica una baja producción de calor (i.e. baja producción). En países del trópico y sub-trópico, se han estado utilizando dos estrategias para mejorar la eficiencia bioeconómica de estos sistemas de producción. Una de éstas es la utilización de razas bovinas que están genéticamente adaptadas al ambiente local (razas sintéticas, criollas y *Bos indicus*) y la segunda estrategia es alterar el ambiente para reducir la magnitud del estrés calórico y permitir que el ganado exprese su máximo potencial genético (Ames y Ray, 1983; Hansen y Aréchiga, 1999).

El uso de razas genéticamente adaptadas (Senepol, Bonsmara, Carora, etc.) o cruces entre razas *Bos*

taurus europeas con *Bos indicus* son útiles en áreas donde hay escasez de alimentos de alta calidad y los precios de los productos (leche y/o carne) son bajos o donde factores ambientales o económicos hacen que la utilización de razas europeas sean imprácticas (Hansen y Aréchiga, 1999; Madalena y col., 1990; McGlothen y col., 1995).

El Cebú (*Bos indicus*) es la raza predominante en nuestros sistemas de cría y ceba y ha mostrado tolerancia térmica a nuestro ambiente; sin embargo, presenta problemas de baja eficiencia productiva y reproductiva, así como en la calidad de la canal y la carne cuando se ha explotado en condiciones extensivas. La utilización de sistemas de cruzamiento entre razas *Bos taurus* con la raza local *Bos indicus* ha permitido elevar la tolerancia al calor y mejorar hasta cierto grado la eficiencia productiva y reproductiva, especialmente cuando el nivel de sangre *Bos taurus* está por debajo del 62.5% (Olson, 1999).

La tolerancia al calor, medida a través de la temperatura rectal, bajo estrés calórico, es un carácter cuantitativo que posee una heredabilidad entre 0.25 a 0.65 (Turner, 1982, 1984; Finch, 1986) y ligada al gen para la longitud del pelo (Olson, 1999), la cual junto con el color del pelo son características muy importantes para la termorregulación (Hansen y Aréchiga, 1999). Además, de acuerdo a Turner (1982) las correlaciones genéticas entre tempera-

tura rectal y medidas de fertilidad y crecimiento en ganado de carne son de -0.76 a -0.86, respectivamente.

La tolerancia térmica es parcialmente determinada por la habilidad del animal a aclimatarse a cambios de temperatura; y en este sentido, la aclimatación es una respuesta intermedia entre tolerancia y termorregulación. Además, los bovinos son animales homeotérmicos con temperatura corporal constante entre 37° a 40°C y endotérmicos, los cuales dependen de la generación de calor interno como una consecuencia de estar vivo y tener conversiones metabólicas en sus células constituyentes (Willmer y col., 2000).

La producción de carne bovina es menos afectada por el calor que la producción de leche (Berbigier, 1989), debido a que la producción de energía metabolizable para leche es más alta que para carne. Sin embargo, en Pana-

má, el uso de razas *Bos taurus* de regiones templadas son utilizadas con más frecuencias, aprovechándose las ventajas de la heterosis y complementariedad (Guerra y col., 2004abc), descuriéndose en procurar implementar cambios en el ambiente temporal (alimentación, salud y manejo del hato) y manipulaciones en el ambiente permanente (confort). Guerra y Quiel (2002) consideran que bajo las actuales condiciones climáticas, una raza o cruce ideal para nuestros sistemas bovinos de producción debe cumplir con los siguientes requisitos: eficiente productora y reproductora, rápido desarrollo, alta sobrevivencia y tolerante al calor.

Sin embargo, no se cuenta con información local sobre tolerancia térmica de razas y cruces bovinos utilizados en la producción de carne bajo condiciones de pastoreo en el trópico húmedo, por lo que el presente estudio se ejecutó con este objetivo principal.

CUADRO 1. INFORMACIÓN GENERAL CLIMÁTICA DEL ECOSISTEMA DE GUALACA BAJO POR ÉPOCA DEL AÑO. BOSQUE HÚMEDO TROPICAL.

Información	Años / Épocas							
	1998		1999		2000		2001	
	EBP	EAP	EBP	EAP	EBP	EAP	EBP	EAP
Precipitación, mm	120.0	3390.4	430.7	4344.8	188.5	3082.0	169.7	3514.3
Temperatura, °C	32.0	29.0	30.0	28.3	30.0	28.6	30.5	28.5
Evaporación, mm	222.2	112.6	183.9	113.9	182.9	103.8	*	*
Humedad Relativa, %	67.1	83.9	71.6	84.3	67.0	76.5	68.4	73.0

(a) Promedio de estaciones meteorológicas de David e IDIAP (Gualaca).

EBP = Época de baja precipitación. EAP = Época de alta precipitación.

(*) = No disponible.

MATERIALES Y METODOS

Localización: La fase de campo del estudio se realizó en la Estación Experimental de Gualaca (EEG), Chiriquí, del Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (IDIAP).

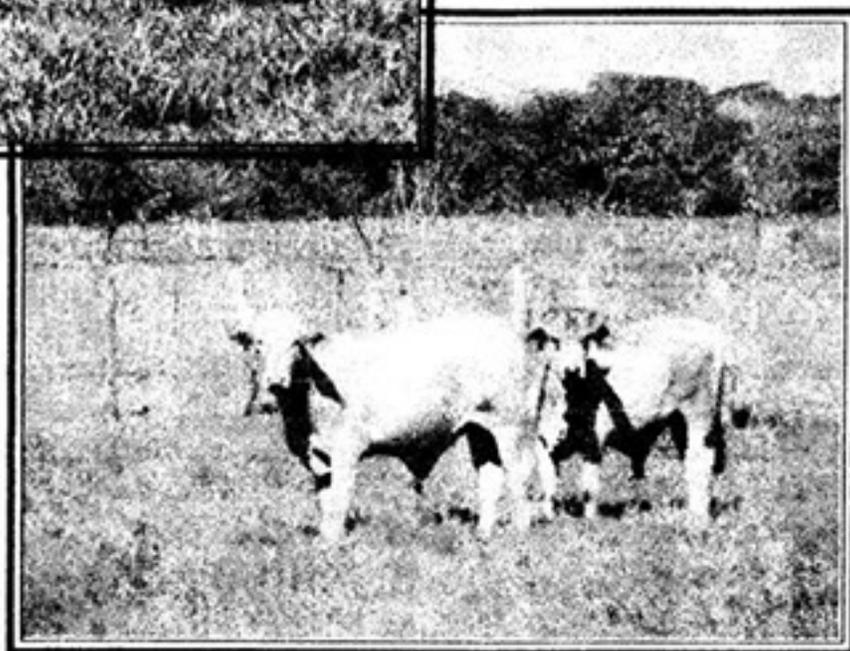
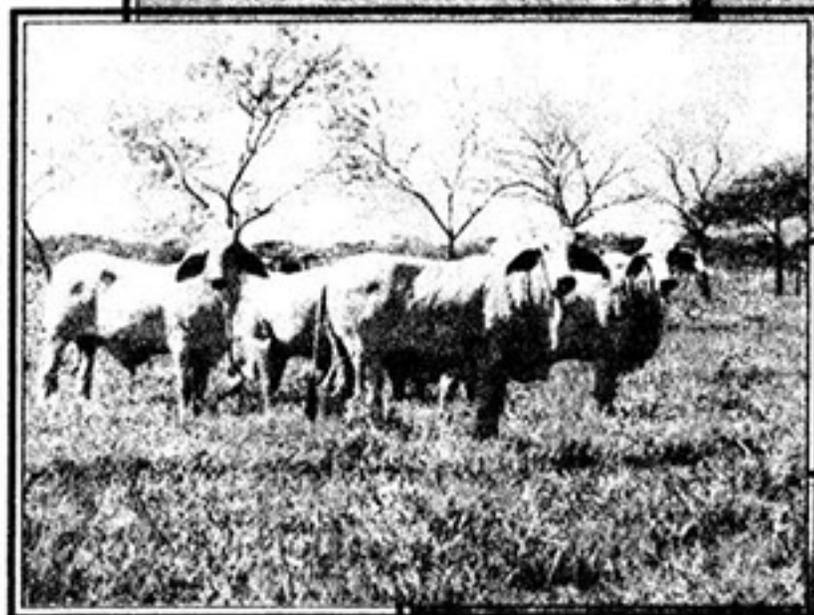
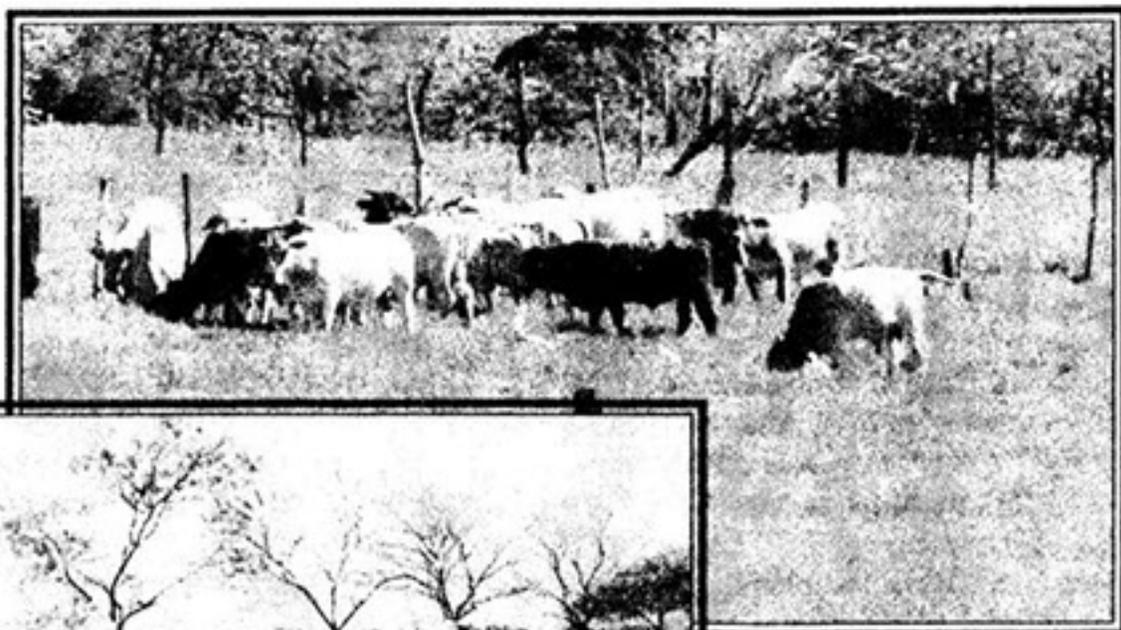
Duración del estudio: El estudio se realizó durante los años 1999 a 2001 y se complementó con información del año 2004. Para los años 1999 a 2001, la información para el estudio se tomó durante la época de alta precipitación (EAP) del 1 de mayo al 15 de diciembre y baja precipitación (EBP) del 16 de diciembre al 30 de abril, mientras que para el año 2004 sólo se tomó información en la época de alta precipitación.

Información del ecosistema: El ecosistema de Gualaca Bajo comprende el distrito de David, Dolega y Gualaca Bajo hasta una altura de 600 msnm. La EEG se eleva a 100 msnm, posee un suelo 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. De acuerdo con la clasificación de Holdridge, la EEG está ubicada en un bosque húmedo tropical (bh-T). La topografía del área varía de plana hasta moderadamente ondulada. La vegetación predominante está formada por pastizales y bosques secundarios.

El Cuadro 1 presenta la información climática resumida por época del año del ecosistema de Gualaca Bajo, obtenida de informes del departamento de Estadística y Censo de la Contraloría General de la República de Panamá (CGR) y de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S. A. (ETESA)

Grupos raciales: Se utilizaron 169 animales sin castrar distribuidos con un rango de peso de 340 a 450 kg. Los grupos raciales de los animales utilizados para el presente estudio fueron: *Bos taurus* adaptado representado por el Criollo Guaymí (CRG); *Bos indicus* representado por el Brahman (BRH); cruce doble propósito (*Bos taurus* doble propósito x *Bos indicus*) representado por ½ Simmental (MSM); cruce cárnico (*Bos taurus* carne x *Bos indicus*) representado por ½ Charolais (MCH); y cruce lechero (*Bos taurus* leche x *Bos indicus*) representado por >½ Holstein (MHL).

Pasturas y manejo: Durante los años de estudio, los animales pastorearon rotacionalmente praderas mixtas y puras de *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria dictyoneura* y *Digitaria swazilandensis*. La rotación dependió del tipo de pastura con rango de 3 a 7 días de pastoreo por 21 a 28 días de descanso.



Fertilización de las pasturas: La fertilización también varió de acuerdo al tipo de pastura con aplicaciones anuales de 60 a 80; 50 a 30 y 30 a 20 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. El nitrógeno se fraccionó en tres aplicaciones y el fósforo y potasio se aplicaron después de estabilizarse las lluvias.

Suplementación energética proteica: Para suplir los nutrientes 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, harina de pescado o soya y urea. 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 zeranol o una combinación de estrógeno + andrógeno al día 1 y 60 de iniciada la ceba.

Plan sanitario: Los animales fueron desparasitados interna y externamente. Cada 30 días se bañaban con una solución ectoparasiticida y cada 60 días, se desparasitaron internamente contra lombrices planas y redondas.

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

Información de interés: La información de interés en el presente estudio fue la siguiente:

a. Información ambiental: Para cada día de toma de información se utilizó la temperatura ambiental (termómetro de bulbo seco) y humedad relativa promedio del mes para calcular el Índice Temperatura-Humedad (THI) de acuerdo a NOAA (1976) citado por West (1994). Además, el THI ha sido el mejor índice en capturar la respuesta a estrés calórico en ganado de leche (Ravagnolo y col., 2000) y ganado de carne (Hammond y col., 1996)

$$\text{THI (t,HR)} = (1.8)t + 32 - (0.55)(0.55\text{HR})(1.8t - 26)$$

Donde: t es la temperatura ambiental (T_{amb}) en °C y HR es la humedad relativa en decimales.

b. Información en el animal: A cada animal experimental se le tomó la siguiente información:

(1) **Temperatura interna (T_i):** es la temperatura rectal y se midió a través de un termómetro de vidrio por un período de un minuto.

(2) **Frecuencia respiratoria (FR):** se contó la cantidad de inspiraciones observadas en la caja de las costillas en 15 segundos y se multiplicó por cuatro para obtener la frecuencia en un minuto.

(3) **Frecuencia cardíaca (FC):** a través de un estetoscopio se contaron los latidos cardíacos en 15 segundos y se multiplicó por cuatro para obtener la frecuencia en un minuto.

(4) **Largo del pelo (LP):** a la altura de las vértebras lumbares se tomaron muestras de pelo, cortados por medio de un bisturí. Se tomaron 10 pelos completos al azar para medirlos mediante un micrómetro.

(5) **Temperatura de la superficie corporal (T_s):** con un termómetro digital colocado encima de la piel a la altura de las vértebras lumbares se determinó la temperatura superficial durante un minuto de tiempo.

(6) **Temperatura de emisión ($T_{s\text{ cm}}$):** para determinar la cantidad de calor emitida por el cuerpo del animal; se tomó la temperatura irradiada ($^{\circ}\text{C}$) a la altura de las vértebras lumbares y a una distancia de 5 cm de la superficie corporal.

(7) **Grosor de la piel (GP):** mediante un instrumento "pie de rey" se midió el grosor del pliegue de la piel del animal. El valor obtenido se dividió por dos para obtener el grosor de la piel.

(8) **Area corporal (A):** para determinar el área corporal aproximada, se utilizaron las fórmulas presentadas por De Alencar Nããs (1989):

1. Para ganado Cebuino y Criollo:
 $A = 0.12W^{0.60}$

2. Para ganado Cruzado:
 $A = 0.15W^{0.56}$

Donde: A es el área (m^2) y W es el peso corporal (kg).

Cálculo de características de termoregulación: El calor es un sinónimo de la energía cinética total de todas las moléculas en los sistemas con temperaturas arriba del cero absoluto (-273°C), mientras que la temperatura es una medida de la energía cinética de las moléculas en un sistema (Louns, 1993). Este autor agrega que los bovinos poseen mecanismos que les permite ganar o perder calor y los más importantes son: conducción, convección, radiación y emisión de calor.

a. **Conducción:** es el proceso en el cual la energía térmica se transfiere por colisiones moleculares adyacentes a través del medio material (Tippens, 1980) o es el movimiento de calor por interacción de moléculas adyacentes sin la moción de masa del medio a través del cual la transferencia de energía toma lugar (Louns, 1993).

La fórmula para calcular la conducción térmica de acuerdo a la versión modificada de la Ley de Fick (Willmer y col., 2000) es:

$$Q_x = kA[(T_i - T_s)/l]$$

Donde: Q_k es la tasa de transferencia calórica por conducción (Kcal/m²·s); k es el coeficiente de conductividad térmica, el cual describe la facilidad con el cual el calor fluye por conducción a través de un material dado (para la piel bovina es 0.000002 Kcal/m·s·°C); A es el área de contacto del animal (m²); T_s es la temperatura corporal superficial (°C); T_i es la temperatura corporal interna (TR) o rectal (°C) y l es el grosor de la piel (m).

b. Convección: es el flujo de calor entre dos cuerpos por el movimiento de masa de un fluido interventor, ya sea líquido o gas (Willmer y col., 2000) o es el proceso por el cual el calor se transfiere mediante el movimiento real de un fluido (Tippens, 1980).

Para un animal en un fluido sin movimiento, la pérdida de calor se calcula a través de la siguiente fórmula (Louns, 1993):

$$Q_c = hA (T_s - T_i)$$

Donde: Q_c es el flujo de calor por convección (Kcal/s); h es el coeficiente de convección en Kcal/m²/s·°C ($h = 0.000493 \times (T_s - T_i)^{1/4}$); A es el área de contacto (m²); T_s es la temperatura de la superficie del animal (°C) y T_i es la temperatura del aire (°C).

c. Radiación: es el proceso por el cual el calor se transfiere en forma de ondas electromagnéticas (Tippens, 1980) o energía intercambiable por

medio de energía electromagnética la cual viaja a la velocidad de la luz y no necesita medio de propagación (Louns, 1993). La tasa de transferencia calor radiante entre un animal y su ambiente (Q_r) se calcula mediante:

$$Q_r = \{CA\epsilon[(T_s + 273)^4 - (T_{amb} + 273)^4]\}/w$$

Donde: Q_r es la tasa de pérdida de calor radiante (Kcal/m²·s), C es el coeficiente que incorpora la constante de Stefan-Boltzman (5.67×10^{-8} W/m² ·s·K⁴), A es el área de contacto (m²), ϵ es la constante de emisión ($\epsilon = 0.4$ para BRH y MCH; $\epsilon = 0.55$ para CRG y MSM; $\epsilon = 0.7$ para MHL), T_s es la temperatura de la superficie del animal (°C), T_{amb} es la temperatura ambiental (°C) y w es una constante ($1 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{°C} = 1.163 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$) para transformar watts (W) en Kilocalorías (Kcal).

d. Emisión de calor: es una medida del calor (Kcal/m²·s) transferido en forma de radiación a una distancia de 5 cm de la superficie corporal. La fórmula es la misma que la de la radiación sustituyendo T_{amb} por T_{5cm} en °C.

$$Q_e = \{CA[(T_s + 273)^4 - (T_{5cm} + 273)^4]\}/w$$

Análisis estadísticos de la información: La información de interés (FC, FR, TR y LP) y los indicadores de termoregulación (Q_k , Q_c , Q_e y Q_r) son las variables dependientes y se analizaron a través del siguiente modelo lineal fijo, cruzado clasificado con desigual núme-

ro de observaciones por subclases (Searle, 1971):

$$Y_{ijkm} = \mu + \beta_1(THI_i - THI_p) + \alpha_i + \tau_j + \tau_j^* \alpha_i + \varepsilon_{ijkm}$$

Donde: Y_{ijkm} es la variable dependiente; μ es la media general de la característica de interés; THI es el índice Temperatura-Humedad utilizado como covarianza, en la cual β_1 es el coeficiente parcial de regresión y $(THI_i - THI_p)$ es la desviación del THI en el momento i con el promedio (p) de THI; α_i es el efecto de la época del año (EA); τ_j es el efecto de grupos raciales (GR); $\tau_j^* \alpha_i$ es la interacción entre los grupos raciales y las épocas del año y ε_{ijkm} es el error aleatorio. Se estimaron medias ajustadas y errores estándar (Harvey, 1975) y se compararon a través de pruebas de t de student.

Las variables de respuestas tales como: FC, FR, TR, LP, Q_a , Q_c , Q_r y Q_s se analizaron a través de técnicas de correlación simple y regresión (lineal, lineal-cuadrática y cuadrática) sin intercepto con la variable independiente THI (Draper y Smith, 1981; Steel y Torrie, 1980). El mejor modelo de regresión para estimar y predecir se seleccionó de acuerdo a criterios como: significancia del modelo, significancia de los parámetros de la regresión, coeficiente de determinación, coeficiente de variación y distribución de los residuales. El nivel mínimo de significancia (α) para las correlaciones fue al 10%, mientras

que para los coeficientes de regresión fue al 5%. Los modelos de regresión evaluados fueron:

$$Y_{ij} = \beta_1(THI) + \varepsilon_{ij} \quad (\text{Lineal})$$

$$Y_{ij} = \beta_1(THI) + \beta_2(THI)^2 + \varepsilon_{ij} \quad (\text{Lineal-Cuadrático})$$

$$Y_{ij} = \beta_2(THI)^2 + \varepsilon_{ij} \quad (\text{Cuadrático})$$

Donde: β_1 y β_2 son los coeficientes parciales lineales y cuadráticos de la ecuación de regresión, respectivamente y ε_{ij} es el error aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a De Alencar Nãas (1989), el rango de temperatura ambiental admisible para períodos de larga exposición de bovinos de carne en pastoreo es de 4 a 26°C y la temperatura máxima admisible para períodos cortos de exposición es de 32°C; además, la temperatura ambiental ideal para producción está entre 13 a 18 °C. West (1994) ha informado que en ganado de leche, por cada 0.56°C de aumento en la temperatura corporal, el consumo de alimento se reduce de 1.4 a 1.8 kg. Los valores de temperatura ambiental reportados en el presente estudio (Cuadro 1 y 2) están por encima del rango recomendado, principalmente durante la EBP. Beede y Collier (1986) sostienen que un factor importante en la regulación de la temperatura corporal es la HR, ya que aunque existan temperaturas ambien-

tales termoneutrales, si la HR es alta (>80%) se puede producir tanto estrés calórico como cuando existan temperaturas ambientales altas y HR bajas. Al elevarse la HR, se reduciría la tasa de evaporación tanto por sudoración como a través del árbol respiratorio, lo que dificultaría la disipación de calor en el cuerpo y produciría un aumento de la temperatura corporal (West, 1994). Los valores de THI de acuerdo a las fechas de toma de información, a la temperatura ambiental y humedad relativa se presentan en el Cuadro 2.

Caballero Chacón y col. (1995) indican que en el estrés calórico se consideran tres etapas: ligero (THI 72-79); moderado (THI 80-89) y severo (THI 90-98). El rango de THI a excepción del 17 de septiembre de 1998, estuvo en la zona de estrés calórico moderado (THI entre 81.1988 a 83.0405), variando más en función de la temperatura que de la

humedad relativa. El menor valor de THI correspondió a un día en la EAP con la más baja T (Cuadro 2) e intermedia HR, mientras que el mayor valor ocurrió en la EAP, pero con alta T y baja HR. De acuerdo, a Ravagnolo y Misztal (2002) estos valores de THI influyen significativamente sobre la producción de leche y varía inclusive dentro de las regiones. Estos autores encontraron que los valores del nivel umbral de THI para producción de leche de vacas Holstein, en la parte norte y sur de Georgia (USA) fueron 72 y 76, respectivamente. Sin embargo, los valores de THI representativos del ecosistema de Gualaca Bajo están por encima de estos niveles umbrales, pero valores muy similares de THI (63 a 85) fueron reportados por Hammond y col. (1996) de un estudio realizado sobre tolerancia al calor en el subtropical de Florida con novillas Brahman, Angus, Hereford, Romosinuano, Senepol y cruces de HxS y SxH.

CUADRO 2. THI O ÍNDICE DE TEMPERATURA (T) Y HUMEDAD RELATIVA (HR) POR FECHA DE MUESTREO EN EL ECOSISTEMA DE GUALACA BAJO (ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE GUALACA, IDIAP).

Fecha	HR, %	T, °C	THI
16-sep-98	85.0	28.9	81.8734
17-sep-98	85.0	27.0	78.7335
06-abr-99	73.2	30.3	82.3332
27-dic-99	85.9	29.0	82.1682
30-mar-00	72.3	30.3	82.1919
26-ago-00	83.5	28.9	81.6587
26-oct-00	87.9	28.8	82.1203
17-ago-01	84.9	28.5	81.1988
01-jul-04	82.9	29.8	83.0405

Las medias ajustadas y errores estándar de las variables área corporal (A), temperatura de la superficie corporal (T_s), grosor de la piel (GP) y temperatura emitida a 5 cm (T_{5cm}) por grupo racial se presentan en el Cuadro 3.

La mayor A se encontró en los MSM, siendo apenas 0.085 m² mayor que el BRH, pero con una diferencia de 13.4% compararlos con los MHL (Cuadro 3). Por otra parte, los animales cruzados con Charolais (MCH) y con Simmental (MSM) registraron la mayor T y GP. Los MCH sobresalieron en 0.344°C a los MSM en T_s , pero superando grandemente en 1.167°C a los MHL. Además, los MSM presentaron más gruesa GP (0.408 mm) que los MCH; sin embargo, la diferencia en GP fue mayor (0.542 mm) con respecto a los BRH. La transferencia de calor a 5 cm de la superficie del animal (T_{5cm}), también fue mayor en los MSM, pero se observó que entre BRH y CRG así

como entre MCH y MHL, los valores fueron muy similares.

Los cuadrados medios del análisis de varianza para la Frecuencia Cardíaca (FC), Frecuencia Respiratoria (FR), Temperatura Rectal (TR) y Largo del Pelo (LP) se detallan en el Cuadro 4. El índice THI como covarianza resultó significativo ($P<0.05$) para FC y TR, pero no tuvo efecto alguno sobre FR y LP ($P>0.05$).

La diferencia entre las épocas del año (EA) fue muy notable ($P<0.01$) en las cuatro características (Cuadro 4), mientras que las diferencias promedios entre los grupos raciales (GR) difirieron significativamente entre sí con respecto a FR y TR ($P<0.05$), pero con alta significancia en LP ($P<0.01$); sin embargo, la diferencia entre GR no afectó a FC ($P>0.05$). En ninguna de estas cuatro características se encontró interacción entre la época del

CUADRO 3. AREA CORPORAL (A), TEMPERATURA CORPORAL SUPERFICIAL (T_s), GROSOR DE LA PIEL (GP), TEMPERATURA EMITIDA A 5 cm (T_{5cm}) POR GRUPO RACIAL.

Grupo Racial	Variables			
	A (m ²)	T_s (°C)	GP (mm)	T_{5cm} (°C)
Brahman, BRH	7.088±0.097	31.673±0.204	7.091±0.418	30.282±0.264
Criollo Guaymí, CRG	6.636±0.151	31.680±0.676	7.110±1.386	30.290±0.874
½ Charolais, MCH	6.821±0.131	32.267±0.276	7.225±0.566	29.500±0.873
½ Holstein, MHL	6.211±0.151	31.100±0.676	7.100±1.386	29.800±0.874
½ Simmental, MSM	7.173±0.180	31.933±0.390	7.633±0.800	30.400±0.505

CUADRO 4. CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FRECUENCIA RESPIRATORIA (FR), FRECUENCIA CARDÍACA (FC), TEMPERATURA RECTAL.

F de V	CM					
	gl	FC	FR	TR	gl	LP
THI	1	1182.2*	44.6ns	1.215*	1	13.25ns
Epoca del año, EA	1	1696.5**	5507.4**	9.536**	1	45.70**
Grupo Racial, GR	4	142.0ns	807.9*	0.752*	4	56.56**
EA*GR	4	219.5ns	389.0ns	0.322ns	4	8.80ns
Error	169	272.6	311.5	0.292	135	7.45
CV, %		20.8	23.6	1.400		33.30

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

* Diferencia significativa ($P < 0.05$).

año y los grupos raciales ($P > 0.05$), por lo que establecemos que ambas variables actuaron independientemente.

Los coeficientes de variación (CV) para FR y LP resultaron ligeramente altos; sin embargo, la literatura no reporta la variación encontrada en estos tipos de estudio, pero consideramos que el CV puede ser alto por la alta variabilidad genética debida a efectos heterocíclicos dentro de cada grupo racial.

A pesar de que no se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los grupos raciales, los MHL reportaron la más alta FC, siendo 7.8% y 5.9% más alta a la encontrada en los MSM y BRH, respectivamente (Cuadro 5). La diferencia entre CGR y MCH con respecto a MHL no fue muy marcada ($< 2.0\%$). El GR que más alta agitación (FR) registró fue el MHL, difiriendo ($P < 0.05$) del resto de los grupos, los cuales a su vez no difirieron entre sí ($P > 0.05$). La

menor FR se observó en los BRH, siendo ésta 33.1% menor que la observada en los MHL ($P < 0.05$). Las mayores temperaturas interna corporal (TR) se detectaron en los MHL y MSM ($P > 0.05$), siendo, en promedio superior ($P < 0.05$) a la TR de los BRH (0.4°C) y CRG (0.34°C), pero sin diferenciarse ($P > 0.05$) de la encontrada en MCH. La TR de los MSM y MCH no difieren ($P > 0.05$) de la encontrada en el CRG.

Basado en estos resultados, los animales MHL son los más estresados, mientras que los BRH muestran mayor tolerancia al calor seguido por CRG (Cuadro 5). Los animales MCH y MSM muestran una tolerancia al calor intermedio, ya que combina la mitad de sus genes del BRH con la otra mitad de las razas Charolais y Simmental, originarias de zonas templadas. Esto también se explica por el LP, siendo más largo en MHL seguido por MSM y MCH, aunque no difirieron entre sí

CUADRO 4 CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA

CUADRO 5. MEDIAS AJUSTADAS Y ERRORES ESTÁNDAR DE LA MEDIA PARA FC, FR, TR Y LP POR GRUPO RACIAL.

Características	Grupos Raciales				
	BRH	CRG	MCH	MHL	MSM
FC, latidos/min.	74.31±2.85a	77.44±3.27a	78.91±3.15 a	78.97±3.37 a	72.81±6.23 a
FR, insp./min.	44.67±3.04 b	48.73±3.50 b	48.10±3.36 b	59.48±3.60 a	47.98±6.66 b
TR, °C	39.52±0.09 b	39.58±0.11 b	39.65±0.10 ab	39.93±0.11 a	39.91±0.20 ab
LP, mm	6.15±0.48 c	7.83±0.54 b	8.91±0.55 ab	10.01±0.59 a	9.13±1.05 ab

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

($P>0.05$), pero el LP del MHL difirió ($P<0.05$) con respecto al BRH en 48.6% y en 21.5% con CRG.

La época del año influyó mucho en las características FC, FR, TR y LP dentro de los grupos raciales, pero no en todos. Menores valores de FC, FR, TR y LP (Cuadro 6) se registraron en la EBP comparado con aquellos encontrados en la EAP ($P<0.05$), para todos los grupos genéticos. Las mayores diferencias en EBP con respecto a EAP para FC, FR y TR se detectaron en animales MHL con 16.98 latidos/min, 27.57 inspiraciones/min y 0.92°C, respectivamente. Por otro lado, los animales MCH presentaron 3.34 mm más largo el pelo (LP) durante la EAP.

Hammond y col. (1996) señalan que el indicador más común de tolerancia al calor del bovino es la temperatura interna corporal medida como TR. Estos investigadores encontraron que los BRH mostraron adaptarse bien al verano del sub-trópico de Florida (TR=39.6°C) bajo condiciones de pastoreo, pero los anima-

les *Bos taurus* como Romo-sinuano (Criollo Colombiano) y Senepol presentaron menores TR (39.5 y 39.2°C, respectivamente). Por otra parte, los BRH tuvieron menor TR que razas *Bos taurus* de zonas templadas como Angus (40.4°C) y Hereford (40.2°C). En nuestros resultados, ningún grupo racial superó los 40°C, estando muy cerca el grupo MHL por su mayor encaste Holstein, el cual ha mostrado poca adaptabilidad a condiciones de estrés calórico (Ravagnolo y Misztal, 2000, 2002; Ravagnolo y col., 2000; Turner 1982, 1984). TR muy similar al Romosinuano se encontró en el CRG (Criollo Panameño) y BRH, lo cual nos indica la habilidad que tienen estos grupos raciales de mantener la TR cerca de 39.0°C durante las condiciones climáticas del estudio. Además, los MCH también mostraron esta habilidad, pero los MSM estuvieron más estresados. En Puerto Rico, rangos de TR y FR más bajos (39.1 a 39.3°C y 37.3 a 44.2 inspiraciones/min) también han sido reportados en novillas por Olson

CUADRO 6. MEDIAS AJUSTADAS Y ERRORES ESTÁNDARES DE LA MEDIA PARA FC, FR, TR Y LP POR GRUPO RACIAL Y ÉPOCA DEL AÑO.

Grupo Racial / Época del año	FC Latidos/min	FR Insp./min	TR °C	LP mm
Brahman, BRH				
EAP	81.29 ± 2.21 a	50.94 ± 2.36 a	39.72±0.07 a	6.43±0.42 a
EBP	67.33 ± 5.24 b	38.41 ± 7.33 b	39.31±0.23 b	5.86±0.87 a
Criollo Guaymi, CRG				
EAP	80.81 ± 3.62 a	56.37 ± 3.87 a	39.81±0.12 a	8.76±0.61 a
EBP	74.07 ± 7.30 a	41.09 ± 7.56 b	39.35±0.29 b	6.89±0.92 a
½ Charolais, MCH				
EAP	80.48 ± 3.40 a	51.20 ± 3.64 a	39.99±0.11 a	10.58±0.67 a
EBP	77.33 ± 5.24 a	45.01 ± 5.61 a	39.31±0.17 b	7.24±0.87 b
>½ Holstein, MHL				
EAP	87.46 ± 3.46 a	73.27 ± 3.70 a	40.39±0.11 a	10.21±0.72 a
EBP	70.48 ± 5.86 b	45.70 ± 6.26 b	39.47±0.19 b	9.82±0.98 a
½ Simmental, MSM				
EAP	74.89 ± 4.27 a	57.72 ± 4.57 a	40.37±0.14 a	9.99±0.82 a
EBP	70.73 ±11.69 a	38.25 ±12.50 a	39.46±0.42 b	8.28±1.94 a

Medias dentro de la misma celda y con la misma letra no difieren entre sí al (P>0.05).

EAP = Época de alta precipitación.

EBP = Época de baja precipitación.

(1999), al compararlos con animales Holstein (39.4 a 40.0°C y 64.6 a 83.6 inspiraciones/min) aún cuando la temperatura ambiental aumentó de 28.6 a 31.1°C.

Hammond (1993) y Hammond y col. (1996), al comprar en Florida entre épocas de diferentes años (verano vs otoño), encontraron que novillas y vacas BRH mantenían TR similares con rangos entre 39.4 a 39.6°C, mientras que los Romosinuano y Senepol bajaron la TR en 0.5 y 0.2°C al cambiar de verano a otoño y los Angus y Senepol en 0.9 y 1.0°C, respectivamente. En el presente estudio, las TR más bajas se encontraron durante la EBP, aun cuando se reportaron altas temperaturas ambientales, pero baja humedad. Además, los MHL y MSM llegaron a superar los 40°C durante la EAP, siendo mayormente afectados por la humedad relativa (>83%) y la temperatura ambiental (>27.0°C). En el estudio de Hammond y col. (1996), la TR y HR durante el verano fue de 32.8°C y 64.5%, respectivamente.

Estudio realizado por Ferrer y col. (1982) en Cuba con 3/4 Holstein y 5/8 Holstein también encontraron que la TR fue menor en la época seca (39.52 ± 0.37 y 39.64 ± 0.39 °C, respectivamente) que en la época lluviosa (39.71 ± 0.33 y 39.77 ± 0.33 °C, respectivamente). Estos valores de TR en la época seca son bastante similares al encontrado en este estudio con los MHL, pero

se diferencian hasta por 0.68°C en la época lluviosa. Por otra parte, estudios realizados en New Zeland por Jonhson y col. (1958) citados por Folk y col. (1998) encontraron que el bovino (*Bos taurus*) es muy sensible a la temperatura ambiental; así, la TR comenzó a aumentar desde una temperatura ambiental de 25°C, para cuando la temperatura ambiental alcanzó los 30°C, la TR fue de 39.1°C y cuando alcanzó los 40°C, la TR fue de 41.3°C.

Bianca (1963) reportó que existe una alta variación entre individuos con respecto a la asociación entre tolerancia al calor y jadeo en el ganado bovino. Robertshaw (1987), citado por Hammond y col. (1996), sugirió que la FR puede ser una medida de jadeo y más apropiado indicador de estrés calórico que la TR; sin embargo, en el presente estudio se reportan ambas medidas y se defina cuál sería el mejor indicador de estrés calórico. De acuerdo con los resultados de Hammond y col. (1996), los BRH reportaron 36 y 30 inspiraciones/min en verano e invierno, respectivamente; mientras que en este estudio los BRH registraron mayores valores durante EAP y EBP.

Por otro lado, *Bos indicus* adaptados como el Romosinuano y Senepol registraron 55 y 57 inspiraciones/min en verano, siendo similar al CRG, pero en la EAP; mientras que en invierno se detectaron valores de 39 y 37 inspiraciones/min, para ambos grupos, cerca-

nos a la FR encontrada en CRG en EBP. Los Angus y Hereford tuvieron FR de 69 y 64 inspiraciones/min en verano, muy por debajo de la FR de los MHL en la EAP, pero FR de 51 y 45 inspiraciones/min en invierno, cercana a la FR de los MHL en EBP. Turner (1980) atribuye la más baja FR en los BRH a diferencias en ciertas variables hematológicas como concentración de cortisol plasmático y número de eritrocitos. En los BRH, este autor encontró valores más altos en comparación con algunas razas *Bos taurus* británicas y una mayor capacidad transportadora de oxígeno. Además, reportes de la literatura y nuestros resultados indican que el BRH tiene la característica de presentar baja FR independientemente de la época del año.

En el trabajo de Ferrer y col. (1982), la FR también fue mayor en la época lluviosa, pero el valor encontrado en los MHL fue muy superior a las 47.49 ± 6.53 y 48.21 ± 7.37 inspiraciones/min de los $\frac{3}{4}$ Holstein y $\frac{5}{8}$ Holstein, respectivamente. Además, estos grupos en la época seca presentaron FR de 45.68 ± 7.10 y 44.59 ± 7.83 inspiraciones/min, respectivamente, siendo la FR de los MHL similar al de los $\frac{3}{4}$ Holstein.

Con respecto a LP, Ferrer y col. (1982) también encontraron que los animales $\frac{3}{4}$ Holstein y $\frac{5}{8}$ Holstein presentaron LP más cortos en la época seca que en la época lluviosa (12.70 ± 2.48 vs 20.12 ± 2.79 ; y 18.89 ± 2.53 vs

14.21 ± 3.33 , respectivamente). Olson y col. (1998) han evidenciado la existencia de un gen mayor que influye sobre la presencia de la capa con pelo ralo y tolerancia al calor en animales *Bos taurus* como el Senepol. Además han señalado que la reducción potencial en la TR debido a condición del pelo ralo pudiera ser de aproximadamente 0.5°C .

El THI funcionó como covariable (Cuadro 7) en características como Q_w , Q_c y Q_r ($P < 0.01$), pero no fue así en Q_o ($P > 0.05$). Además, la diferencia entre épocas del año (EA) no resultó significativa ($P > 0.05$) en Q_x , pero significativa ($P < 0.05$) en Q_w y altamente significativa en Q_c y Q_r ($P < 0.01$). Las diferencias entre los grupos raciales (GR) resultaron altamente significativas ($P > 0.01$) en todas las variables de termo regulación (Cuadro 7). Similarmente, al ANAVA del Cuadro 4, no existió interacción entre las épocas del año y los grupos raciales ($P > 0.05$). Por otra parte, todos los CV estuvieron por debajo del 16%, lo cual es considerado muy aceptable.

La mayor pérdida de calor por conducción (Q_w) se observó en animales BRH (Cuadro 8) con muy poca diferencia ($P > 0.05$) con MSM ($0.0006 \text{ Kcal/m}^2\cdot\text{s}$), pero una marcada diferencia ($P < 0.05$) con CRG ($0.0012 \text{ Kcal/m}^2\cdot\text{s}$); con MCH ($0.0023 \text{ Kcal/m}^2\cdot\text{s}$) y con MHL ($0.0008 \text{ Kcal/m}^2\cdot\text{s}$). Basado en estos resultados, el BRH y MSM liberan más calor a través de la conducción térmica, mientras que el MCH utiliza menos este

mecanismo con una diferencia significativa ($P < 0.05$) con respecto al resto de los grupos raciales. Esta mayor Q_k del BRH se asocia a un menor grosor de la piel (GP) y LP; además de la segunda mayor área corporal (A) con respecto a los otros grupos. Sin embargo, el MCH es de intermedio GP y LP, pero mayor A.

Los animales MCH fueron los que mostraron mayor pérdida de calor por convección (Q_c) superando ($P < 0.05$) en 0.0072, 0.0039 y 0.0031 Kcal/m²·s a MHL, CRG y BRH, respectivamente (Cuadro 8). Además, los MSM apenas difirieron de los MCH en 0.0013 Kcal/m²·s ($P > 0.05$), pero liberaron más calor por convección ($P < 0.05$) que los BRH y CRG en 0.0018 y 0.0026 Kcal/m²·s, respectivamente; sin embargo, entre estos dos grupos raciales no se detectaron diferencias significativas ($P > 0.05$). La

mayor liberación de calor por convección en los MCH se atribuye a la mayor T_a e intermedia A, mientras que los MSM presentaron la segunda mayor pérdida de calor por convección por su T_a , y mayor A.

Todos los grupos raciales mostraron diferencias ($P < 0.05$) entre sí al emitir calor a 5 cm de la superficie corporal (Q_{sc}). Los animales MCH liberaron mayor cantidad de calor que los BRH, CRG, MHL y MSM en 45.9, 31.6, 24.9 y 16.3%, respectivamente (Cuadro 8). Esta mayor liberación de Q_{sc} en los MCH, también, se relaciona con la mayor T y A, pero menor T_{scm} con respecto al resto del grupo. Los animales con menor Q_{sc} fueron los BRH por la menor diferencia entre T_a y T_{scm} .

Con una marcada diferencia ($P < 0.05$), los animales MSM emitieron mayor Q_r que el resto de los grupos raciales (Cuadro 8), superando a los MCH, MHL y BRH en 1.218, 1.671 y 1.977 Kcal/

CUADRO 7. CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PÉRDIDAS CALÓRICAS POR CONDUCCIÓN (Q_k), CONVECCIÓN (Q_c), EMISIÓN DE CALOR (Q_{sc}) Y RADIACIÓN CALÓRICA (Q_r).

F de V	gl	CM			
		Q_k	Q_c	Q_{sc}	Q_r
THI	1	2.33x10 ⁻⁵ *	1.21x10 ⁻³ **	0.3646 ns	177.9108 **
Epoca del año, EA	1	5.00x10 ⁻⁶ ns	5.84x10 ⁻⁴ **	0.5007 *	120.4316 **
Grupo Racial, GR	4	2.065x10 ⁻⁵ **	1.36x10 ⁻⁴ **	18.8636 **	9.9712 **
EA*GR	4	6.60x10 ⁻⁶ ns	3.36x10 ⁻⁶ ns	0.1524 ns	2.6106 ns
Error	144	4.34x10 ⁻⁶	3.04x10 ⁻⁶	0.1229	0.6993
CV, %		13.60	15.70	10.3000	15.8000

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

* Diferencia significativa ($P < 0.05$).

m², respectivamente. Los animales CRG también difirieron ($P < 0.05$) en 0.588 y 0.894 Kcal/m² de los MHL y BRH, respectivamente. Sin embargo, no hubo diferencias ($P > 0.05$) entre MSM y CRG (1.083 Kcal/m²). La mayor Q_r en los MSM también se atribuye a la segunda mayor T_a y mayor A y GP.

De los mecanismos más importante que utiliza el bovino para liberar calor, los animales BRH utilizan más la conducción térmica seguido por la convección térmica; mientras que los animales MCH utilizan más la convección y en segundo, la radiación térmica. Los animales MSM liberan calor a través de los tres mecanismos, pero se inclina más por la radiación térmica. Los CRG y MHL no son tan eficientes en estos mecanismos de liberación de calor comparado con los otros grupos genéticos, pero los CRG utilizan más la radiación térmica y los MHL la conducción.

En los cinco grupos raciales no existió diferencias ($P > 0.05$) entre EAP y EBP para la variable Q_k (Cuadro 9). Sólo los BRH registraron mayores va-

lores de Q_k durante EBP, pero la diferencia entre épocas fue de 0.0008 Kcal/m²·s. La mayor diferencia entre épocas se observó en los MHL (0.0017 Kcal/m²·s), seguida por los MCH (0.0013 Kcal/m²·s). Además, los BRH liberaron más Q_k en las dos épocas en comparación con los otros grupos raciales.

Por el contrario, para Q_c existieron diferencias marcadas ($P < 0.05$) entre EAP y EBP en los cinco grupos raciales (Cuadro 9). Además, de acuerdo con los resultados hay más liberación de calor a través de la conducción durante EAP en los grupos raciales estudiados. La mayor Q_c en EAP y EBP se registraron en animales MCH, con diferencias altamente significativas (0.0064 Kcal/m²·s) entre ambas épocas. Sin embargo, esta diferencia fue menor en animales MHL (0.0042 Kcal/m²·s), siendo el grupo racial de menor pérdida de Q_c en ambas épocas.

La mayor emisión de calor (Q_c) ocurrió en EBP (Cuadro 9), encontrándose los mayores valores en MCH, pero una diferencia entre EAP y EBP de apenas

CUADRO 8. MEDIAS AJUSTADAS Y ERRORES ESTÁNDARES DE LA MEDIA PARA (Q_k), (Q_c), (Q_r) Y (Q_e) POR GRUPO RACIAL.

Características	Grupos Raciales				
	BRH	CRG	MCH	MHL	MSM
Q_k , Kcal/m ² ·s	0.0162±0.0004a	0.0150±0.0004 b	0.0139±0.0004 c	0.0154±0.0004 b	0.0156±0.0008 ab
Q_c , Kcal/m ² ·s	0.0097±0.0003 b	0.0089±0.0004 b	0.0128±0.0003a	0.0056±0.0004 c	0.0115±0.0005 a
Q_r , Kcal/m ² ·s	2.227 ±0.052 e	2.815 ±0.064 d	4.119 ±0.058 a	3.094 ±0.065 c	3.448 ±0.060 b
Q_e , Kcal/m ² ·s	3.489 ±0.145 c	4.383 ±0.151 ab	4.248 ±0.138 b	3.795 ±0.156 c	5.466 ±0.270 a

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

1 Kcal/m²·°C = 1.163 W/m²·°C.

CUADRO 9. MEDIAS AJUSTADAS Y ERRORES ESTÁNDARES DE LA MEDIA PARA (Q_x), (Q_y), (Q_z) Y (Q_r) POR GRUPO RACIAL Y ÉPOCA DEL AÑO.

Grupo Racial / Época del año	Q_x Kcal/m ² ·s	Q_y Kcal/m ² ·s	Q_z Kcal/m ² ·s	Q_r Kcal/m ² ·s	
Brahman, BRH	EAP	0.0158±0.0003 a	0.0125±0.0003 a	2.117±0.043 a	4.246±0.103 a
	EBP	0.0166±0.0007 a	0.0069±0.0006 b	2.337±0.096 b	2.732±0.227 b
Criollo Guaymí, CRG	EAP	0.0152±0.0006 a	0.0116±0.0005 a	2.753±0.082 a	5.508±0.194 a
	EBP	0.0149±0.0007 a	0.0063±0.00006 b	2.948±0.101 a	3.257±0.239 b
½ Charolais, MCH	EAP	0.0145±0.0004 a	0.0155±0.0004 a	4.115±0.065 a	5.127±0.154 a
	EBP	0.0132±0.0007 a	0.0091±0.0006 b	4.123±0.096 a	3.368±0.227 b
>½ Holstein, MHL	EAP	0.0162±0.0005 a	0.0077±0.0004 a	3.120±0.079 a	5.296±0.188 a
	EBP	0.0145±0.0007 a	0.0035±0.0006 b	3.067±0.107 a	2.295±0.253 b
½ Simmental, MSM	EAP	0.0156±0.0005 a	0.0144±0.0004 a	3.254±0.079 a	6.545±0.185 a
	EBP	0.0155±0.147 a	0.0087±0.0012 b	3.643±0.213 b	4.387±0.506 b

Medias de la misma letra no difieren entre sí (P>0.05).

EAP = Época de Alta Precipitación.

EBP = Época de Baja Precipitación.