



INIA
Instituto Nacional
de Investigaciones
Agrícolas

Zootecnia Tropical

ISSN: 0798 - 7269

AÑO 26 VOL. 26 No. 4 2008



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS - VENEZUELA

ZOOTECNIA TROPICAL

**Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
Maracay, Venezuela**

http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/ZootecniaTropical/zooinde.htm

Portada: Bovinos pastoreando en el estado Guarico, Venezuela.
(Cortesía Ing. Rafael Alejo Hernández)

El Comité Editorial de la Revista Zootecnia Tropical agradece el apoyo financiero otorgado por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) para la edición de este Número.

Esta revista esta incluida en la colección Scielo Venezuela (www.scielo.org.ve)

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS
ZOOTECNIA TROPICAL

Dr. Yván Gil
PRESIDENTE

Dra. Jorman Rodríguez
GERENTE GENERAL

Dr. Luís Dickson
GERENTE DE INVESTIGACIÓN

Ing. David A. Diaz
GERENTE DE NEGOCIACIÓN TECNOLÓGICA

COORDINACIÓN EDITORIAL REVISTA ZOOTECNIA TROPICAL

Dr. José L. Gil
EDITOR JEFE

Dr. Néstor E. Obispo
EDITOR ASISTENTE

Rosa Terán
SECRETARIA

EDITORES ASOCIADOS

Sección Fisiología y Reproducción
Dra. Thais Díaz (UCV, Fac. Cien. Vet.)

Sección Nutrición
Dra. Susmira Godoy (INIA)

Sección Piscicultura y Acuicultura
- Dr. José Alió (INIA)

Sección Pastos y Forrajes
Ing. M.Sc.. Freddy Espinoza (INIA)

Sección Sanidad
Dr. Nestor E. Obispo (INIA)

Sección Genética
Dr. Gonzalo Martínez (UCV, Fac. Agron.)

CONSEJO ASESOR

Dr. Carlos Lascano (Colombia)

Dr. Rainer Schultze-Kraft (Alemania)

Dra. Alicia Rabasa (Argentina)

Dr. Manuel Fondevilla (España)

Dr. Lee McDowell (EEUU)

Dr. Alcidez De Amorin (Brasil)

Dr. Julio Lee (Cuba)

Dr. Rony Tejos (Venezuela)

Dr. Rodolfo Vaccaro (Venezuela)

Dr. Ricardo Bitter (Venezuela)

Dr. Armando Fuentes (Venezuela)

M Sc. Julio Rodríguez (Venezuela)

Dra. Josefina Combellas (Venezuela)

Toda correspondencia debe dirigirla a: REVISTA ZOOTECNIA TROPICAL. INIA, Apartado Postal 4653. Maracay 2101, estado Aragua, Venezuela.

Direcciones electrónicas: zootrop@inia.gob.ve; jgil@inia.gob.ve; nobispo@inia.gob.ve

VALOR DE LA SUSCRIPCIÓN:

VENEZUELA (Bs F.)

EXTERIOR (US \$)

Un año: 65,00

One year: 75.00

Ejemplar: 15,00

Incluye gastos de manejo y envío por vía terrestre para Venezuela y correo marítimo para el Exterior

ZOOTECNIA TROPICAL

ISSN: 0798 -7269 Dep. Legal: pp. 198302AR214

Revista trimestral del Instituto nacional de Investigaciones Agrícolas, Venezuela

Sitio Web: <http://www.ceniap.gob.ve/pbd/RevistasCientificas/ZootecniaTropical/zoindex.htm>

COMITÉ *Ad hoc*

Los artículos publicados en ZOOTECNIA TROPICAL son sometidos a un proceso de
Arbitraje Científico Externo

BOARD OF SCIENTIFIC REVIEWERS

Articles published in ZOOTECNIA TROPICAL are submitted to
Scientific Reviewers

**ZOOTECNIA TROPICAL / (FONAIAP) Fondo Nacional de
Investigaciones Agropecuarias. Vol. 1 N° 1-2. 1983**

Continuación a partir de 1983 de la Serie Zootécnica de
la revista Agronomía Tropical, Vol. 29 N° 6, 1979

INDIZACIÓN

C.A.B. International (U.K.), Biosis Zoological Records (USA), Agroforestry Abstracts (USA), IICA-CIDIA (Costa Rica), Royal Tropic Institute (Tropag & Rural, Holanda), AGRIS (FAO-Roma), LATINDEX (México), IAMSLIC (USA), Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias (México), MEDIATHEK (Alemania), Periodica (México), REVENCYT (Venezuela), Base de Datos REVIS (CATIE, Costa Rica), Base de Datos RISPAL (CATIE, Costa Rica), Base Agrícola Venezolana (INIA, Venezuela), Bioline (Canadá), Scielo (Venezuela).

SE ACEPTA EL INTERCAMBIO CON OTRAS REVISTAS

Exchange requested

Wir bitten um austausch

On demande l'échange

Gradiremmo cambio

Deseamos permuta

Tiraje: 500 Ejemplares

Esta publicación se imprime en papel libre de ácido, cumpliendo con los requisitos mínimos de la American Standard for Information Sciences – Permanence for paper for printed library materials, ANSI Z39.48 – 1984.

Agradecimientos

Los miembros del Comité Editorial de la revista *Zootecnia Tropical* desean expresar públicamente su agradecimiento a las siguientes personas por su valiosa colaboración en la revisión de los artículos científicos que conformaron el Volumen 26 del año 2008.

Álvaro Ojeda, UCV	José L. Gil, INIA
Ana Teresa Guillén, INIA	Judith Principal, UCLA
Angélica Betancourt, UCV	Lilido Ramírez, ULA
Aniello Barbarino, INIA	Luz Bettina Villalobos, UDO
Antonio Manrique, UNERG	Magaly Bracamonte, INIA
Belkis Vásquez, INIA	Magaly Molina, INIA
Carlos Hidalgo, INIA	Manuel Fondevilla, Univ. Zaragoza, España
Carlos Moreno, INIA	Maria Forlano, UCLA
Carmen Alfonso, UDO	Maria Palacio, INTA, Argentina
Cesar Araque, INIA	Mildrey Soca, EEPF Indio Hatuey, Cuba
Ciro Invernizzi, INTA, Argentina	Mónica Fuentes, UCLA
Freddy Espinoza, INIA	Néstor Obispo, INIA
Danny García, INIA	Noris Roa, INIA
Diannelis Urbano, INIA	Orlando Ferrer, LUZ
Elsy Saume, INIA	Pablo Herrera, UNESR
Espartaco Sandoval, INIA	Patricia Argenti, INIA
Eva Salazar, INIA	Rafael E. Thiman, UNELLEZ
Florangel Conde, INIA	Rosa Razz, LUZ
Francisco J. Solorio, Univ. Yucatán, México	Selina Camacaro, UCV
Freddy Espinoza, INIA	Sergio Ruffinengo, Univ. Mar del Plata, Argentina
Gloria Contreras, INIA	Susmira Godoy, INIA
Guillermo Salamanca, Univ. Tolima, Colombia	Vasco de Basilio, UCV
Gustavo Morales, INIA	Walquiria Aragort, INIA
Janeth Colina, UCV	Yris Díaz, INIA
Jessica Quijada, UCV	Yuraima Reyes, UCV
Jesús Faria Mármol, LUZ	Yusmary Espinoza, INIA
José Alió, INIA	Zuleima Chirinos, LUZ

De igual manera, agradecemos a todos aquellos investigadores que nos enviaron sus artículos y exhortamos a la comunidad científica del área de producción y sanidad animal a continuar enviando sus trabajos a la revista *Zootecnia Tropical*.

SUMARIO Vol. 26 No. 4

Agradecimientos

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

NORIEGA S. A., SILVA ACUÑA R. y GARCÍA DE SALCEDO M. Revisión: Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal.....	411
RIVAS J., DÍAZ T., HAHN M. y BASTIDAS P. E. Efecto de la suplementación con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la producción de leche al inicio de la lactancia en vacas lecheras	421
ESPIÑOZA F., HERNÁNDEZ R. A. y FOLACHE L. Etología de vaquillas doble propósito en un sistema silvopastoril durante el período seco en una sabana tropical	429
HERNÁNDEZ M. y GUENNI O. Producción de biomasa y calidad nutricional del estrato graminoide en un sistema silvopastoril dominado por samán (<i>Samanea saman</i> (Jacq) Merr).....	439
MACEDO R., GALINA M. A. y ZORRILLA J. M. Balance forrajero, energético y proteico de un sistema de producción tradicional de doble propósito en México	455
ZAVALA E. R., ORTIZ O. J. R., RAMÓN U. J. P., MONTALVO M. P., SIERRA V. A. y SANGINÉS G. J. R. Pubertad en hembras de cinco razas ovinas de pelo en condiciones de trópico seco	465
QUIJADA P. J., BETHENCOURT C. A., ROSALES P. N., PÉREZ M. A., SALVADOR C. A., VIVAS P. I. y AGUIRRE L. A. Prevalencia, distribución y abundancia de huevos de estróngilos digestivos y ooquistes de <i>Eimeria</i> spp en caprinos estabulados infectados naturalmente	475
MOSQUERA O. E. Caracterización de la fiebre aftosa en sistemas de producción bovina en Parroquias del estado Lara, Venezuela. Año 2006	481
TAVARES R. y AROCHA F. Diversidad de especies, abundancia relativa y estructura de tallas de tiburones oceánicos capturados por la flota palangrera venezolana en el Mar Caribe y Atlántico centro-occidental	489
MUÑOZ D., GRAÜ DE MARÍN C., MARTÍNEZ C., MARVAL H. y ZERPA A. Prevalencia de <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Vibrio</i> spp. y enterobacterias en carne de pepitona, <i>Arca zebra</i> , comercializada en Cumaná, Venezuela.....	307
LOPERA B. N. M., PEREIRA R. R., POVH J. A., GOMES P. C., VARGAS L. y NOGUEIRA DE OLIVEIRA S. Caracterización genética de lotes de peces usados en programas de repoblamiento y su importancia en la conservación genética en la piscicultura.....	515
RODRÍGUEZ P. S., MANRIQUE A. y VELÁSQUEZ M. Diversidad de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponina) en bosque seco tropical en Venezuela.....	523
OLIVEROS Y., REQUENA F., LEÓN A., OSTOS M., PARRA R., MARQUINA J. y BASTIANELLI D. Aplicación del índice de confort térmico como estimador de periodos críticos en cría de pollos de engorde	531
Índice acumulado de títulos	539
Índice acumulado de autores	545
Índice acumulado de materias	553

TABLE OF CONTENTS Vol. 26 No. 4

Acknowledgments

SCIENTIFIC ARTICLES

NORIEGA S. A., SILVA ACUÑA R., and GARCÍA DE SALCEDO M. Review: The use of coffee pulp in animal feeding.....	411
RIVAS J., DÍAZ T., HAHN M., and BASTIDAS P. E. Effect of supplementation with <i>Saccharomyces cerevisiae</i> on milk production from onset of lactation in dairy cows.....	421
ESPINOZA F., HERNÁNDEZ R. A., and FOLACHE L. Ethology of double purpose heifers in a silvopastoral system during the dry season in a tropical savanna	429
HERNÁNDEZ M. and GUENNI O. Biomass production and nutritive value of the grass stratum in a silvopastoral system dominated by saman (<i>Samanea saman</i> (Jacq) Merr).....	439
MACEDO R., GALINA M. A., and ZORRILLA J. M. Forage, energy and protein balance in a traditional dual purpose livestock production system in Mexico.....	455
ZAVALA E. R., ORTIZ O. J. R., RAMÓN U. J. P., MONTALVO M. P., SIERRA V. A., and SANGINÉS G. J. R. Effect of genotype on puberty in hair sheep ewe lamb on tropical areas	465
QUIJADA P. J., BETHENCOURT C. A., ROSALES P. N., PÉREZ M. A., SALVADOR C. A., VIVAS P. I., and AGUIRRE L. A. Prevalence, distribution, and abundance of digestive strongyles eggs and <i>Eimeria</i> spp. oocysts in naturally infected caprines reared under pen conditions.....	475
MOSQUERA O. E. Characterization of foot and mouth disease in bovine production systems at parishes of Lara state, Venezuela, year 2006	481
TAVARES R. y AROCHA F. Species diversity, relative abundance and length structure of oceanic sharks caught by the Venezuelan longline fishery in the Caribbean Sea and western-central Atlantic	489
MUÑOZ D., GRAÜ DE MARÍN C., MARTÍNEZ C., MARVAL H., and ZERPA A. Prevalence of <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Vibrio</i> spp., and enterobacteria in pepitona, <i>Arca zebra</i> , commercialized in Cumaná, Venezuela	307
LOPERA B. N. M., PEREIRA R. R., POVH J. A., GOMES P. C., VARGAS L., and NOGUEIRA DE OLIVEIRA S. Genetic characterization of fish stocks used in stocking programas and their importance in the fish farm genetic conservation	515
RODRÍGUEZ P. S., MANRIQUE A., and VELÁSQUEZ M. Community's diversity of stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponina) in a Venezuela tropical dry forest	523
OLIVEROS Y., REQUENA F., LEÓN A., OSTOS M., PARRA R., MARQUINA J. and BASTIANELLI D. Applicability of thermal comfort index as an estimator of critical periods in breeding broilers.....	531
Accumulated index of titles	539
Accumulated index of authors	545
Accumulated index of subjects	553

Revisión

Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal

Adrianyela Noriega Salazar^{1*}, Ramón Silva Acuña² y Moraima García de Salcedo²

¹ Universidad de Oriente, Núcleo Monagas. Maturín, Monagas. Venezuela. *Correo electrónico: adrianyelanoriega@cantv.net

² Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro de Investigaciones Agrícolas del estado Monagas. Maturín, Monagas. Venezuela.

RESUMEN

Durante el beneficio del café se genera la pulpa, que al ser ensilada preserva sus características nutrimentales, tornándola de particular importancia para la alimentación animal. En este artículo se revisan sus bondades y restricciones de su uso en la alimentación animal. Durante el manejo intensivo del ganado bovino de carne en los países tropicales, el uso de la pulpa del café puede alcanzar entre 20 y 30% en las raciones. En vacas lecheras, la pulpa de café ensilada puede ser incorporada a niveles entre 20 a 40% del concentrado y de 10 a 20% de la materia seca de la ración completa, sin disminuir la producción de leche; aunque, en novillos puede reducir la ganancia de peso diaria. En ovinos, la inclusión de 15% de pulpa no afecta el crecimiento, los machos presentan mejor desempeño y la inclusión de 15% de pulpa tratada con urea y semilla de soya no afectó el peso en las canales. Para las tilapias del Nilo, hubo mayor aumento de peso con mezcla de pulpa de café ensilada, sin efecto tóxico; sin embargo, no es conveniente usarla fresca. Para el híbrido Cachamay no hubo diferencias en ganancia de peso entre las fases de alevines y adultos usándola hasta en 18% en la fase de alevines. Para los alevines de la tilapia roja, se puede usar la pulpa de café hasta 20%, sin afectar los índices productivos. En aves, la mejor respuesta de energía metabolizable se obtuvo cuando la pulpa fue ensilada con 5% de melaza. En gallos, proporciones superiores a 5% de pulpa de café ocasionó efectos dañinos en la digestibilidad verdadera de la materia seca y en la energía metabolizable del animal. En conejos, la pulpa de café puede ser utilizada hasta en 85% ensilada con melaza, mientras que en cerdos es posible emplear 20% en la etapa de crecimiento y 15% en la de acabado, sin ocasionar pérdidas en los parámetros productivos.

Palabras clave: nutrición animal, monogástricos, poligástricos, ensilaje.

Review: The use of coffee pulp in animal feeding

ABSTRACT

The processing of the cherry coffee generates the pulp, which improves its nutrimental characteristics once it is placed in a container with anaerobic environment to ferment, so it becomes of special importance for animal feeding. This work revises the goodness and restrictions of the pulp in animal feeding. During the intensive managing of meat cattle, in the tropical countries, the use of the coffee pulp can reach between 20 and 30% in the rations. In dairy cows, the pulp can be incorporated in levels between 20 and 40% of the concentrate and from 10 to 20% of the dry matter of the ration without diminishing the production of milk; though in steers it can reduce the gain of daily weight. In sheeps, the incorporation of 15% of pulp does not affect the growth; the males present better performance, and the incorporation of 15% of pulp treated with urea and seed of soybean, did not affect the carcass weight. For the tilapias of the Nile, there was a greater increase of weight with mixture of ensiled pulp

of coffee, without toxic effect; however, it is not suitable to use it fresh. For the Cachamay hybrid, there were not differences in gain of weight between the alevins phase and adults, using it until 18% in the alevins phase. For the Red Tilapia alevins, the pulp of coffee can be used until 20% without affecting the productive indexes. In birds, the best response of metabolizable energy was obtained when the pulp was ensiled with 5% of molass. In roosters, proportions superior to 5% of pulp of coffee, causes harmful effect in the real digestibility of the dry matter and in the metabolizable energy of the animal. In rabbits, the pulp of coffee ensiled with molass can be used until 85%; whereas in porks, it is possible to use 20% in the stage of growth and 15% in the stage of finished, without causing losses in the productive parameters.

Keywords: animal feeding, monogastric, polygastric, ensiled.

INTRODUCCIÓN

El café es originario del Norte de África y es cultivado con el objeto de producir un grano, cuyo rico contenido de sustancias aromáticas y estimulantes permite preparar una infusión altamente preciada como bebida y como sobremesa. Al ser introducido en Europa, su uso se extendió de tal manera que se convirtió en bebida obligatoria y dio origen a los llamados “cafés” sitios de reunión donde se discutía e intercambiaban opiniones acerca de temas variados, incluyendo los problemas sociales, económicos, culturales y políticos (Amaya *et al.*, 1988).

En Venezuela, la variedad ampliamente distribuida (Typica) de café es originaria de Etiopía y procede de semillas introducidas de Martinica o de la Guayana Holandesa en el año 1730, pero es sólo en 1783 cuando se establece la primera plantación comercial hacia el este del Valle de Caracas, en tierras que hoy forman las urbanizaciones La Floresta y La Castellana (García, 1994). Esta afirmación ha sido objeto de discusión por historiadores y naturalistas interesados en localizar el origen del arbusto y del café como bebida. Aunque, para Venezuela tenga ese origen, fueron los árabes quienes dieron nombre y extendieron por todo el mundo su embriagadora fragancia y formidable poder revolucionario (Jaramillo, 1982).

Existen alternativas que permiten controlar el efecto tóxico de la pulpa que proviene del beneficio del grano de café, cuando es vertido al medio ambiente, siendo una de las más frecuentes el ensilaje. Estas técnicas permiten preservar y almacenar la pulpa, manteniendo su valor nutritivo, mientras se le da un posterior uso. En diferentes literaturas se discute la utilización de la pulpa de café tanto fresca como ensilada para bovinos en países tropicales (Cabezas *et al.*, 1977), en vacas lecheras (Flores, 1976), en novillos (Braham y Bressani, 1978), en ovinos (Ferreira *et al.*,

2000; Ferreira *et al.*, 2003), en peces como tilapia del Nilo (García y Baynes, 1974; Moreau *et al.*, 2003), híbrido Cachamay (Bautista *et al.*, 1999a; Bautista *et al.*, 2005), también en alevines de tilapia roja (Castillo *et al.*, 2002), en aves (Acosta *et al.*, 1997; Romero *et al.*, 1995), en conejos (Bautista *et al.*, 1999b) y en cerdos (Braham y Bressani, 1978; Bautista *et al.*, 1999c). En función de ello, el presente trabajo tiene como objetivo revisar la bibliografía sobre el uso de la pulpa de café fresca o ensilada en la alimentación animal.

El beneficiamiento del café

Los frutos maduros del café son generalmente procesados en los mismos lugares de producción y pasan por una serie de operaciones que tienen por objeto despojar a los granos de su envoltura (pulpa, mucílago y pergamino) para obtener un grano comestible de buena calidad. El beneficio del fruto puede realizarse de dos maneras. La primera de ellas es la vía húmeda, el cual involucra el despulpado, la desmucilagización utilizando agua, secado del fruto y finalmente, la eliminación de las envolturas internas (pergamino y película) por el trillado. Por esta vía se obtiene el café lavado o suave. La segunda vía incluye la fermentación del fruto con todas sus cortezas, el secado del fruto y la eliminación de las envolturas en una única operación mecánica (descascarillado o trillado). Esta vía origina el café natural (Braham y Bressani, 1978).

El proceso tradicional para el beneficio por vía húmeda permite conservar mejor la calidad del café, pero el mucílago puede contaminar el agua si es vertido a las aguas corrientes de forma directa. En este sentido, la pulpa de café representa el principal desecho generado del beneficio húmedo. Ante esta realidad se han realizado muchos estudios sobre sus

potencialidades de uso (Maestre, 1977; Braham y Bressani, 1978; Ramírez, 1998).

La pulpa de café es el principal producto que se obtiene del método usado para el procesamiento del grano de café y representa alrededor del 29% del peso del fruto entero. El alto contenido de agua de este material representa una de las mayores desventajas en su utilización debido a que dificulta el transporte, manejo, procesamiento y uso directo en la alimentación animal; sin embargo, su composición química favorece su uso como ingrediente en la dieta de los animales (Elías, 1978).

De acuerdo con la disponibilidad y composición química de la pulpa de café se han propuesto varias formas de utilizarla, entre las cuales se destaca el ensilaje destinado a la alimentación animal, secado, torta de pulpa de café, jugo tratado mediante procesos microbiológicos que originan productos ricos en energía para consumo animal (Ferrer *et al.*, 1995; Ramírez *et al.*, 1997; Ramírez, 1998), extracción de cafeína y proteína, fermentación natural utilizada como abono orgánico, energía en forma de gas, etc. (Braham y Bressani, 1978).

Ensilaje

Lozano *et al.* (2000) definen la fermentación como diversos procesos realizados por los microorganismos los cuales conducen al piruvato a la formación de productos finales de 2, 3 y 4 átomos de carbonos. La fermentación puede ocurrir de dos formas aeróbica o anaeróbica. La forma aeróbica la realizan los microorganismos que dependen del aire. La otra forma ocurre en ausencia de oxígeno y se llama fermentación anaeróbica, en este caso los microorganismos no requieren oxígeno para transformar los compuestos químicos en ácidos, principalmente láctico los cuales disminuyen el pH a niveles que impiden el desarrollo de nuevas bacterias (Ferrer *et al.*, 1995). En este sentido, el ensilaje es un proceso utilizado para la descomposición y conservación de la pulpa mediante la fermentación anaeróbica, la cual genera un producto que es el más utilizado en la alimentación animal (Braham y Bressani, 1978), debido a que conduce a la reducción de sustancias antinutricionales, tales como cafeína, ácido clorogénico y derivados de taninos. En el proceso es importante que las condiciones proporcionen un ambiente con pH de 4,2 que inhiba el crecimiento de agentes patógenos y conserve las

características nutricionales del producto ensilado (Mayorga, 2005).

El producto final de esta fermentación se puede destinar a animales, monogástricos, poligástricos, acuicultura y como sustrato de algunas especies vegetales. A nivel de costos se observa que en las condiciones actuales el precio del ensilado es muy bajo y los beneficios que le da al producto final son atractivos. El empleo del ensilaje como producto intermedio en la elaboración de productos específicos es importante para la conservación de la pulpa y no aumenta el costo, comparado con los beneficios que se obtienen. La combinación óptima de utilización de estos subproductos del café depende de las necesidades de cada productor y del mercado que maneje (Saucedo *et al.*, 1999).

Algunas sustancias presentes en la pulpa de café

Las sustancias presentes en la pulpa de café pueden afectar su valor nutritivo. Existen varias sustancias en la pulpa de café que pueden ser las responsables del efecto adverso que esta les ocasione a los animales tales como taninos, otros polifenoles, cafeína y potasio. Elevadas cantidades de dichas sustancias pueden presentar mortalidad en los animales, especialmente en las especies menores como ratas y polluelos, aunque también ha aumentado la mortalidad en rumiantes alimentados exclusivamente con la pulpa de café o con raciones altas en ella (Braham y Bressani, 1978).

Cafeína

El efecto fisiológico de este alcaloide del tipo purina metilada puede causar en rumiantes y ratas un aumento en la actividad motora. El resultado de esta actividad anormal podría ser un aumento en el uso de la energía que tendría como efecto final el descenso en la ganancia de peso y en la eficiencia de conversión. Tanto la cafeína como el ácido clorogénico actúan de manera conjunta (Braham y Bressani, 1978; Ferrer *et al.*, 1995). Entre los efectos que causan los elevados tenores de cafeína, de manera general, se puede citar el aumento de la sed del animal, así como también se incrementa la evacuación urinaria, que trae como consecuencia la excreción de nitrógeno (Braham y Bressani, 1978). Aunque el volumen de la pulpa de café que se puede suministrar en mezclas sustituyentes dependerá de la especie estudiadas y su etapa de crecimiento, en la literatura existe discrepancia en cuanto a los valores de cafeína presentes en la pulpa

de café. Ferrer *et al.* (1995) señalan valores de 0,85% de cafeína en pulpa fresca; mientras que Braham y Bressani (1978) mencionan que concentración de 0,05% de cafeína en la dieta de gallinas ponedoras causan muerte embrionaria. Sin embargo, Ferreira *et al.* (2001) señalan valores de 11,7% de cafeína en la pulpa de café ensilada, inferior a la que presenta la pulpa de café fresca, por lo que esos niveles afectarían la nutrición de los rumiantes cuando es suministrada en grandes cantidades.

Fenoles libres

La acción de los fenoles libres está asociada a la propia bioquímica de la pulpa de café, así como también el efecto que puede tener sobre la utilización de los nutrientes y sus consecuencias fisiológicas. Los polifenoles libres pueden interferir con la utilización de proteínas, ligándola y formando complejos no aprovechables, pero también pueden combinarse con las enzimas digestivas y afectar su catabolismo. Con respecto a la bioquímica de la pulpa, se considera que el cambio de color de rojo sangre a marrón oscuro se deba a reacciones de pardeamiento enzimático causada por la oxidación de los polifenoles o quinonas, las que a su vez se combinan con aminoácidos libres y proteínas para dar complejos de coloración oscura. La unión de las proteínas con estos productos tiene un efecto sobre la digestibilidad de las proteínas y por lo tanto en la absorción de este nutriente para satisfacer las necesidades fisiológicas (Braham y Bressani, 1978, Ferrer *et al.*, 1995). La cantidad de fenoles libres en la pulpa se encuentra alrededor del 2,6% (Braham y Bressani, 1978).

En la literatura no se dispone de información precisa de los niveles de fenoles libres que causan toxicidad en los animales. Gómez *et al.* (1985) señalan que en el caso de la pulpa ensilada los niveles de ácido clorogénico y caféico que forman parte de los fenoles libres, disminuyen a niveles que no causan efectos antifisiológicos.

Taninos

Químicamente, los taninos se pueden agrupar en dos clases, los taninos que se hidrolizan en ácido gálico y azúcares, y los taninos condensados que se derivan de flavonoides monoméricos. Quizás una de las características más importantes de los taninos es probablemente su capacidad de ligar proteínas, evitando el aprovechamiento de éstas por el organismo;

también pueden actuar como inhibidores enzimáticos. Estos compuestos polifenólicos pueden inferir en el comportamiento de los animales al disminuir la disponibilidad biológica de la proteína consumida, o como fuente de polifenoles libres (Ramírez, 1987; González, 1990; González *et al.*, 1994; Clifford y Ramírez, 1991; Clifford *et al.*, 1991; González *et al.*, 1998; Ramírez, 1998). Los niveles encontrados de tanino en la pulpa de café varían entre 1,8 y 8,56%; sin embargo, Gómez *et al.* (1985) y Ferreira *et al.* (2000) señalan que los niveles de taninos disminuyen cuando la pulpa es ensilada y además, mejora su valor nutritivo. En el caso particular de los rumiantes en crecimiento, estos pueden tolerar un consumo máximo de taninos de 28 g/100 kg de peso por día sin manifestar síntomas (Vargas *et al.*, 1977).

Composición bromatológica de la pulpa del café ensilada

Noriega (2007) realizó un estudio ensilando la pulpa de café a diferentes tiempos (Cuadro 1). Este autor encontró que la composición química de la pulpa de café varió con el tiempo y a los 120 días de ensilada presentó los mayores tenores de proteína cruda, menores valores de extracto libre de nitrógeno y bajos valores de taninos, que le proporcionaron un alto valor nutricional y potencialmente podría ser recomendada en la elaboración de dietas para animales.

Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal

Rumiantes

Uno de los principales factores que determina el valor nutritivo de un alimento es la cantidad que los animales consumen voluntariamente cuando tienen acceso libre a él. Cabezas *et al.* (1978) señalaron que una de las limitaciones de ese material como alimento para el ganado es la renuncia de los animales a consumirlos como principal alimento de la ración. Los autores anteriores también mostraron que el consumo voluntario mejora cuando la pulpa es suplementada con alimentos de alta palatabilidad, forrajes y concentrados proteicos.

Vacas lecheras

La pulpa de café ha sido empleada ensilada o deshidratada en los concentrados normalmente

Cuadro 1. Contenidos de materia seca, ceniza, materia orgánica, extracto etéreo, proteína cruda, fibra, extracto libre de nitrógeno y tanino en la pulpa de café ensilada a 0, 90, 120 y 240 días de ensilaje.

Característica	Días después del despulpado				Promedio
	0	90	120	240	
Materia seca, %	87,30	95,53	86,16	88,10	89,27
Ceniza, %	9,12	12,46	22,12	23,80	16,87
Materia orgánica, %	90,88	87,53	77,91	76,93	83,31
Extracto etéreo, %	3,86	3,27	3,24	3,02	3,34
Proteína cruda, %	3,87	25,18	30,52	25,82	21,35
Fibra, %	22,86	22,53	35,88	36,42	29,42
Extracto libre de N, %	60,29	26,55	8,24	10,93	26,50
Tanino, %	0,06	0,23	0,30	0,34	0,23

utilizados para suplementar los forrajes que sirven de base para la alimentación de vacas lecheras (Cabezas *et al.*, 1977). Por otra parte, la pulpa de café puede ser incorporada a niveles que van de 20 a 40% del concentrado y de 10 a 20% de materia seca de una ración completa sin que produzca disminución en la producción de leche. La pulpa de café deshidratada y molida puede ser suministrada hasta un 20% como suplemento en vacas lecheras, sin causar efectos detrimentales (Flores, 1976).

Novillos

Aunque el consumo de la pulpa de café presenta sus limitaciones, esta puede desempeñar un papel importante en los sistemas de alimentación intensivos del ganado bovino en los países tropicales porque su uso puede alcanzar entre 20 y 30% en las raciones para bovinos de carne. El contenido de nutrientes totales y digerible de la pulpa de café muestra que es un subproducto agrícola con un valor nutritivo potencial similar al de un forraje tropical de buena calidad (Braham y Bressani, 1978).

Vargas *et al.* (1977) alimentaron novillos Holstein con alimento concentrado y sustitución de 20, 40 y 60% de pulpa de café deshidratada. Estos autores reportaron disminución en la ganancia de peso diaria, consumo de materias seca, proteína y energía digestible cuando se incrementaban los niveles de pulpa de café

en las dietas. Cuando los novillos se alimentaron con proporciones de pulpa de 20%, la excreción de orina fue de 4,48 L/kg PV/d que corresponden a 407 g/100 kg PV por 100 g de nitrógeno ingerido por día, mientras que al consumir 60% de la pulpa de café en raciones, los novillos excretaron 8,85 L/100 kg PV que equivale a 6,48 g/100 kg PV. El consumo de elevadas proporciones de pulpa en terneros trae como consecuencia retardo en el crecimiento.

Ovinos

Ferreira *et al.* (2000) evaluaron el crecimiento de corderos y corderas alimentados con pulpa de café como parte de la dieta durante 50 días, quienes utilizaron un control sin pulpa ensilada, pulpa de café natural y pulpa de café tratada con urea y semillas de soya molidas. Estos autores detectaron que la inclusión de niveles de 15% de pulpa de café no afectó el crecimiento de los animales, pero los machos presentaron un desempeño mayor que las hembras. Posteriormente, Ferreira *et al.* (2003) evaluaron en corderos híbridos y en un grupo puro, tres dietas con diferentes dosis de pulpa de café entre 0 y 25% (mencionadas anteriormente) y encontraron que la inclusión de 15% de pulpa tratada con urea y semilla de soya no afectó significativamente el peso de las canales de paleta, lomo y pierna de los corderos.

Peces

García y Bayne (1974) realizaron un ensayo sobre la alimentación de tilapias (*Tilapia aureus*) utilizando tres tratamientos que consistieron en un grupo control que no recibió ningún suplemento alimenticio, un grupo alimentado con gallinaza y un grupo alimentado con pellet que contenía 30% de pulpa de café, más afrecho de trigo, maíz molido, melaza de caña, harina de semilla de algodón, urea y harina de hueso. En los resultados fue posible observar que el mayor aumento de peso se logró en los animales alimentados con mezcla de pulpa de café. No se observó toxicidad y el rendimiento total fue de 5,17 para el grupo alimentado con pulpa de café comparado con 3,37 para el grupo testigo y 2,78 kg/ha/año para el grupo que recibió el tratamiento de la gallinaza.

Moreau *et al.* (2003) alimentaron por 28 días tilapias con dietas de energía y proteínas que contenían pulpa fresca y ensilada de café. Las formulaciones de las dietas fueron las siguientes: 100% proteína y 100% energía, 80% de proteína y 100% energía, dos dietas con 80% proteína y 20% de pulpa de café (fresca y ensilada) y 100% energía y las últimas con 20% de pulpa en ambas condiciones, pero sin proteína. Los resultados demostraron que la pulpa fresca y ensilada de café no es alimento conveniente para las tilapias del Nilo; sin embargo, un adecuado conocimiento en el proceso de ensilaje podría permitir mejorar perceptiblemente el valor nutritivo de los subproductos de la pulpa de café.

Bautista *et al.* (1999a) evaluaron la pulpa ensilada del café como fuente de alimento para cachamay (*Colossoma x Piaractus*) en Venezuela. El ensayo se realizó en dos fases, una con alevines y otra con ejemplares de 8 meses y 22 días de edad, con cuatro dietas formuladas con 0, 10, 15 y 20% de pulpa de café. Reportaron como resultado que no hubo diferencias significativas ($P \leq 0,05$), en cuanto a ganancia de peso en ambas etapas. Por otra parte, los peces a medida que crecen disminuyen la capacidad de utilizar niveles crecientes de pulpa de café ensilada, debido posiblemente a la cafeína presente en este subproducto.

Bautista *et al.* (2005) evaluaron el desarrollo de alevines del híbrido cachamay alimentados con raciones compuestas por dos tipos de pulpa ecológica ensilada: un tipo sin melaza y otro con 5% de melaza. Cada tipo de pulpa de café se evaluó en

diferentes niveles de inclusión: 10,15 y 18%, junto con el tratamiento testigo sin pulpa. Los resultados demostraron que la mejor tasa de crecimiento en peso y longitud fue para la dieta de 18% de pulpa con 0,53 g/d y 0,68 mm/d, respectivamente. Concluyeron que la pulpa de café ecológica ensilada puede ser empleada hasta un 18% en la alimentación de alevines de cachamay.

Castillo *et al.* (2002) evaluaron el efecto de la inclusión de la pulpa de café deshidratada en las dietas para alevines de tilapia roja (*Oreochromis aureus* x *Oreochromis niloticus*) con peso inicial entre 1,10 y 1,12 g. Se prepararon cuatro tratamientos: testigo sin pulpa de café deshidratada y dietas con 10, 20 y 30% de pulpa de café deshidratada, respectivamente. Los resultados demostraron que el mejor comportamiento lo presentaron los alevines sometidos a la dieta testigo y 10% de café con peso final de 11,24 y 11,46 g, respectivamente. El tratamiento con 30% de café en la dieta fue estadísticamente diferente a los otros tres (y estos similares entre sí), en el cual se constató la menor ganancia de peso de los alevines (8,9 g). Sin embargo, se puede incluir la pulpa de café en dietas para alevines de tilapia hasta 20%, sin afectar los índices productivos del animal.

Aves

Romero *et al.* (1995) utilizaron la pulpa de café sometida a diferentes tratamientos mediante pruebas de consumo y aceptabilidad en aves. Se realizaron tres ensayos con diferentes inclusiones de pulpa de café, donde un ensayo estuvo constituido por pulpa de café ensilada a 0, 5, 10 y 15%. El segundo ensayo por pulpa de café ensilada y 5% de melaza a niveles de 0, 5, 10 y 15%. El tercer ensayo estuvo formado por pulpa de café, 5% de melaza e inóculo de bacterias acidolácticas y la pulpa de café ensilada a niveles de 0, 5, 10 y 15%. Los resultados indicaron que la prueba de aceptabilidad con inclusión de inóculos afectó significativamente el consumo y la ganancia de peso con niveles de 15% de pulpa. Por otra parte, la mejor respuesta de energía metabolizable se obtuvo en la pulpa de café ensilada con 5% de melaza.

Acosta *et al.* (1997) alimentaron gallos con pulpa de café ensilada con niveles de inclusión de 5, 10, 15, 20, 25 y 30%, más el testigo (sólo maíz). Concluyeron que inclusiones superiores a 5% de pulpa de café ocasionan efecto dañino en la digestibilidad verdadera

de la materia seca y en la energía metabolizable del animal.

Conejos

Bautista *et al.* (1999b) evaluaron la factibilidad de utilizar la pulpa de café ensilada y deshidratada en la alimentación de conejos en las etapas de crecimiento y de engorde. Para realizar este estudio utilizaron pulpa de café ensilada con melaza y pulpa de café sin melaza, pero con inóculo de bacterias acidolácticas. Los resultados obtenidos indicaron que, aunque los valores de crecimiento no superan los reportados con alimentos comerciales, es factible utilizar hasta un 85% de pulpa de café ensilada con melaza. En este ensayo se demostró que no se requiere del inóculo durante el ensilaje, debido a que no se observó ninguna mejora en las variables estudiadas.

Porcinos

Braham y Bressani (1978) señalaron que el ensilado es uno de los mejores procesos para manejar y preservar este material. La respuesta de cerdos alimentados con diferentes dietas (mezcla de maíz y soya, pulpa de café deshidratada al sol, pulpa de café ensilada con melaza, pulpa de café ensilada con 1,5% de Na₂SO₃, entre otras) revelaron que existe una tendencia a un mejor comportamiento en los animales alimentados con pulpa deshidratada al sol o deshidratada sin aditivos. La mejor respuesta en relación a la ganancia de peso se obtuvo en los animales alimentados con pulpa deshidratada, la cual fue similar a la dieta control, seguida del grupo alimentado con pulpa ensilada deshidratada.

Bautista *et al.* (1999c) determinaron la ganancia de peso, el consumo de alimentos y la conversión alimenticia en cerdos de crecimiento y acabado, alimentados con pulpa de café ensilada con melaza en niveles de 0, 5, 10, 15 y 20% de la ración y constataron que es posible utilizar en cerdos los niveles de 20% de pulpa de café ensilada en la etapa de crecimiento y 15% en la de acabado sin ocasionar pérdidas en los parámetros productivos cuando se compara con los proporcionados a través del alimento comercial.

CONCLUSIONES

1- La pulpa de café ensilada es un subproducto agrícola con valor nutritivo potencial similar al de un forraje tropical de buena calidad.

- 2- La pulpa de café ensilada representa una alternativa alimentar de menor costo para la nutrición animal.
- 3- El valor alimenticio de la pulpa de café en la nutrición de bovinos, ovinos, peces, aves, conejos y cerdos permite su aprovechamiento, tanto en las zonas donde es producido como en otras donde se demande su empleo.
- 4- A los 120 días de ensilaje, la pulpa presenta los mayores tenores de proteína cruda, menores valores de extracto libre de nitrógeno y valores bajos de taninos que le proporcionan un alto valor nutricional y potencialmente podría ser recomendada en la elaboración de dietas para animales.

LITERATURA CITADA

- Acosta I., A. Márquez, T. Huérfano e I. Chacón. 1997. Evaluación de la pulpa de café en aves: digestibilidad y energía metabolizable. Arch. Latin. Prod. Anim., 5(1): 311-312.
- Amaya F., B. Celis, R. Farrera, M. García, A. Murillo, A. Romero, L. Sánchez, M. Sayago, R. Silva-Acuña, N. Yáñez e Y. Zavala. 1988. Paquete tecnológico para la producción de café. Fonaiap. Serie de paquetes tecnológicos N° 6. Maracay, Venezuela.
- Bautista E.O., M. Useche, P. Pérez y F. Linares. 1999a. Utilización de la pulpa de café ensilada y deshidratada en la alimentación de Cachamay (*Colossoma x Piaractus*). En Ramírez J. (Ed) Pulpa de Café Ensilada. Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela, pp. 109-135.
- Bautista E.O., N. Molina y L. Rodríguez. 1999b. Utilización de la pulpa de café ensilada con melaza y bacterias en raciones para conejos en crecimiento y engorde. X Congreso Venezolano de Zootecnia. San Cristóbal, Táchira. Venezuela.
- Bautista E.O., E. Barrueta y L. Acevedo. 1999c. Utilización de la pulpa de café ensilada en raciones para cerdos en crecimiento y acabado. En Ramírez J. (Ed). Pulpa de Café Ensilada.

- Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. pp. 84-101.
- Bautista E.O., J. Pernía, D. Barrueta y M. Useche. 2005. Pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevines del híbrido de cachamay (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*). Rev. Cien. Fac. Cien. Vet. LUZ, 15(1): 33-40.
- Braham J. y R. Bressani. 1978. Coffee Pulp. Composition, Technology and Utilization. Institute of Nutrition of Central America and Panama. Inter. Devlop. Res. Centre. Ottawa, Canada.
- Cabezas M., A. Flores y J. Egaña. 1978. Uso de la pulpa de café en la alimentación de rumiantes. En Braham J. y R. Bressani (Eds). Coffee Pulp. Composition, Technology and Utilization. Institute of Nutrition of Central America and Panama. Inter. Devlop. Res. Centre. Ottawa, Canadá. pp. 95-104.
- Cabezas T., M. Menjivar, B. Murillo y R. Bressani. 1977. Alimentación de vacas lecheras con ensilaje de pulpa de café. Informe anual. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Castillo E., Y. Acosta, N. Betancourt, E. Castellanos, A. Matos, V. Téllez y M. Cerdá. 2002. Utilización de la pulpa de café en la alimentación de alevines de tilapia roja. Revista AquaTIC, 16. Disponible en línea en <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=h&c=143>.
- Clifford N y J. Ramirez. 1991. Tannins in wet-processed coffee beans and coffee pulp. Food Chem., 40: 191-200.
- Clifford N., J. Ramirez, R. Adams y C. Menezes. 1991. Tannins in the sun- dried pulp from the wet-processing of arabica coffee beans. 14^{to} Colloque Scientifique International Sur le Café. Australasian Society for Infectious Diseases, Paris. pp.23-236.
- Eliás L. 1978. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos. En Braham J. y R. Bressani (Eds). Pulpa de Café. Composición, Tecnología y Utilización. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Ciudad de Guatemala, Guatemala. pp. 19-29.
- Ferrer J., G. Páez, M. Chirino y Z. Mármol. 1995. Ensilaje de la pulpa de café. Rev. Fac. Agron. LUZ, 12: 417-428.
- Ferreira I., J. Olalquiaga, J. Teixeira y C. Pacheco. 2000. Desempenho de cordeiros Texel x Bergamácia, Texel x Santa Inês e Santa Inês Puros, terminados em confinamento, alimentados com casca de café como parte da dieta. Rev. Bras. Zootec., 29(2): 89-100.
- Ferreira A., C. Aguiar, J. Olalquiaga, V. Dos Santos y R. Cardoso. 2001. Factores antinutricionais da casca e da polpa desidratada do café (*Coffea arabica* L.) armazenadas em diferentes períodos Rev. Bras. Zootec., 30(4): 1331-1352.
- Ferreira I., J. Olalquiaga y J. Teixeira. 2003. Componentes de carcaça e composição de alguns cortes de cordeiros Texel x Bergamácia, Texel x Santa Inês e Santa Inês puros, terminados em confinamento, com casca de café como parte da dieta Rev. Bras. Zootec., 32(6): 178-199.
- Flores R. 1976. Uso de la pulpa de café en la alimentación de bovinos de carne y leche. En Ramírez J. (Ed). Pulpa de Café Ensilada. Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. pp. 1-27.
- García C. y R. Bayne. 1974. Cultivo de *Tilapias aurea* (Staindachner) en corrales alimentadas artificialmente con gallinaza y un alimento preparado con 30% de pulpa de café. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas, Venezuela.
- García N. 1994. Los Usos del Café. Imprenta de Mérida. Mérida, Venezuela.
- Gómez R., G. Bendaña, J. Gonzalez, E. Braham y R. Bressani. 1985. Relación entre los niveles de inclusión de la pulpa de café y contenido proteínico en raciones para animales monogástricos. Arch. Latinoam. Nutr., 35(5): 422-437.

- González N. 1990. Alimentación Animal. América C.A. Ciudad de México, México.
- González N., J. Ramírez, J. Aldana y N. Clifford. 1994. Analysis of proanthocyanidins in coffee pulp. *J. Sci. Food Agric.*, 65: 157-162.
- González N., J. Ramírez, J. Aldana, M. Ramos, N. Clifford, S. Péker y B. Méndez. 1998. Isolation, characterization and determination of biological activity of coffee proanthocyanidins. *J. Sci. Food Agric.*, 77: 368-373.
- Jaramillo J. 1982. El café en Venezuela. Colecciones Ciencias Biológicas. Ediciones Biblioteca de la Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Lozano J., J. Galindo, J. García, J. Martínez, P. Peñafiel y F. Solano. 2000. Bioquímica y Biología Molecular para Ciencias de la Salud. 2^{da} ed. McGraw-Hill Interamericana. Madrid, España.
- Maestre A. 1977. Evaluación de la pulpa de café como abono para almácigos. *Cenicafé*, 28(1): 18-26.
- Mayorga E. 2005. La pulpa de café: Residuo o alimento. Universidad Central del Ecuador, Quito. Disponible en línea en <http://www.ugr.es/~ri/antiores/dial03/d28-3.htm>.
- Moreau Y., J. Arredondo, I. Perraud y S. Roussos. 2003. Utilización dietética de la proteína y de la energía de la pulpa de café fresca y ensilada por la tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Braz. Arco. Biol. Technol.*, 46(2): 35-347.
- Noriega A. 2007. Composición química de la pulpa de café ensilada a diferentes tiempos y uso potencial en la alimentación animal. Trabajo de ascenso a Profesor Asistente. Universidad de Oriente, Núcleo Monagas. Maturín, Venezuela.
- Ramírez J. 1987. Compuestos fenólicos de la pulpa de café: Cromatografía de papel de la pulpa fresca de 12 cultivares de *Coffea arabica* L. Turrialba, 37: 317-323.
- Ramírez J. 1998. Coffee pulp is a by product, not a waste. *Tea Coffee Trade J.*, 170: 116-123.
- Ramírez J., E. Bautista, M. Clifford y M. Adams. 1997. Evaluation of coffee pulp silage. 17^{mo} Colloque Scientifique International Sur le Café. Nairobi, Kenya. pp. 695-702.
- Romero I., T. Huérfano, I. Calderón y A. Méndez. 1995. Aceptabilidad y digestibilidad de la pulpa de café ensilada en aves. En Ramírez J. (Ed). Pulpa de Café Ensilada. Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. pp. 88-105.
- Saucedo-Castañeda G., J.M. Romano-Machado, G. Gutiérrez-Sánchez, G. Ramírez-Romero e I. Perraud-Gaime. 1999. Evaluación técnico-económica de subproductos de la agroindustria del café en México. Memorias Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Congreso Latinoamericano de Biotecnología y Bioingeniería. Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería. México. pp. 1-7.
- Vargas E., M. Cabeza y R. Bressani. 1977. Pulpa de café en la alimentación de rumiantes. Absorción y retención de nitrógeno en novillos alimentados con concentrados elaborados con pulpa de café deshidratada. *Agron. Costar.*, 1(2): 101-106.

Efecto de la suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* sobre la producción de leche al inicio de la lactancia en vacas lecheras

Jose Rivas^{1*}, Thais Díaz², Martin Hahn¹ y Pedro Bastidas²

¹ Departamento de Producción Animal, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Aragua. Venezuela. *Correo electrónico: rivasjoseh@hotmail.com

² Instituto de Reproducción Animal "Dr. Abraham Hernández Prado" Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Aragua. Venezuela.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el suministro estratégico de *Saccharomyces cerevisiae* (SC) en la dieta, al inicio de la lactancia sobre la producción de leche y grasa en vacas Holstein (H, n=41) y Carora (C; n=15) ubicadas en la zona alta de Mérida, Venezuela. Las vacas se distribuyeron al azar en dos tratamientos: un grupo experimental (GE; H=22 y C=8) que recibió 10 g/d de SC durante los primeros 105 d postparto (DPP) y un grupo control (GC; H=19 y C=7). La alimentación basal era el pastoreo de *Pennisetum clandestinum* y *Panicum maximum*, para las vacas H y C, respectivamente, y alimento concentrado (20% PC y 77% NDT) a razón de 1 kg/3 kg de leche. La producción de leche se registró semanalmente y la acumulada a los 35, 70 y 105 DPP. La proporción de grasa en la leche se obtuvo durante las primeras seis semanas. Los datos fueron analizados a través del análisis de la varianza de mínimos cuadrados, utilizando la prueba de Tukey para la comparación de medias. La producción de leche incrementó ($P<0,05$) 165 kg más en las vacas H del GE que en el GC a los 105 DPP. La producción de grasa a las 6 semanas fue mayor (3,4 kg) en las vacas H del GE que en el GC (35,5 vs. 32,0 kg, respectivamente). No se obtuvieron diferencias significativas en la producción de leche y grasa en las vacas C. Los resultados indican que el uso estratégico del SC durante los primeros 105 DPP mejora la producción de leche y grasa, quizás por la acción estimulante del SC en el rumen y la mayor disponibilidad de nutrientes por la glándula mamaria.

Palabras clave: vacas lecheras, producción de leche, grasa, levaduras.

Effect of supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* on milk production from onset of lactation in dairy cows

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the strategic use of *Saccharomyces cerevisiae* (SC) from onset of lactation and its effect on milk and fat production in Holstein (H) and Carora (C) cows located in the mountain area of Merida state, Venezuela. Forty-one H and fifteen C cows were assigned to two treatments: Experimental group (EG; H=22 and C=8) fed with 10 g/d of SC and Control group (CG; H=19 and C=7), which did not received any supplement for a period of 105 d postpartum (DPP). Carora cows grazed pastures of *Panicum maximum*, whereas H cows had access to pastures of *Pennisetum clandestinum*. All cows were fed at milking with a concentrate mixture (20% CP and 77% TND) at a ratio of 1 kg:3 kg of milk. Milk production was measured weekly during 15 weeks and fat milk during the first six weeks post calving. Data were analyzed by least squares means and comparison of subclass means were tested for significance using Tukey's procedures. Milk yield was increased ($P < 0.05$) in H fed with SC, having 165 kg more of accumulated milk yield at 105 DPP than the CG. Also H cows with three or more calvings had higher ($P<0.01$) accumulated milk yield at 105 DPP (2544.6 ± 84.9 kg) than cows with 1 or 2 calvings (1916 ± 122.4 and 2227.7 ± 67.9 kg, respectively). There was not a treatment effect in milk yield in C cows. In Holstein cows treated with SC, the accumulated milk fat at six weeks postcalving was 3.4

kg greater compared to CG (35.5 ± 1.4 vs 32.0 ± 1.6 kg, respectively). Results from this study indicate that the strategic use of SC during the first 105 DPP, improved milk and fat yield in dairy cows perhaps by stimulating the action of yeast culture in the rumen and the availability of nutrients for the mammary gland.

Keywords: dairy cows, milk production, fat, yeast.

INTRODUCCIÓN

La adición de agentes microbianos en la alimentación de vacas lecheras en forma directa se ha incrementado de una manera considerable en los últimos años. Jordan y Fourdraine (1993) reportaron el uso del cultivo de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* (SC) en 50,8% de los rebaños lecheros, como un agente microbiano que se suplementa en forma directa en la dieta para ganado lechero, a fin de mejorar el desempeño de las vacas lecheras en cuanto a producción y composición de la leche.

Diversas investigaciones señalan los efectos del SC sobre la actividad ruminal, en cuanto a la tasa de digestibilidad de los componentes de la dieta, el porcentaje de degradabilidad del forraje, cambios en el patrón de fermentación ruminal, modificación del pH ruminal, cambios en el número de microorganismos del rumen e interacción bacterias – dieta (Arambel y Kent, 1990; Wohlt *et al.*, 1991; Dawson, 1993; Wohlt *et al.*, 1998).

Dawson y Girard (1997) y Wholt *et al.* (1998) han demostrado resultados positivos con la adición de 10 g/vaca/d de SC en la dieta de vacas lecheras. No obstante, muchos de los datos relacionados con la adición de levaduras a dietas de vacas lecheras que mencionan efectos sobre la producción y composición de la leche han sido variables e inconsistentes (Swartz *et al.*, 1994; Kung *et al.*, 1997; Putnam *et al.*, 1997; Shaver *et al.*, 1997; Dann *et al.*, 2000).

El objetivo general de la presente investigación fue determinar el efecto del suministro estratégico del SC en la dieta, al inicio de la lactancia, sobre la producción y composición de la leche en vacas lecheras.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se efectuó en dos rebaños pertenecientes al sistema especializado en producción de leche, denominado Ganadería de Altura, ubicados en dos fundos en el Municipio Campo Elías, del

estado Mérida, Venezuela. El fundo 1 con el rebaño de la raza Carora se encuentra ubicado en la zona de vida de bosque seco premontano, a una altitud de 1.050 msnm y temperatura promedio anual de 24°C. El fundo 2 con la raza Carora se ubica en la zona de vida bodque muy humedo montano, a una altitud de 2.800 msnm y temperatura promedio anual de 15°C.

Se utilizaron 56 vacas lecheras de las razas Holstein (n=41) y Carora (n=15), con diferente número de partos. Los animales se distribuyeron al azar en dos grupos, para cada rebaño: un grupo experimental (GE) que recibió 10 g/d de SC en la dieta y un grupo control (GC) que no recibió SC (Cuadro 1). La dieta basal era el pastoreo de *Pennisetum clandestinum* y *Panicum maximum* para las vacas Holstein y Carora, respectivamente. Al momento del ordeño se suministró alimento concentrado en una relación de 1 kg de concentrado por cada 3 kg de leche producida, así como una mezcla mineral completa, a razón de 100 g/d.

Se realizó análisis proximal de Weende al pasto y al alimento concentrado. Se aplicó el método de Van Soest en la obtención de fibra detergente neutra y ácida en el pasto (Maynard *et al.*, 1979). En el cálculo de nutrientes digestibles totales (NDT) del pasto, se utilizaron valores de digestibilidad reportados por Arriojas y Chacón (1989), aplicando las ecuaciones de la NRC (1989), para la energía digestible (ED) y NDT. El Cuadro 2 resume la composición química y valor nutricional del pasto y alimento concentrado consumido por las vacas Holstein y Carora.

Las vacas se ordeñaron dos veces al día, registrándose la producción de leche una vez a la semana, durante un lapso de 15 semanas. La producción de leche acumulada a los 35, 70 y 105 días de lactancia (DL) también se registró.

Semanalmente se tomó una muestra de la leche de todas las vacas del ensayo, durante las primeras 6 semanas, con la finalidad de determinar el contenido

Cuadro 1. Distribución de las vacas por tratamiento (GC: grupo control y GE: grupo experimental) y número de partos en cada rebaño.

Raza	Grupo		Número de partos		
	GC	GE	1	2	3 o más
Holstein	19	22	2	1	12
Carora	7	8	7	9	25

Cuadro 2. Composición química y valoración nutricional de la dieta ofrecida a las vacas Holstein y Carora.

Variable†	Holstein		Carora	
	Pasto	Concentrado	Pasto	Concentrado
MS, %	21,00	88,37	25,00	87,80
PC, %	14,07	21,44	6,80	19,98
EE, %	1,57	0,67	1,15	1,01
FC, %	27,69	6,65	37,08	5,87
Cenizas, %	10,71	8,92	6,07	8,14
Ca, %	0,38	1,26	0,54	1,21
FDN, %	64,69		66,16	
FDA, %	34,16		41,95	
ELN, %	32,29	65,0	29,29	62,32
TND, %	53,06	77,89	47,62	77,42
ED, Mcal	2,34	3,43	2,10	3,41

† MS: materia seca, PC: proteína cruda, EE: extracto etéreo, FC: fibra cruda, CEN: cenizas, Ca: calcio, FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida, ELN: extracto libre de nitrógeno, TND: total de nutrientes digestibles, ED: energía digestible.

de grasa por el método de Gerber (AOAC, 1975). Una vez obtenido el porcentaje de grasa se calculó el contenido de grasa (kg) presente en la leche, tomando en cuenta la producción diaria registrada el mismo día en que se realizó la toma de la muestra.

En cada rebaño se aplicó un diseño de experimento completamente aleatorizado y los datos analizados a través del análisis de la variancia por mínimos cuadrados, considerando como efectos principales los tratamientos y el número de partos. Se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de las medias. El efecto fondo no se incluyó en el modelo por tener un efecto confundido de raza dentro de fondo, igualmente la interacción tratamiento por número de parto no se

incluyó en el análisis por no resultar significativa en análisis previos. El modelo lineal utilizado en el análisis de los datos fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + NP_j + E_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = la n -ésima vaca en el i -ésimo tratamiento con el j -ésimo número de partos,

μ : media general,

T_i : i -ésimo tratamiento,

NP_j : j -ésimo número de partos y

E_{ij} : error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de leche

La suplementación con SC tuvo efecto significativo ($P < 0,05$) sobre la producción de leche acumulada en las vacas Holstein a los 35, 70 y 105 DL, teniéndose que las vacas del GE tuvieron una mayor producción de leche (855, 1.703 y 2.444 kg, respectivamente) que las vacas del GC (813, 1.587 y 2.279 kg, respectivamente), lo que demuestra que las vacas del GE acumularon 165 kg de leche más, durante los primeros 105 DL (Cuadro 3). Por otra parte, el número de partos afectó la producción acumulada de leche en las vacas Holstein a los 35, 70 y 105 DL (Cuadro 4), momento en el cual las vacas de 3 ó más partos produjeron en promedio 472 kg más de leche a los 105 DL, que las vacas de 1 y 2 partos.

En las vacas Carora, la adición de la levadura no afectó la producción de leche acumulada a los 35, 70 y 105 DPP (Cuadro 3). Respuesta similar se observó en la variable número de partos, la cual no afectó la producción de leche acumulada durante el periodo de evaluación (Cuadro 4). Sin embargo, las vacas con 3 ó más partos produjeron 207,2 kg más de leche en promedio a los 105 DPP que las vacas de 1 y 2 partos.

El uso de SC como estrategia alimenticia al inicio de la lactancia mostró un efecto positivo sobre la producción de leche en las vacas Holstein, incrementando la producción de leche, aun cuando las vacas estaban consumiendo una dieta desbalanceada, con una relación de 30:70 de forraje – concentrado. Es conocido que el alto consumo de concentrado genera

cambios en la actividad ruminal, incremento del pH, acidosis, etc., por lo que la respuesta obtenida en las vacas del GE pudiese ser explicada a través de los beneficios positivos del SC sobre la fisiología ruminal. Estos beneficios se obtendrían, principalmente, porque reduce las fluctuaciones de pH (Dolezal *et al.*, 2005; Desmond, 2006), mejora la producción de ácidos grasos volátiles, incrementa la utilización del amonio, modifica la proporción de protozoarios en el rumen (Dolezal *et al.*, 2005) y reduce el contenido de oxígeno presente en el rumen (Andrieu, 2006), acciones que en conjunto mejoran el ambiente ruminal, con la consecuente respuesta animal de un mayor consumo de materia seca, mayor disponibilidad de energía e incremento en la producción de leche, menor pérdida de peso corporal y mantenimiento de la condición corporal (Wallace y Newbold, 1993; Erasmus *et al.*, 2005). Los resultados obtenidos en el presente experimento son similares a los señalados por Alonzo *et al.* (1993), Pitamic (1994), Shaver *et al.* (1997) y Kim *et al.* (2006) en vacas Holstein en clima templado y utilizando dietas balanceadas.

La adición de SC promovió un incremento de 165 kg de leche total acumulada a los 105 DPP en las vacas Holstein del GE, lo cual equivale a 1,57 kg de leche por día. El impacto económico del uso del SC, como estrategia nutricional, es interesante. El costo de la dosis por día fue BsF. 0,25 y con el precio de leche a 1,8 BsF./L permitió un ingreso por venta de leche de BsF. 2,82 diarios, siendo el beneficio de BsF. 2,57 por vaca al día, solo en producción de leche, que aunado a los beneficios en reproducción y salud

Cuadro 3. Efecto de *Saccharomyces cerevisiae* sobre la producción de leche acumulada (promedio + EE) a los 35, 70 y 105 días de lactancia en vacas Carora y Holstein.

Lactancia días	Carora		Holstein	
	GC	GE	GC	GE
	----- kg -----			
35	699 ± 35,8	664 ± 33,2	813 ± 51,7	855 ± 31,4†
70	1.406 ± 63,2	1.349 ± 72,1	1.587 ± 79,7	1.703 ± 60,6†
105	2.092 ± 88,8	2.021 ± 108,7	2.279 ± 109	2.444 ± 84,3†

† Símbolo indica diferencia significativa entre promedios para la misma raza ($P < 0,05$).

Cuadro 4. Efecto del número de partos sobre la producción de leche acumulada (promedio \pm EE) a diferentes días de lactancia en vacas Holstein y Carora.

Días lactancia	Número de parto		
	1	2	3 o más
	----- kg -----		
Holstein			
35	675 \pm 44,2a†	753 \pm 32,6a	919 \pm 37,5b
70	1.317 \pm 87,1a	1.529 \pm 43,4a	1.785 \pm 61,0b
105	1.916 \pm 122,4a	2.228 \pm 67,9a	2.545 \pm 84,9b
Carora			
35	609 \pm 67,3	616 \pm 12,3	698 \pm 26,6
70	1.296 \pm 165,4	1.215 \pm 22,2	1.402 \pm 53,0
105	1.946 \pm 314,0	1.822 \pm 15,3	2.091 \pm 73,9

† Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre promedios ($P < 0,01$).

animal, constituyen una ganancia importante en los sistemas de producción lechera en nuestro país.

La respuesta obtenida en las vacas Carora pudiese ser explicada por el uso de una dieta desbalanceada, con déficit en el aporte de energía y proteína, que aunado al manejo propio de los animales en la unidad de producción, no favoreció la respuesta esperada con el uso del SC. Respuestas similares han sido reportadas por Arambel y Kent (1990) y Swartz *et al.* (1994). No obstante, las vacas Carora del GE tuvieron una mayor producción de leche que la reportada por Alonso (1999), en vacas de esta raza suplementadas con harina de pescado. Por otra parte, la diferencia de edad en las vacas Carora del GC (la mayoría de las vacas tenían 5 años) y del GE (edad promedio 4 años), pudiese constituir una razón más que explicase la respuesta obtenida. Según Schmidt y Van Vleck (1974), vacas de 1 y 2 partos producen aproximadamente 75 y 85%, respectivamente, de la leche que una vaca adulta.

Producción de grasa

La suplementación con SC afectó la producción de grasa acumulada a las 3 semanas de lactancia en las vacas Holstein, observándose que las vacas del GE produjeron más grasa (18,2 kg; $P < 0,01$) que las vacas del GC (16,7 kg). Esta respuesta se mantuvo hasta las 6 semanas de lactancia (Figura 1), cuando las vacas del GE produjeron 35,8 kg ($P < 0,01$), mientras que las vacas del GC produjeron 31 kg, lo que significan

3,5 kg más de grasa en las 6 primeras semanas de lactancia.

Por otra parte, el número de partos afectó la producción acumulada de grasa en las vacas Holstein a las 3 semanas de lactancia (Cuadro 5), momento en el cual las vacas de 3 ó más partos produjeron 18,2 kg ($P < 0,01$) más grasa que las vacas de 1 y 2 partos (15,3 y 16,7 kg, respectivamente). Igual respuesta se observó a las 6 semanas de lactancia, cuando las vacas de 3 ó más partos produjeron más grasa (35,5 kg; $P < 0,01$) que las vacas de 1 y 2 partos (28,8 y 32 kg, respectivamente).

En las vacas Carora, la adición del SC no afectó la producción de grasa acumulada a las 3 semanas de lactancia; sin embargo, se observó una tendencia en el GE a producir más kilogramos de grasa (15,7 kg; $P < 0,10$) que el GC (14,9 kg). Igual respuesta se observó a las 6 semanas de lactancia, cuando las vacas del GE produjeron más grasa (32,2 kg; $P < 0,10$) que las vacas del GC (30,1 kg). El número de partos no afectó la producción de grasa acumulada a las 3 y 6 semanas de lactancia en las vacas Carora. Estos resultados difieren de los obtenidos por Arambel *et al.* (1990), Wholt *et al.* (1991), Chiquette (1995) y Dann *et al.* (2000), pero coinciden con los de Swartz *et al.* (1994) y Kung *et al.* (1997), reportando estos últimos que a pesar de no obtener diferencias entre los tratamientos, las vacas que consumieron levaduras produjeron más grasa que el grupo control.

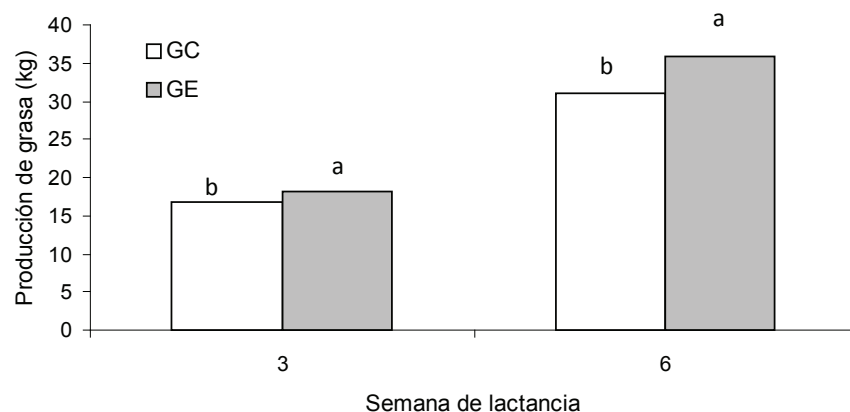


Figura 1. Efecto del *Saccharomyces cerevisiae* sobre la producción de grasa acumulada a la tercera y sexta semana de lactancia en vacas Holstein.

Cuadro 5. Efecto del número de partos sobre la producción de grasa acumulada a la 3^{ra} y 6^{ta} semana de lactancia en vacas Holstein.

Lactancia semana	Número de parto		
	1	2	3 o más
3	15,3 ± 1,4b†	16,7 ± 1,2b	18,2 ± 0,7a
6	28,8 ± 2,4b	32,0 ± 1,6b	35,5 ± 1,4a

†Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre promedios ($P < 0,01$).

En el presente trabajo, la adición de SC favoreció un incremento de 4,8 y 2,1 kg de grasa acumulados a las 6 semanas de lactancia en las vacas Holstein y Carora, respectivamente. Igualmente las vacas con 3 ó más partos produjeron 6,7 y 3,5 kg más de grasa acumulada a las 6 semanas de lactancia que las vacas de 1 y 2 partos, respectivamente, en el grupo racial H. Similar tendencia se observó en las vacas Carora de 3 o más partos que produjeron 2,7 y 5,2 kg, respectivamente, más de grasa acumulada a las 6 semanas de lactancia, en relación con las vacas de 1 y 2 partos. Tal respuesta pudiese ser debida al modo de acción del SC que optimiza el metabolismo ruminal y permite una mejor digestión de la fibra presente en la dieta (Wallace y Newbold, 1993).

El uso del *Saccharomyces cerevisiae* cepa 1026 ejerció un efecto positivo en la producción de grasa, incorporando valor agregado a la leche producida.

CONCLUSIONES

El presente estudio ofrece una evaluación inicial del efecto de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, como aditivo de la alimentación al inicio de la lactancia de vacas lecheras en el sistema de producción de leche de la zona alta del estado Mérida, Venezuela.

La calidad de la dieta ofrecida a las vacas es determinante en la respuesta a obtener con el uso de la levadura SC. En dietas con alto uso de alimento concentrado, la levadura SC mostró tener un efecto positivo en la producción de leche y grasa, lo que evidencia que la levadura mejora las condiciones del rumen.

Los resultados obtenidos en las vacas Holstein permiten sugerir el uso de la levadura SC como estrategia de alimentación durante el período de transición.

LITERATURA CITADA

- Alonso R.J. 1999. Efecto de la suplementación proteica durante el postparto sobre las características productivas en vacas Carora. Tesis de Grado. Postgrado en Producción Animal. Universidad Central de Venezuela, Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela.
- Alonzo R., E. Mirales y J. Killon. 1993. Effect of viable yeast culture (Yea-Sacc 1026) on milk yield of Holstein cows and weight gain in calves at 90 days. *J. Anim. Sci.*, 71(Suppl. 1): 289.
- Andrieu S. 2006. Feed efficiency the key success factor. *Inter. Dairy Topics*, 5: 9-10.
- AOAC. 1975. Official Methods of Analysis. 12^{ma} ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington. EUA.
- Arambel M.J. y B.A. Kent. 1990. Effect of yeast culture on nutrient digestibility and milk yield response in early to mid-lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 73: 1560-1563.
- Arriojas L. y E. Chacón. 1989. Producción de materia seca, valor nutritivo y valor alimenticio de las pasturas introducidas en las sabanas venezolanas. *En* Plasse D. y N. Peña de Borsotti (Eds). V Cursillo sobre Bovinos de Carne. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. pp. 215-231.
- Chiquette J. 1995. *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae*, used alone or in combination, as a feed supplement for beef and dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, 75: 405-411.
- Dann H.M., J.K. Drackley, G.C. McCoy, M.F. Hutjens y J.E. Garrett. 2000. Effects of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on prepartum intake and postpartum intake and milk production of Jersey cows. *J. Dairy Sci.*, 83: 123-131.
- Dawson K.A. 1993. The use of yeast culture in animals feeds: a scientific application of direct fed microbials and challenges of the future. *En* Lyons T.P. (Ed). Biotechnology in the Feed Industry. Proc. Alltech's Annual Symposium. EUA. p. 169.
- Dawson K. e I.D. Girard. 1997. Biochemical and physiological basis for the stimulatory effects of yeast preparations on ruminal bacteria. *En* Lyons T.P. (Ed). Biotechnology in the Feed Industry. Proc. Alltech's Annual Symposium. EUA. p. 293.
- Desmond C. 2006. The effect of Yea-sacc supplementation on the rumen physiology of lactating dairy cows. Lyons Research Farm. Alltech Pub. Paris, Francia.
- Dolezal P., J. Dolezal y J. Trinacty. 2005. The effect of *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation in dairy cows. *Czech. J. Anim. Sci.*, 50: 503-510.
- Erasmus L.J., P.H. Robinson, A. Ahmadi, R. Hinders y J.E. Garrett. 2005. Influence of prepartum and postpartum supplementation of yeast culture and monensin, or both, on ruminal fermentation and performance of multiparous dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 122: 219-239.
- Jordan E.R. y R.H. Fourdraine. 1993. Characterization of the management practices of the top milk producing herds in the country. *J. Dairy Sci.*, 76: 3247-3256.
- Kim H.S., B.S. Ahn, S.G. Chung, Y.H. Moon, J.K. Ha, I.J. Seo, B.H. Ahn y S.S. Lee. 2006. Effect of yeast culture, fungal fermentation extract and non-ionic surfactant on performance of Holstein cows during transition period. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 126: 23-29.
- Kung L.J.R., E.M. Kreck, R.S. Tung, A.O. Hession. A.C. Sheperd, M.A. Cohen, H.E. Swain y J.A.Z. Leedle. 1997. Effects of live yeast culture and enzymes on in vitro ruminal fermentation and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 80: 2045-2051.
- Maynard L.A., J.K. Loosli, H.F. Hintz y R.G. Warner. 1979. *Nutrición Animal*. 4^{ta} ed. McGraw-Hill. México.
- NRC. 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6^{ta} ed. National Academy Press, Washington. EUA.
- Pitamic S. 1994. Effect of yeast culture in diets fed dairy cows on energy balance, rumen fermentation and milk production in early

- lactation. Supplement Proc. Alltech's 10th Annual Symposium. Alltech Technical Publications. Nicholasville, KY. EUA.
- Putnam D.E., C.G. Schwab, M.T. Socha, N.L. Whitehouse, N.A. Kierstead y B.D. Garthwaite. 1997. Effect of yeast culture in the diets of early lactation dairy cows on ruminal fermentation and passage of nitrogen fractions and amino acids to the small intestine. *J. Dairy Sci.*, 80: 374-380.
- Shaver R.D., J.E. Pas y G. Pas. 1997. Effect of dietary yeast culture on milk yield, composition, and component yields at commercial dairies. *Proff. Anim. Sci.*, 13: 204-207.
- Schmidt G.H. y L.D. Van Vleck. 1974. Bases Científicas de la Producción Lechera. Edit. Zaragoza. España.
- Swartz D.L., L.D. Muller, G.W. Rogers y G.A. Varga. 1994. Effect of yeast cultures on performance of lactating dairy cows: A field study. *J. Dairy Sci.*, 77: 3073-3080.
- Wallace R.J. y C.J. Newbold. 1993. Rumen fermentation and its manipulation: the development of yeast cultures as feed additives. *En Lyons T.P. (Ed). Biotechnology in the Feed Industry. Proc. Alltech's 9^{no} Annual Symposium. USA. p. 173.*
- Wohlt J.E., A.D. Finkelstein y C.H. Chung. 1991. Yeast culture to improve intake, nutrient digestibility, and performance by dairy cattle early lactation. *J. Dairy. Sci.*, 74: 1395-1400.
- Wohlt J.E., T.T. Corcione y P.K. Zajac. 1998. Effect of yeast on feed intake and performance of cows fed diets based on corn silage during early lactation. *J. Dairy Sci.*, 81: 1345-1352.

Etología de vaquillas doble propósito en un sistema silvopastoril durante el período seco en una sabana tropical

Freddy Espinoza^{1*}, Rafael Alejo Hernández² y Luis Folache¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Apartado Postal 4653. Maracay 2101, Aragua, Venezuela. *Correo electrónico: f_espinoza@inia.gob.ve

² Ing. Forestal. Ejercicio libre profesión, Mérida, Mérida, Venezuela.

RESUMEN

Con el objetivo de cuantificar el tiempo dedicado a las actividades realizadas por vaquillas doble propósito en un sistema silvopastoril durante el período seco, se llevó a cabo un estudio en el municipio San José de Guaribe, al Nororiente del estado Guárico, Venezuela. Se establecieron tres tratamientos, SP: Pastoreo en pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), ARB: Pastoreo en pasto estrella con acceso restringido al bosque y LAB: Pastoreo en pasto estrella con libre acceso al bosque. Se utilizó una presión de pastoreo de 6 kg MS/100 kg PV en función de la oferta de gramíneas. Se introdujeron siete vaquillas en SP, seis en ARB y 10 en LAB en potreros de 0,5; 0,5 y 3 ha, respectivamente. Se observaron las siguientes actividades por tres días consecutivos: pastoreo, rumia, hojarasqueo (consumo de hojas caídas secas), ramoneo, descanso, ingesta de agua, excreción fecal y urinaria. El diseño utilizado fue completamente al azar, donde cada animal representó una réplica (tres/tratamiento). Los datos fueron analizados a través de estadística descriptiva. La distribución del tiempo de pastoreo tanto en el día como en la noche, tienden a ser diferentes, siendo mayor para SP (pastoreo en estrella) con un total de 53%; mientras que en ARB y LAB osciló entre 41 y 43%, respectivamente. Los animales tendieron a rumiar de forma postrada durante las horas nocturnas con un promedio de 20%. Durante el día cuando los animales se introducen al bosque el hojarasqueo es la actividad más importante (9%). El pastoreo de los animales en SP y ARB fue durante las primeras horas de la mañana, mientras que en LAB fue el hojarasqueo. Se encontró una mayor diversidad de ciclos de pastoreo en SP. Se concluye que la introducción o utilización de otros componentes vegetales consumibles por los animales, además de incrementar la disponibilidad y el consumo de materia seca durante el período seco, modifica la etología.

Palabras clave: pastoreo, hojarasqueo, rumia, ramoneo, bosque, vaquillas

Ethology of double purpose heifers in a silvopastoral system during the dry season in a tropical savanna

ABSTRACT

In order to evaluate the behaviour of double purpose heifers in a tropical dry forest during the dry season, it was carried out a study during the dry season in the municipality of San José de Guaribe at North of Guárico state, Venezuela. Treatments were G: Grazing of star grass, *Cynodon nlemfuensis*, GRA: Grazing of *C. nlemfuensis* with restricted access to forest, and GFA: Grazing of *C. nlemfuensis* with free access to the forest. A grazing pressure of 6 kg DM/100 kg LW was used. Seven heifers in G, six in GRA, and 10 in GFA were used in paddocks of 0.5, 0.5 and 3 ha, respectively. The evaluation was made during three days following the activities of the animals: grazing, ruminating, intake of fallen leaves, water drinking, browsing, resting, defecating, and urinating. A design of blocks at random was used, where each animal represented a repetition (three/treatment). The data were analyzed through descriptive statistic. The distribution of the grazing time tended to be different, being higher for G with a total of 53%; whereas in GRA and GFA it varied between 41 and 43%. Animals tended to

ruminant prostrated during the nocturnal hours with average of 20%. During the day when the animals entered to the forest, the intake of fallen leaves was the most important activity (9%). Grazing of the animals in G and GRA was around sunrise, whereas in GFA was the intake of fallen leaves. A greater diversity of cycles of grazing was obtained in G. It is concluded that the introduction or use of other consumable plant components by the animals, besides to increase the availability and consumption of dry matter during the dry season, modify the ethology.

Key words: grazing, ruminating, intake of fallen leaves, water drink, browsing, resting, defecating, urinating.

INTRODUCCIÓN

La etología analiza los diferentes aspectos que rigen el comportamiento animal en condiciones naturales o modificadas, a fin de implementar en forma correcta planes de manejo, alimentación o sanidad (De Elía, 2002). Además, tiene la ventaja de utilizar varias subdisciplinas de la biología, como por ejemplo la ecología, neurobiología y la evolución biológica (Miklósi, 1999), por lo que es una ciencia integradora.

Estudios sobre el comportamiento diurno indican que depende en gran medida de la fisiología digestiva de las especies animales, como es el caso de los rumiantes que necesitan de un tiempo para el proceso de rumia y degradación de los alimentos fibrosos. En este tipo de animales los mayores picos de pastoreo se observan durante las primeras horas del día y antes de la puesta del sol (Arnold y Dudzinski, 1978).

En los llanos centrales de Venezuela, muchos productores utilizan el recurso bosque de manera extensiva, con la finalidad de mantener a los animales durante dicho período. Estudios recientes de Miliani *et al.* (2008a,b) han demostrado como el uso del bosque incrementa considerablemente la disponibilidad de materia seca, obteniéndose un mayor consumo de materia seca por concepto de una mayor diversidad de especies vegetales en la dieta de los animales. Durante la época seca, la ganadería tradicional de los llanos venezolanos depende del pastoreo exclusivo de gramíneas nativas e introducidas, las cuales al detener su crecimiento por ausencia hídrica, provocan pérdidas de peso en los animales e incluso hasta puede provocar su muerte. Sin embargo, en los potreros donde se conservan áreas boscosas, se obtiene una apreciable cantidad de hojarasca, flores, frutos e incluso cortezas en los periodos más críticos, suministrando una oferta forrajera de buena calidad (Baldizán *et al.*, 1996; Baldizán y Chacón, 1998, 2000).

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el tiempo dedicado a las actividades de pastoreo, ramoneo, hojarasqueo, rumia, descanso, ingesta de agua, defecación y micción de vaquillas doble propósito en un sistema silvopastoril durante el período seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo durante el mes de febrero del año 2007 en la finca "Mi Querencia" ubicada entre las coordenadas geográficas 9° 40' 44" N y 66° 00' 54" O en el municipio San José de Guaribe, al nororiente del estado Guárico, Venezuela, el cual se clasifica en la zona de vida correspondiente al Bosque Seco Tropical (Ewel *et al.*, 1968) en la Cuenca del río Unare.

La Figura 1 muestra el período de precipitaciones en la zona de Valle de La Pascua, cercana a San José de Guaribe, donde se presenta el exceso hídrico con una duración de siete meses (mayo a noviembre) y un déficit de humedad de cinco meses (diciembre a abril). La temperatura promedio anual es 27°C alcanzando una máxima de 28,5°C en el mes de abril (FAV, 2006). Los suelos del área en estudio son de textura franca con bajo contenido de fósforo (7 mg/kg), altos en potasio, calcio y magnesio (227, 540 y 520 mg/kg, respectivamente), contenido medio de materia orgánica (2,67%) y pH moderadamente ácido (5,75).

Se utilizaron tres tratamientos, SP: Pastoreo en pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) libre de árboles y arbustos, ARB: Pastoreo en pasto estrella con acceso restringido al bosque (desde las 11:00 hasta las 16:00 h) y LAB: Pastoreo en pasto estrella con libre acceso al bosque. Se utilizaron vaquillas mestizas doble propósito de raza predominante cebú con edades similares y peso cercano a los 280 kg, asignadas de acuerdo a la oferta de materia seca de la gramínea presente en los potreros de cada tratamiento, a los fines de garantizar una presión de pastoreo de 6 kg MS/100 kg PV. Se introdujeron siete, seis y 10 vaquillas en SP,

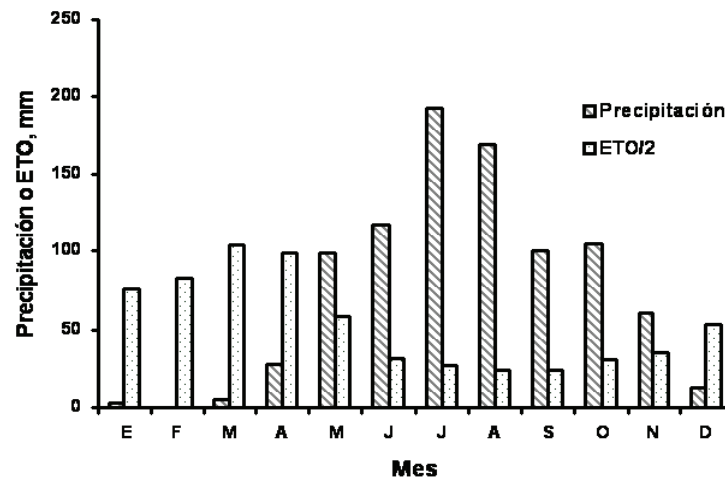


Figura 1. Promedios mensuales de precipitación y evapotranspiración de la zona de Valle de la Pascua durante el periodo 2000-2005. Fuente: FAV (2006).

ARB y LAB con un peso total de 1.950, 1.650 y 2.770 kg, respectivamente.

Los animales en SP y ARB fueron colocados en potreros de pasto estrella de 0,5 ha, mientras que LAB se colocaron en un potrero de 3 ha de pasto. El área de bosque, tanto en ARB como en LAB, fue 2 ha para cada uno.

En vista que por tradición, el productor usa el bosque para alimentar los animales, para efectos de la investigación se utilizó un período de acostumbramiento para cada grupo de animales de cuatro días consecutivos a fin de evitar reagrupamiento. En ARB se seleccionó el horario de 11:00 a 16:00 h, en virtud que durante ese lapso de tiempo es mayor la radiación solar.

Posterior al acostumbramiento, durante tres días consecutivos se realizaron las observaciones de las actividades de los animales: pastoreo, rumia, hojarasqueo (consumo de hojas caídas secas), ramoneo, descanso (momento cuando el animal duerme o no está rumiando), ingesta de agua, excreción fecal y urinaria. Para la ingesta de agua se dispusieron dos bebederos/tratamiento con capacidad de 500 L c/u, ubicados a la orilla de la cerca.

Del total de los animales asignados a cada tratamiento, se escogieron tres bovinos para ser observados por una persona para cada tratamiento (tres observadores), identificando a los animales con pintura a fin de evaluar su etología, mediante una

planilla elaborada para tal fin. Se establecieron dos grupos de personas (grupos A y B, total seis personas), los cuales se rotaron para realizar observaciones de 12 h seguidas c/u por 3 días consecutivos. Las observaciones fueron realizadas desde una garita ubicada a un costado de la cerca de los potreros del bosque, usando binoculares (campo 16 x 50) y sin intervenir en las actividades de los animales. Se consideró como noche el tiempo comprendido entre las 18:01 y 5:59 h.

El diseño utilizado fue completamente al azar, donde cada animal representó una réplica (tres/tratamiento). Los datos fueron analizados a través de la estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pastoreo

El tiempo de pastoreo fue mayor en SP (766 min), mientras que en los tratamientos donde se usó el bosque fue similar (591 a 599 min) con un coeficiente de variación (cv) de 10,7%. Sin embargo, al adicionar las otras actividades de consumo de forrajes (hojarasqueo y ramoneo), los animales de ARB y LAB incrementaron el tiempo de alimentación a 742 y 813 min, respectivamente (cv de 20 y 24% para ARB y LAB, respectivamente), lo que indica un mayor uso del tiempo en las actividades relacionadas al consumo por parte de los animales que usan el bosque (Cuadro 1). Villares y Leme da Rocha (1950)

Cuadro 1. Tiempo requerido por vaquillas en crecimiento para realizar sus actividades diarias, en función de 24 horas del día (1.440 min).

Tratamiento	Rumia			Descanso		Hojarasqueo	Ramoneo
	Pastoreo	Pie	Postrado	Pie	Postrado		
----- min -----							
SP	766 ± 64	99 ± 32	349 ± 88	99 ± 21	127 ± 21	-	-
ARB	591 ± 60	137 ± 34	396 ± 45	103 ± 41	62 ± 24	131 ± 75	20 ± 12
LAB	599 ± 85	81 ± 35	413 ± 74	48 ± 23	85 ± 30	199 ± 80	15 ± 9

evaluando el comportamiento de novillos en pasturas naturales tropicales observaron que los animales mestizos pastoreaban un promedio de 11,04 h, valor inferior al obtenido con el tratamiento SP (12,76 h). Considerando el tiempo total de consumo de forrajes del presente estudio, se observa que los tiempos dedicados a estas actividades en vaquillas mestizas doble propósito utilizando el recurso bosque (12,4 a 13,6 h) son igualmente superiores a los obtenidos por los autores anteriores (Cuadro 1).

La distribución del tiempo dedicado al pastoreo, tanto en el día como en la noche, tendió a ser diferente (Cuadro 2), siendo mayor para SP (pastoreo en estrella) con un total de 53% (32 y 21% para el día y la noche, respectivamente). En los tratamientos de acceso restringido y libre acceso el tiempo dedicado al pastoreo fue menor (41 a 43%), con una distribución del pastoreo similar tanto en el día (24 a 25% para LAB y ARB, respectivamente) como en la noche (16 a 19% para ARB y LAB, respectivamente). La respuesta del SP se debe a que bajo este tratamiento solo existe el pasto como recurso alimenticio para los animales, por lo cual estos no tienen otra alternativa de selección de dieta. Arnold y Dudzinski (1978) encontraron que los animales tienden a pastorear en las primeras horas de la mañana y en la puesta del sol, observando que la actividad pastoril se encuentra influenciada por factores climáticos y la presión de pastoreo. Tal apreciación es compartida igualmente por Erlinger *et al.* (1990) quienes consideran que la duración del día es un factor determinante que influye notoriamente en el tiempo de pastoreo nocturno.

En SP se presentó un total de 10 ciclos (considerado como el número de veces que se repite la actividad) de pastoreo, 12 para LAB y solo cuatro para ARB, reflejándose en este último un ciclo largo de pastoreo en las últimas horas de la tarde y hasta entrada la noche (16:00 a 22:30 h) (Figuras 2, 3 y 4).

Rumia

El total de rumia fue 448, 533 y 494 min para SP, ARB y LAB, respectivamente con un coeficiente de variación promedio de 26%. El Cuadro 2 muestra que el tiempo total destinado para esta actividad fue mayor en forma postrada (25 a 29%) en comparación a la rumia de pie (6 a 9%). Igualmente, los animales tendieron a rumiar postrados durante las horas nocturnas (4 y 20% en promedio, para el día y la noche, respectivamente). Sin embargo, la distribución del tiempo de rumia fue similar en los tres tratamientos.

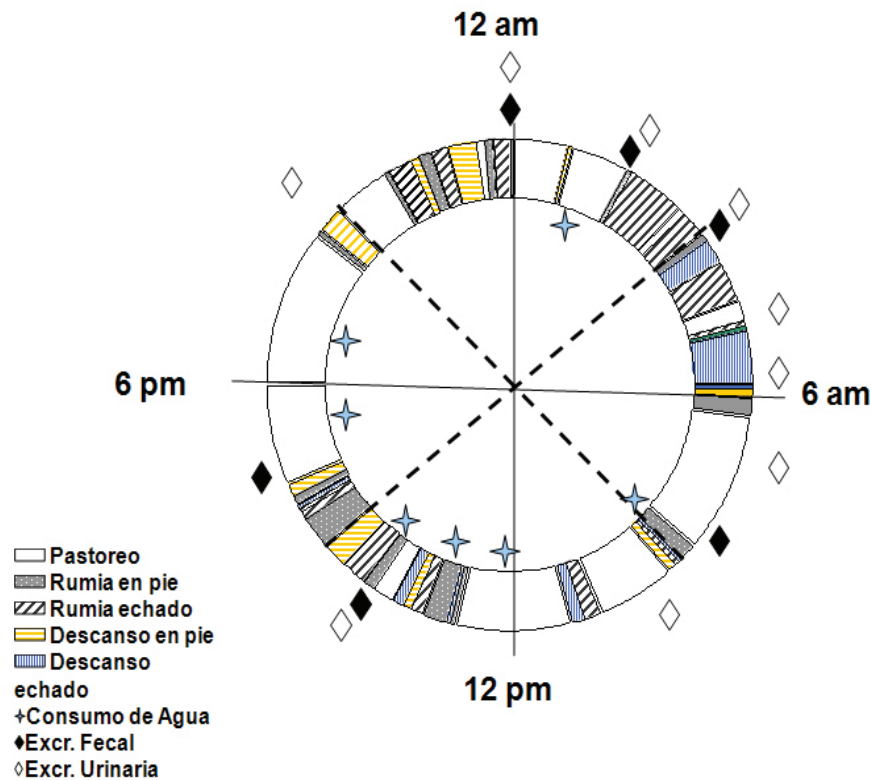
Los resultados permiten inferir que cuando los animales fueron restringidos en la utilización de gramíneas, además de incrementarse el tiempo de pastoreo en las horas nocturnas, también aumenta el tiempo de rumia, ya que a partir de las 00:00 h se observó una actividad constante de rumia postrado hasta las 6:00 h, alternando con períodos cortos de rumia en pie y descanso (Figura 3).

Las Figuras 2 y 3 muestran los etogramas de los tratamientos solo pasto y acceso restringido al bosque, observándose que luego de una breve rumia, el pastoreo es la primera actividad que se realiza en las primeras horas de la mañana (6:00 a 9:00 h), mientras que en libre acceso, también después de un ciclo corto de rumia la actividad inmediata es

Cuadro 2. Distribución porcentual del tiempo de las actividades rutinarias de vaquillas mestizas doble propósito utilizando el recurso bosque.

Actividad	Tratamiento†					
	SP		ARB		LAB	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
	----- % -----					
Pastoreo	32	21	25	16	24	19
Rumia Postrado	6	19	6	21	9	20
Rumia de Pie	5	2	4	5	2	4
Descanso Postrado	3	6	1	4	3	5
Descanso de Pie	4	2	3	4	1	1
Ramoneo	-	-	2	-	1	0
Hojarasqueo	-	-	9	-	10	1

†Tratamiento: SP, Pastoreo en pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) libre de árboles; ARB, Pastoreo en pasto estrella con acceso restringido al bosque; LAB, Pastoreo en pasto estrella con libre acceso al bosque.

Figura 2. Etograma diario de vaquillas doble propósito pastoreando *Cynodon nlemfuensis*.

el hojarasqueo (Figura 4). Esta respuesta pareciera indicar que en condiciones de libre acceso a bosque en el período seco, los animales prefieren consumir hojarasca en las primeras horas de la mañana antes que pastorear.

Se obtuvo un total de 26 ciclos para SP (15 de pie y 11 postrado), mientras que en los tratamientos en bosque fueron 14 (7 de pie y 7 postrado) y 16 ciclos (7 de pie y 9 postrado) para ARB y LAB, respectivamente. De Elía (2002) consideró que el

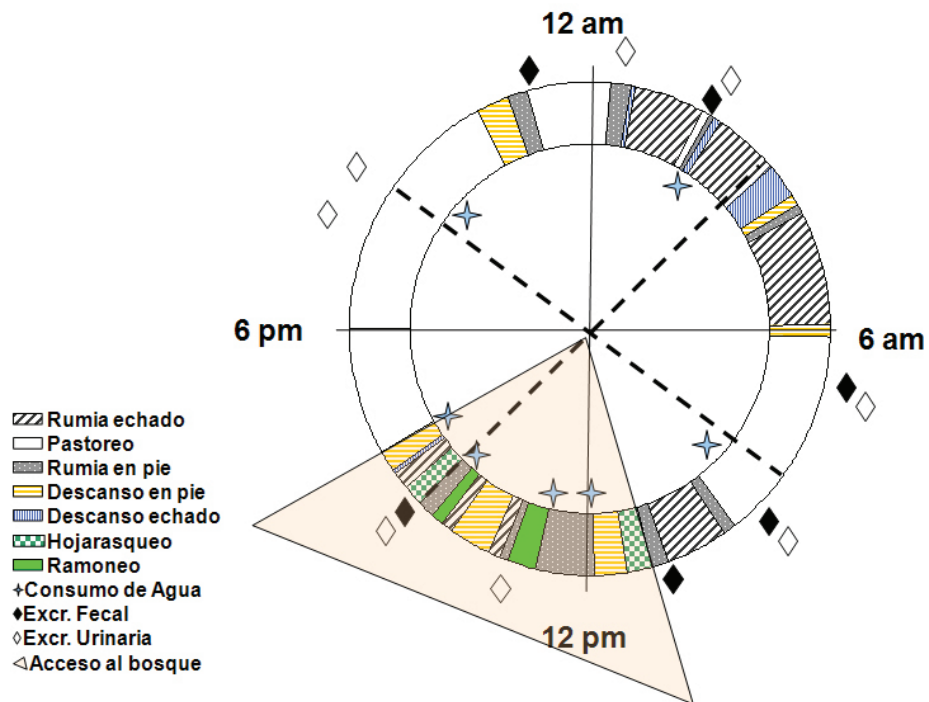


Figura 3. Etograma diario de vaquillas doble propósito pastoreando *Cynodon nlemfuensis* con acceso restringido al bosque

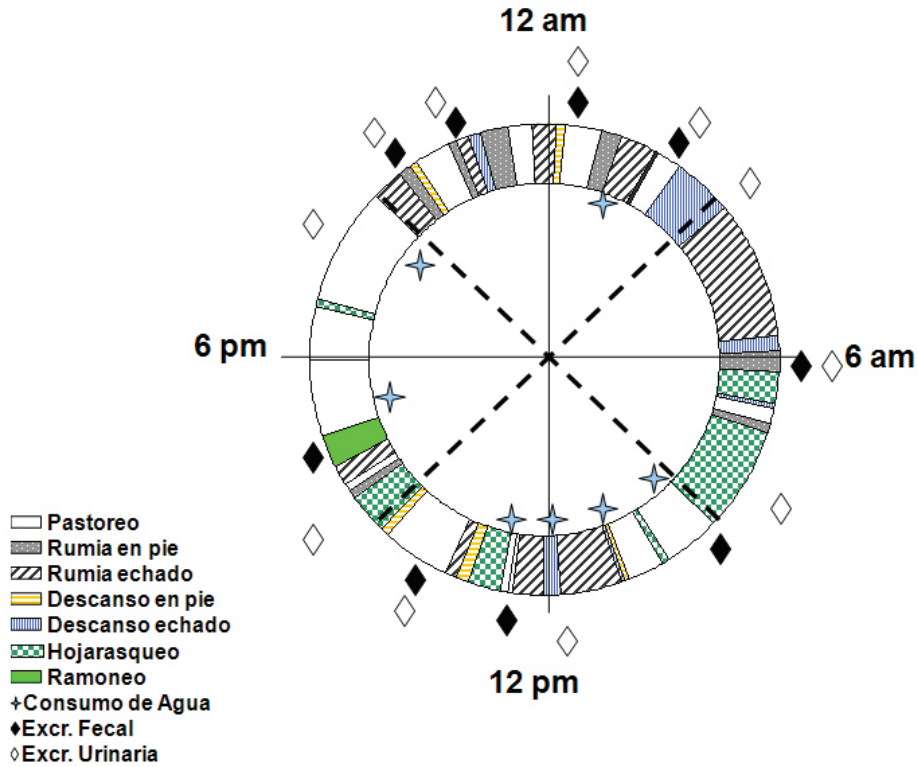


Figura 4. Etograma diario de vaquillas doble propósito pastoreando *Cynodon nlemfuensis* con libre acceso al bosque.

período de rumia se encuentra poco después de la caída de la noche, disminuyendo progresivamente a lo largo del día, obteniendo valores promedios de 15 a 20 ciclos diarios, valores inferiores a los observados en el tratamiento SP.

Descanso

Los animales del tratamiento SP tuvieron mayor tiempo de descanso (226 min), mientras que en ARB y LAB fue 165 y 133 min, respectivamente, motivado a que en estos dos últimos tratamientos los animales utilizan su tiempo para otras actividades, como el hojarasqueo y el ramoneo (Cuadro 1). No se observó un patrón definido, en cuanto a la distribución del tiempo entre el día y la noche en todos los tratamientos, ya que dicha distribución es similar, oscilando entre el 1 y 6% del tiempo total (Cuadro 2).

Hojarasqueo

Durante el día, cuando los animales se introdujeron al bosque, se observó que después del pastoreo el hojarasqueo fue la actividad más importante (9%, Cuadro 2). Ello probablemente se debió a que la hojarasca fue el recurso alimenticio más abundante y accesible a los animales. Entre las especies predominantes en estos bosques, en su mayoría de especies caducifolias, se encuentran *Guasima ulmifolia*, *Tabebuia chrysantha*, *Lonchocarpus ernestii*, *Pithecelobium saman*, *Hura crepitans*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Spondias mombin*, *Cerrantonia siliqua*, *Acacia glomerosa*, *Acacia macracantha*, *Cordia* sp., *Cordia thaisiana* y *Arabidaea brachypoda*, entre otras (Rengifo, 2007; Miliani *et al.*, 2008a,c).

El comportamiento animal en el tratamiento LAB es que los animales prefieren hojarasquear antes que pastorear en las primeras horas del día. En este sentido, esta actitud pareciera indicar, que en el caso que se use acceso restringido al bosque, los animales deben ser introducidos en las primeras horas de la mañana, en virtud del mejor aprovechamiento del recurso bosque. Así, los resultados mostrados contradicen la teoría de De Elía (2002), donde considera que el máximo pastoreo se realiza en horas de la mañana a tempranas horas y al anochecer, y que durante el resto del día se alternan descanso, rumia y pastoreo, lo que implica un cambio de actitud en los animales cuando se utilizan sistemas silvopastoriles.

Cuando los animales se encontraron en libre acceso se presentó un mayor número de ciclos en el hojarasqueo en comparación a ARB (5 vs. 2 ciclos, Figuras 3 y 4). Las actividades de los animales cuando están dentro del bosque fueron el hojarasqueo, ramoneo y descanso en pie, siendo el descanso postrado el de menor proporción (Figura 3). Se encontró un promedio de 2,18 h de hojarasqueo para ARB, mientras que en LAB los animales dedicaron 3,32 h para dicha actividad, lo cual sugiere un mayor tiempo de consumo de una oferta quizás de mejor valor nutritivo (Cuadro 1).

Los datos observados permiten indicar que la introducción de otros componentes alimenticios, diferentes al recurso graminiforme, modificó el comportamiento para la selección de la dieta del animal.

Ramoneo

El tiempo de ramoneo fue similar en ambos tratamientos (20 y 15 min para ARB y LAB, respectivamente), representando 2% del total de actividades ejercido por los animales. Estos bajos valores posiblemente se deban a dos factores: el primero por problemas de accesibilidad a las especies presentes, ya que son árboles y arbustos superiores a 2 m de altura. El segundo factor podría ser la presencia de compuestos secundarios en las plantas. Baldizán y Chacón (2001) encontraron en un bosque seco tropical del estado Aragua, con especies arbóreas y arbustivas similares al presente estudio, que 81% de las plantas evaluadas (31 plantas) presentaron algún tipo de taninos, polifenoles, alcaloides, saponinas y/o cianógenos.

Ingesta de agua y excreción

En cuanto a la ingesta de agua y la excreción urinaria, los ciclos fueron similares para todos los tratamientos y se observó mayor número de veces de excreción fecal en LAB. Las excretas fecales estuvieron distribuidas de forma regular durante la noche y el día (Figuras 2, 3 y 4). Hubo un mayor número de excreciones urinarias durante la noche, posiblemente debido a las condiciones climáticas en horas de la noche y madrugada donde la temperatura fue mas baja y a la ingesta de agua durante la tarde. Trabajos previos indican que el consumo de agua es mayor en horas de la tarde que en las horas de penumbra u oscuridad (Valle, 2008).

Los animales bebieron mucho mas agua en las horas de las tarde, tiempo en la cual las radiaciones del sol son mas fuertes. No obstante, en el caso de libre acceso al bosque, la mayor cantidad de ingesta de agua fue durante la mañana (Figura 4), lo que estaría relacionado con el consumo de hojarasca, por ser un material muy seco. El número de veces en que un animal toma agua depende del tipo de forraje, factores ambientales y la distribución o puntos de agua (Arnold y Dudzinski, 1978).

CONCLUSIONES

La utilización del bosque durante el período seco modificó la etología de los animales, obteniéndose las actividades de ramoneo y hojarasqueo como componentes importantes en el proceso de selección de la dieta animal, incrementando el tiempo de consumo de materia seca cuando el animal tiene libre acceso al bosque.

El estudio permite recomendar el uso del bosque por los animales durante las primeras horas del día, cuando se utilice el acceso restringido al mismo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Inv. Yris Díaz del INIA-Ceniap por su colaboración desinteresada a través del SubProyecto: "Desarrollo y utilización de los bancos de energía y proteína para la alimentación de bovinos doble propósito en la altiplanicie de los llanos centrales". Asimismo, desean agradecer al productor Juan Carlos Figueroa por permitir llevar a cabo el experimento en su finca.

LITERATURA CITADA

- Arnold G. y M. Dudzinski. 1978. *Ethology of Free Ranging Domestic Animals*. CSIRO, Developments in Animal and Veterinary Sciences, Elsevier. Australia.
- Baldizán A. y E. Chacón. 2001. Utilización de especies naturales del bosque seco tropical por pequeños rumiantes a libre pastoreo. Memorias III Congreso Nacional y I Congreso Internacional de Ovinos y Caprinos. Maracay, Venezuela. pp. 59-81.
- Baldizán A. y E. Chacón. 2000. Potencial de la vegetación del bosque deciduo tropical para la producción con bovinos a pastoreo. *En Chacón E. y A. Baldizán. (Eds). I Simposium sobre Recursos y Tecnologías Alimentarias para la Producción Bovina y Pastoreo en Condiciones Tropicales. Pastca, Fonleche y FCV/UCV. San Cristóbal, Venezuela. pp 85-108.*
- Baldizán A. y E. Chacón. 1998. Valor nutritivo de los forrajes y otros recursos alimentarios en los Llanos Centrales de Venezuela. I Curso sobre Manejo de Pastura para la Producción con Rumiantes "Dr. Eduardo Chacon". Universidad Rómulo Gallegos. San Juan de los Morros, Venezuela. pp. 65-89
- Baldizán A., E. Chacón y G. Virguez. 1996. Sistema de producción a pastoreo con pequeños rumiantes. I Curso sobre Manejo Alimentario de Ovinos y Caprinos a Pastoreo. Sovepaf y UNERG. San Juan de los Morros, Venezuela. pp. 35-60.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1983. Germoplasma Forrajero Bajo Pastoreo en Pequeñas Parcelas. Metodologías de Evaluación. CIAT, Cali, Colombia.
- De Elía M. 2002. Etología y comportamiento del bovino. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_bovinos/45-etologia_y_comportamiento.pdf
- Erlinger L., D. Tolleson y C. Brown. 1990. Comparison of bite size, biting rate and grazing time of beef heifers from herds distinguished by mature size and rate of maturity. *J. Anim. Sci.*, 68: 3578-3587.
- Ewel J., A. Madriz y J. Tosi. 1968. Zonas de Vida de Venezuela. Ed. Sucre, Caracas, Venezuela.
- FAV (Fuerza Aérea Venezolana). 2006. Registro meteorológico de la estación Valle de la Pascua. Período 2000-2005. Servicio de Meteorología. FAV, Valle de La Pascua, Venezuela.
- Miklósi A. 1999. The ethological analysis of imitation. *Biol. Rev.*, 74: 347-374
- Miliani T., F. Espinoza, J.L. Gil, A. Baldizán e Y. Díaz. 2008a. Oferta de forraje en un sistema silvopastoril en la región noreste de Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 26(3): 297-300.

- Miliani T., F. Espinoza, J.L. Gil y A. Baldizán. 2008b. Utilización de un bosque deciduo por bovinos a pastoreo. *Zootecnia Trop.*, 26(3): 301-304.
- Miliani T., F. Espinoza, J.L. Gil, A. Baldizán e Y. Díaz. 2008c. Composición botánica de un bosque seco tropical al noreste del estado Guárico, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 26(3): 211-214.
- Rengifo Z. 2007. Propuesta de un programa forrajero en dos fincas de doble propósito en el municipio San José de Guaribe, estado Guárico. Tesis Grado Ing. Agr. Univ. Central Venezuela, Maracay.
- Valle A. 2008. Bioclimatología Tropical. Vacuno. Imgrapic, Maracay. Venezuela.
- Villares J. y G. Leme da Rocha. 1950. Climatología zootécnica. X. Contribuição para o estudo dos hábitos dos bovinos nas pastagens tropicais. *Bol. Indust. Anim.*, 11: 3-22.

Producción de biomasa y calidad nutricional del estrato graminoide en un sistema silvopastoril dominado por samán (*Samanea saman* (Jacq) Merr)

Manuel Hernández¹ y Orlando Guenni^{2*}

¹Universidad Simón Rodríguez. Dirección de Producción y Educación Agrícola. Estación Experimental Santa Ana. Canoabo. Carabobo. Venezuela.

²Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Botánica Agrícola. Apartado Postal 4579, Maracay 2101. Aragua. Venezuela. *Correo electrónico: guennio@agr.ucv.ve

RESUMEN

En la Estación Experimental La Antonia de la Universidad Central de Venezuela, se estudió el efecto de la sombra del samán (*Samanea saman*) sobre la producción forrajera. El experimento se llevó a cabo en dos potreros con distintas densidades de samán. El primero (PI) poseía un árbol y las especies dominantes en el estrato herbáceo fueron: *Digitaria swazilandensis* (Ds) y *Urochloa arrecta* (Ua), mientras que el segundo (PII) poseía un grupo de cuatro árboles con Ua y *Urochloa mutica* (Um). Se determinó la producción de biomasa, el contenido nutricional y algunos caracteres morfológicos del pasto durante 6 semanas de rebrote a lo largo de tres períodos: transición lluvia-sequía 2003 (P1), transición sequía-lluvia 2004 (P2) y transición lluvia-sequía 2004 (P3). En PI los porcentajes de densidad de flujo fotónico (DFF) bajo el dosel fueron 38, 82 y 41% a lo largo de P1, P2 y P3, respectivamente; mientras que para PII fueron 33, 48 y 26%, respectivamente. La disminución en DFF produjo un aumento del área foliar específica en todas las gramíneas. En P1 y P3 el índice de área foliar aumentó en Ds y Ua y disminuyó en Um. Ds y Ua mostraron una alta plasticidad fenotípica a la reducción de luz, mientras que Um la tuvo solo en P2. En general, la reducción en la humedad edáfica durante P2 afectó el rendimiento en materia seca a pleno sol. En este período, una DFF de 48-82% pareció tener un efecto compensatorio sobre la producción forrajera, debido a que la humedad del suelo mejoró en algunos casos. Durante P1, el contenido proteico del forraje se incrementó bajo la sombra, mientras que los valores de P, contenido de pared celular y degradabilidad de la materia seca no fueron tan modificados. La eficiencia de uso de la radiación (EUR) incrementó con la sombra, en rangos de 0,7 a 1,5 g/MJ y 1,4 a 2,4 g/MJ para Ds y Ua, respectivamente. Estos incrementos en la EUR pudieran contribuir significativamente a mejorar el grado de ajuste a la sombra en las especies mencionadas.

Palabras clave: Sistemas silvopastoriles, gramíneas forrajeras, sombra natural, acumulación de materia seca, contenido de nutrientes, digestibilidad, eficiencia de uso de radiación.

Biomass production and nutritive value of the grass stratum in a silvopastoral system dominated by saman (*Samanea saman* (Jacq) Merr)

ABSTRACT

A study was carried out at La Antonia experimental station of Universidad Central de Venezuela to evaluate the effect of shade of saman (*Samanea saman*) on pasture production. The experiment was performed on two plots with different tree densities. The first plot (PI) had one saman tree and the herbaceous stratum was composed by *Digitaria swazilandensis* (Ds) and *Urochloa arrecta* (Ua). The second plot (PII) had four trees plus Ua and *Urochloa mutica* (Um). Biomass production, forage nutrient concentration and some plant morphological characters were measured during 6 consecutive regrowth weeks along three times of the year: 1) wet-dry period

2003 (P1), 2) dry-wet period 2004 (P2), and 3) wet-dry period 2004 (P3). At PI the percentages of photon flux density (PFD) beneath the single tree canopy were 38, 82, and 41% along P1, P2, and P3, respectively, whereas the corresponding values for PII were 33, 48, and 26%. Specific leaf area increased in all grasses as PFD decreased. At P1 and P3, leaf area index increased in Ds and Ua, and diminished in Um. Ds y Ua showed a high phenotypic plasticity to low PFD intensities, while Um had a greater response at P2. In general, the reduction in soil water content along P2 decreased dry matter yield at 100% light. In this case, a PFD of 48 to 82% appeared to have a compensatory effect on the pasture, since soil humidity was increased in some cases, improving total forage biomass under shade. During P1 the forage protein content of almost all grasses increased under shade when compared to full light, whereas phosphorus values, cell wall content and the dry matter degradability did not show any important variation under shade. Pasture radiation use efficiency (RUE) increased from full light to shade within the ranges 0.7 to 1.5 g/MJ and 1.4 to 2.4 g/MJ for Ds and Ua, respectively. These RUE increments may have a significant effect on improving grass responses to decreased light under tree cover.

Keywords: Silvopastoral system, forage grasses, natural shade, dry matter accumulation, nutrient content, digestibility, radiation use efficiency (RUE).

INTRODUCCIÓN

La deforestación acelerada en las regiones tropicales ha traído como consecuencia la sustitución de ecosistemas boscosos naturales por mosaicos de cultivos anuales, pasturas, vegetación secundaria y vegetación original (Sayer y Whitmore, 1991). Las pasturas resultantes de la expansión de tierras agrícolas están compuestas en general por árboles aislados y/o en grupos que son remanentes en muchos casos del bosque primario. Aparte de la influencia sobre la productividad y dinámica de las especies que conforman el estrato herbáceo, la permanencia de tal componente arbóreo en el ecosistema representa una ventaja tanto para el ganado como para el ser humano, dado la multiplicidad de usos del árbol para sombra, forraje, aporte de nutrientes al suelo, así como el hecho de que la madera es usada para diversos fines (Nair, 1993; Scholes y Archer, 1997; Jackson y Ash, 1998; Mahecha, 2003).

Tales combinaciones de árbol-pastura-animal son consideradas sistemas silvopastoriles (Nair, 1993) y representan una alternativa sostenible ante la deforestación y degradación de las tierras de pastoreo en el trópico (Humphreys, 1994)

En los sistemas silvopastoriles existen interacciones bióticas positivas y/o negativas entre el componente leñoso y la vegetación herbácea del sistema. Las interacciones entre los componentes de un sistema silvopastoril incluyen cambios en el microclima asociado a la pastura, de los cuales uno de los más notorios es la modificación de la intensidad y calidad

de la radiación solar que llega al componente herbáceo debido a la presencia del dosel arbóreo, cambiando así la productividad y valor nutritivo del forraje (Wilson y Ludlow, 1991; Ruiz y Febles 1998; Cruz *et al.*, 1999) y finalmente la productividad animal (Wong, 1991; Escalante y Boscan, 1993).

El estrato herbáceo bajo el dosel arbóreo responde a la modificación de la calidad e intensidad de luz a través de mecanismos de aclimatación. Estos ajustes incluyen un incremento tanto en el área foliar específica como en el índice de área foliar, mejor distribución del área foliar con la altura, coeficientes de extinción de luz más bajos y una reducción en la tasa respiratoria (Wong y Wilson, 1980), modificando la calidad forrajera de las gramíneas y variando la composición botánica de los potreros. Sin embargo, algunas especies pueden aclimatarse al sombreado con mayor eficacia que otras (Shelton *et al.*, 1991; Humphreys, 1994).

Las pasturas tropicales, con predominio de plantas C4, alcanzan su máxima producción con niveles altos de intensidad lumínica. Por lo tanto, considerando solamente la intersección de la radiación solar, se espera que la sombra de los árboles resulte en una reducción de la tasa de producción de biomasa, en comparación con pasturas en áreas abiertas (Giraldo y Vélez, 1993). Sin embargo, se han reportado valores de materia seca comparables o aún aumentos en la disponibilidad del forraje cuando los pastos están asociados con árboles (Scholes y Archer 1997; Cruz *et al.* 1999; Mahecha *et al.*, 1999). Estos aumentos en la mayoría de los casos se han obtenido en condiciones de

sombreamiento moderado (30-40%) y donde el nivel de nitrógeno en el suelo es bajo (Wilson, 1990). Sin embargo, bajo ciertas condiciones la disponibilidad de la materia seca total y el valor nutritivo ha sido inferior bajo la copa de los árboles (Ribaski, 2000). Por otra parte, la producción de materia seca se ha visto afectada por la sombra, pero no el valor nutritivo (Viáfara *et al.*, 1997; Penton *et al.*, 1998; Paciullo *et al.*, 2007)

Un efecto beneficioso adicional de la sombra sobre los pastos es su influencia sobre la duración del crecimiento. En este sentido, Shelton *et al.* (1991) observaron que el crecimiento de los pastos bajo sombra continuó en períodos muy secos debido a un mayor contenido de humedad en el suelo, mientras que en los pastos sin sombra la tasa de producción de biomasa cesó tempranamente por una mayor evaporación del agua en el suelo.

Por consiguiente, dada la importancia que el componente arbóreo tiene sobre la productividad del ecosistema pastizal, este estudio tuvo como objetivo el evaluar los cambios estacionales en la producción de biomasa del estrato herbáceo que crece a pleno sol y bajo la sombra de árboles de samán aislados y agrupados que quedaron remanentes del bosque original, en un sistema silvopastoril de más de 15 años de establecido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y caracterización del sitio experimental

El estudio se efectuó en la Estación Experimental La Antonia perteneciente a la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela, en las cercanías de la población de Marín, estado Yaracuy. Datos sobre el sitio experimental ya han sido reportados previamente (Hernández *et al.*, 2007).

La caracterización del clima se realizó utilizando datos recabados de la estación meteorológica de DANAC (Fundación para la Investigación Agrícola), ubicada a 3 km de la Estación Experimental La Antonia. La precipitación promedio anual (1980-1995) es de 1.480 mm, lo que convierte al sitio de estudio en una transición entre la zona de vida de bosque húmedo tropical y bosque seco tropical (Ewell y Madriz, 1968). Las lluvias se concentran desde abril hasta octubre. La evapotranspiración potencial anual es de 1.720 mm. Los valores promedios de las temperaturas

máximas y mínimas presentan pocas oscilaciones a través del año (31°C en octubre y mínimas inferiores a 20°C durante diciembre y febrero).

El trabajo de campo se concentró en dos potreros: “Ceibita” y “El Mango”. El primero conforma un área de 2,5 ha con topografía plana. Los suelos hasta 50 cm de profundidad, poseen una textura franca a areno-arcillosa y pH de 6,5 a 6,8. La fertilidad es de baja a mediana, con valores bajos a medios de MO (0,6-2,1%), bajos en P (4-9 mg/kg), altos en K (28-31 mg/kg) y finalmente, bajos a medios en Ca (132-360 mg/kg) y Mg (114-128 mg/kg), con una conductividad eléctrica entre 0,04 y 0,14 ds/m. El potrero El Mango abarca un área de casi 2 ha, con un relieve igualmente plano. El suelo hasta los 50 cm posee una textura franca, pero con lento drenaje interno y un pH ligeramente alcalino (7,6-8,2). También presenta una fertilidad de baja a media, con baja MO (0,3-1,5%), P: 4-10 mg/kg, K: 33 mg/kg y valores de Ca (562-656 mg/kg) y Mg (142-200 mg/kg) altos. La conductividad eléctrica varía entre 0,10 y 0,17 ds/m (J. Ron 2003, comunicación personal).

Composición florística, estructura y manejo de los potreros estudiados

El potrero Ceibita está establecido con los pastos tanner (*Urochloa (Brachiaria) arrecta* (Hack. ex T. Dur & Schinz), Morrone & Zuloaga) y swazi (*Digitaria swazilandensis* Stent). En adelante, estos pastos serán identificados como Ua y Ds, respectivamente. En este potrero están presentes dos árboles de samán. Para efecto del presente estudio se utilizó un área efectiva de 2.000 m², en la cual está ubicado uno de los árboles de samán. Ambas especies forrajeras se encuentran presentes tanto debajo como fuera de la copa del mismo. Cada pasto se encuentra en una posición fisiográfica diferente dentro del potrero, estando Ds ubicado en la parte más alta y Ua en la más baja (Hernández *et al.*, 2007); produciendo esto probablemente un drenaje superficial distinto en cada caso.

En el potrero El Mango los pastos dominantes fueron Ua y pará (*Urochloa (Brachiaria) mutica* (Forssk.) T. Q. Nguyen). Esta última gramínea se identifica como Um en el resto del trabajo. En esta área se seleccionó un sector de 4.000 m² dentro del cual se encontraban cuatro árboles de samán. De nuevo, cada especie de pasto se hallaba en un lugar fisiográfico

diferente dentro del área seleccionada, de tal manera que Ua estaba ubicada en la parte alta, mientras Um dominaba en la posición fisiográfica más baja.

Una semana antes de comenzar cada muestreo, se realizaba un corte de uniformidad con una segadora rotativa acoplada a un tractor, a una altura de 20 cm sobre el suelo. No se aplicaron fertilizantes químicos en ningún caso. El potrero Ceibita no se regó durante la sequía, mientras que en el potrero El Mango se aplicó riego por inundación durante la transición sequía-lluvias. En ambos potreros no se hizo ninguna exclusión en las áreas de estudio, siendo las mismas pastoreadas de manera rotacional. Sin embargo, durante cada período de muestreo los animales no fueron introducidos en el área de estudio. Cada período de muestreo duró 42 días, correspondiente a 6 semanas consecutivas de rebrote del pasto. La escogencia de cada período en el tiempo estuvo acorde con el patrón local de distribución de las lluvias a lo largo del año. Así, en el potrero Ceibita los períodos de muestreo fueron los siguientes: 1) transición lluvia-sequía (01-10-2003 al 12-11-2003), 2) transición sequía-lluvia (27-02-2004 al 09-04-2004) y 3) transición lluvia-sequía (17-09-2004 al 29-10-2004). En el caso del potrero El Mango los períodos fueron: 1) transición lluvia-sequía (28-08-2003 al 09-10-2003), 2) transición sequía-lluvia (27-02-2004 al 09-04-2004) y 3) transición lluvia-sequía (16-10-2004 al 26-11-2004).

La precipitación diaria se midió utilizando un pluviómetro manual que fue ubicado en un área despejada de la estación. La variación en el porcentaje gravimétrico de humedad en el suelo se determinó semanalmente a 20 cm de profundidad, con 4 repeticiones por medición.

VARIABLES MEDIDAS EN LA COBERTURA HERBÁCEA

El total diario de radiación fotosintéticamente activa que llegaba al pasto bajo sombra se obtuvo a partir del cálculo del área bajo la curva que relaciona el cociente R_i/R_o con la hora del día, donde R_i representa la densidad de flujo fotónico (DFF) instantánea que llegaba al pasto y R_o la que llegaba a la copa del árbol. Para tal fin, se utilizó un sensor cuántico lineal (LI-191SB; LICOR Inc., USA), tomándose mediciones de R_i/R_o cada dos horas a lo largo de un día soleado. Esta medición diaria se repitió 4 veces durante cada período de muestreo.

Dado que no se disponía de instrumentos que permitieran el monitoreo continuo de la radiación incidente, la fracción promedio de DFF transmitida diariamente por el pasto se tomó como aquella que se medía al mediodía con cielo despejado. Esto se hizo una vez por semana. En este caso, se medía la radiación incidente en el tope del dosel (DFFi) y aquella por debajo del mismo (DFFt) a la altura del corte de uniformidad. El sensor de luz se colocaba dentro y fuera de la vegetación en un área fija de 0,5 m² (1 x 0,5 m) hasta completar cuatro lecturas. La transmitancia de radiación por debajo del dosel del pasto se calculó como $T = DFFt/DFFi$. La determinación del total diario de DFF interceptado por el pasto tanto en la condición de sol como de sombra se obtuvo a partir del método utilizado por Guenni *et al.* (2005).

En cada potrero y para la condición de sol y sombra de los pastos escogidos, se colocaban semanalmente y al azar durante el rebrote, 4 marcos de metal de 0,5 m² (1 x 0,5 m), con el fin de medir la biomasa aérea total acumulada y la de cada uno de sus componentes (hojas, tallos y material muerto), teniendo cuidado de dejar una marca visible en el sitio cosechado para evitar hacer un nuevo muestreo en las semanas sucesivas. El material cosechado se secó en una estufa a 60°C hasta peso constante para determinar el peso seco respectivo. La relación hoja:tallo (H:T) en el forraje se derivó posteriormente.

Adicionalmente a las mediciones de biomasa, se tomaba una alícuota de hojas para calcular el área foliar específica (AFE) y el índice de área foliar (IAF). El área foliar de la muestra de hojas se determinó mediante el uso de un medidor electrónico de área foliar (CI-202; CID Inc., USA). Posteriormente, la muestra de hojas se llevaba a estufa para determinar peso seco. De esta forma se obtuvo la relación área foliar/peso seco de las hojas verdes.

El valor de la eficiencia de uso de la radiación (EUR) se obtuvo a partir de las pendientes derivadas de las regresiones lineales de la materia seca aérea acumulada vs. el valor de DDF acumulado a lo largo del período de rebrote respectivo, tal como fue reportado por Hernández *et al.* (2007).

El porcentaje de N y P en la biomasa aérea (hojas + tallos) se midió a través de los métodos Kjeldahl y azul de molibdeno, respectivamente, mientras que la fibra detergente neutra (FDN) por el método Van Soest (1963).

La degradabilidad *in situ* de la materia seca en la biomasa cosechada se determinó por el método de Orskov *et al.* (1980). Para cada tratamiento (sombra y sol) y en las especies de pasto seleccionadas, se introdujo un total de cuatro bolsas de nylon en el rúmen de una vaca Holstein-Brahman fistulada por un lapso de 48 h. Cada bolsa contenía 4 g de biomasa aérea con un tamaño de la fibra de aproximadamente 2 mm. Posteriormente a la incubación, las bolsas se removieron del rúmen y fueron lavadas a mano con agua durante 15 min. Los residuos de las bolsas se secaron en estufa a 60°C hasta peso constante para luego determinar las pérdidas de la materia seca. El valor nutritivo y la degradabilidad *in situ* de la materia seca aérea solo pudieron determinarse al final del período 1 en cada potrero.

Diseño experimental y tratamiento estadístico de los datos

Tal y como fue reportado por Hernández *et al.* (2007), debido a que la humedad y otras características edáficas pudieran verse afectadas por el cambio en la topografía dentro de cada potrero, en este estudio se consideró relevante solo la comparación directa a lo largo del tiempo de las dos condiciones de luminosidad dentro de un mismo pasto y posición fisiográfica. Por

consecuencia, en cada potrero y especie estudiada se usó un diseño de bloques completamente aleatorizados con arreglo factorial 2x3 (2 condiciones de radiación y 3 períodos de muestreo). Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA de una y dos vías), y las medias obtenidas entre y dentro de cada período del año se compararon por medio de la prueba de mínima diferencia significativa (MDS), a un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ y utilizando el paquete estadístico STATISTIX® (2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones ambientales y humedad del suelo durante los períodos de rebrote

El patrón de precipitación (PP) y evapotranspiración (ETP) durante el experimento se muestra en la Figura 1. La precipitación total durante el primer período de muestreo fue ligeramente inferior a los datos históricos, mientras que para los otros dos la lluvia acumulada fue mayor que el promedio, especialmente aquellos correspondientes al potrero El Mango. La evapotranspiración potencial presentó un incremento de 70 mm en el primer período de muestreo del potrero El Mango al compararla con los valores promedios de varios años. Al estimar el balance hídrico en términos

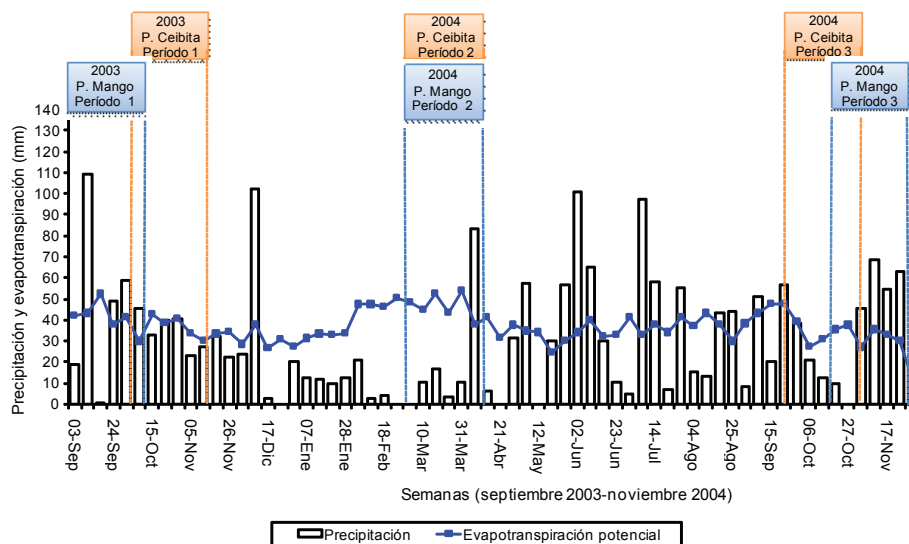


Figura 1. Precipitación y evapotranspiración potencial semanal durante las tres épocas de muestreo. Los cuadros encima de la figura, representan el potrero y la época respectiva de muestreo. El ancho de los mismos equivale a las 6 semanas de rebrote extrapoladas sobre el eje horizontal.

de la diferencia PP-ETP, en general, la transición sequía-lluvia 2004 (período 2) tuvo el balance hídrico más negativo (Figura 1). Las temperaturas máximas y mínimas no presentaron oscilaciones significativas con respecto a los promedios históricos.

La humedad del suelo en ambos potreros mostró diferencias significativas entre condiciones de radiación, siendo esas diferencias más marcadas en la época seca de muestreo, la transición sequía-lluvia 2004 (período 2) (Cuadro 1). Este fue el caso de Ds y Ua en los potreros Ceibita y El Mango, respectivamente. Así, los valores del contenido gravimétrico de humedad se mostraron superiores bajo el dosel arbóreo en comparación con aquellos observados en condiciones de cielo abierto.

El período 3 (transición lluvia-sequía 2004) tendió a mostrar los valores mayores de humedad edáfica, debido a la mayor precipitación registrada al final del mismo. Sin embargo, en general los períodos 1 y 3 tendieron a ser más húmedos que el 2 (Cuadro 1). Por consiguiente, las diferencias significativas ($P < 0,05$) encontradas entre épocas de muestreo (Cuadro 1), fueron debidas a diferencias en el total y distribución de la lluvia en cada una de ellas.

En ecosistemas tropicales de sabana donde abundan árboles aislados, la modificación del microclima

generada por la presencia del dosel o copa favorece un mayor contenido de humedad en el suelo durante plena época lluviosa, debido a las temperaturas más bajas y menores tasas de evapotranspiración registradas en esa zona en comparación con el suelo del estrato herbáceo que está alrededor; esta situación sin embargo, puede revertirse a inicios de lluvia a razón de la mayor tasa de evaporación del árbol, tal como es reportado por Belsky y Canham (1994).

Radiación incidente por debajo del dosel arbóreo

En ambos potreros, la defoliación parcial del samán durante la sequía, indujo cambios importantes en la radiación disponible para el crecimiento del pasto. En el potrero Ceibita, la DFF diaria incidente sobre el pasto bajo la copa del árbol varió de 41% (períodos 1 y 3, transición lluvia-sequía 2003 y 2004, respectivamente) a 82% del total recibido (período 2, transición sequía-lluvia 2004). En el potrero El Mango, la DFF promedio bajo la sombra de los cuatro samanes fue de 33%, 48% y 26% para los períodos 1, 2 y 3, respectivamente. Esto corrobora lo señalado por Penton (2000), en cuanto a que la foliación y defoliación del samán están estrechamente vinculadas a variaciones en el hidroperíodo.

Cuadro 1. Contenido gravimétrico de humedad del suelo al final de tres períodos de muestreo en los diferentes potreros y pastos estudiados.

Potrero	Período					
	Lluvias-sequía 2003		sequía-lluvias 2004		Lluvias-sequía 2004	
Especie	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol
	----- % -----					
<u>Ceibita</u>						
<i>D. swazilandensis</i>	10,8Ac†	7,2Bc	14,1Ab	11,8Bb	18,0Aa	16,2Aa
<i>U. arrecta</i>	14,5Ab	15,3Aa	18,4Aab	16,3Ba	20,2Aa	16,1Aa
<u>El Mango</u>						
<i>U. arrecta</i>	20,4Ab	18,4Bb	25,0Aa	16,7Bb	21,4Aab	24,8Aa
<i>U. mutica</i>	23,1Aa	23,6Aa	19,7Ab	18,6Ab	21,6Aab	18,6Ab

† Letras mayúsculas diferentes dentro de un mismo período indican diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) entre las dos condiciones lumínicas. Letras minúsculas diferentes para la misma condición lumínica indican diferencias estadísticas significativas entre períodos ($P < 0,05$).

Producción de materia seca en el estrato graminoide

El patrón de acumulación de biomasa forrajera durante el período 1 en las dos especies dominantes del potrero Ceibita: Ds y Ua, ha sido reportado anteriormente (Hernández *et al.*, 2007). En este caso, el rendimiento de materia seca a lo largo del rebrote en Ds no se vio afectado aún por casi 62% de sombreado producido por el samán. Al igual que con la biomasa total acumulada, tampoco se encontraron diferencias entre condiciones de radiación en relación a la materia seca final de hojas y tallos (Cuadro 2). La respuesta neutral a la sombra se observó en Ds durante los tres períodos (Cuadro 2).

Un efecto contrario ocurrió en Ua (Cuadro 3), donde los rendimientos finales en la transición lluvia-sequía variaron significativamente entre sombra (184 g/m²) y sol (257 g/m²). Estas diferencias se debieron a que bajo esta intensidad de radiación (38% DFF), se afectó más la producción de tallos que hojas en esta especie (Cuadro 3). Sin embargo, el rendimiento final de Ua fue igual en los otros dos períodos (Cuadro 3). En el caso del período más seco, los valores más altos de materia seca de hojas bajo sombra (P<0,05), se observaron incluso en todas las semanas de rebrote excepto en la cuatro (datos no señalados).

El patrón de acumulación de biomasa aérea de Ua en el potrero El Mango y durante el período 1, contrastó con lo observado en el potrero Ceibita. En este caso, el crecimiento del pasto fue similar para las dos condiciones de radiación (considerando una DFF promedio de 33% bajo la copa de los árboles), con un incremento sostenido de biomasa a lo largo de todo el rebrote. Igualmente, el rendimiento final de materia seca no difirió significativamente entre sol (172 g/m²) y sombra (167 g/m²) (Cuadro 3). Esta respuesta a la sombra se repitió durante la época seca del año (DFF incidente sobre el pasto: 48%), pero al disminuir aún más la DFF (26%) y mejorar las condiciones de humedad disponible en el suelo para el período 3, los rendimientos finales de materia seca a pleno sol fueron de nuevo significativamente mayores (P<0,05) que bajo la sombra (233 vs. 136 g/m²) (Cuadro 3). Este mayor rendimiento en pleno sol estuvo asociado esta vez a un aumento proporcional tanto de hojas como tallos (Cuadro 3).

La reducción en la biomasa aérea acumulada de Ua en los potreros Ceibita y El Mango (28 y 42%, respectivamente), no fue sin embargo, proporcional a la disminución respectiva en la DFF (67 y 74%), pudiendo estar otros factores ambientales involucrados en la disminución del rendimiento.

Cuadro 2. Biomasa aérea acumulada, relación hoja:tallo (H:T), área foliar específica (AFE), índice de área foliar (IAF) y eficiencia de uso de radiación (EUR) en *D. swazilandensis* bajo dos condiciones de intensidad lumínica, al final de tres períodos de muestreo. Potrero Ceibita.

Parámetro	Período					
	Lluvias-sequía 2003		sequía-lluvias 2004		Lluvias-sequía 2004	
	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol
Biomasa total, g/m ²	113,7Aa†	106,5Aa	38,5Ab	35,6Ab	127,4Aa	126,0Aa
Hojas, g/m ²	54,4Aa	58,4Aa	23,4Ab	20,1Ab	61,4Aa	61,9Aa
Tallos, g/m ²	59,2Aa	48,1Ab	15,1Ab	15,4Ac	65,9Aa	64,1Aa
H:T	0,94Bb	1,22Aab	1,55Aa	1,33Aa	0,94Ab	0,98Ab
AFE, g/cm ²	295,0Ab	256,0Ab	881,0Aa	652,0Ba	362,0Ab	206,0Bb
IAF	1,6Ab	1,5Aa	2,1Aa	1,3Ba	2,2Aa	1,3Ba
EUR, g/MJ	1,48A	0,70B	nd	nd	nd	nd

† Letras mayúsculas diferentes dentro de un mismo período indican diferencias estadísticas significativas (P<0,05) entre las dos condiciones lumínicas. Letras minúsculas diferentes en cada condición de luz indican diferencias estadísticas significativas entre períodos (P<0,05). nd: No determinada.

Cuadro 3. Biomasa aérea acumulada, relación hoja:tallo (H:T), área foliar específica (AFE), índice de área foliar (IAF) y eficiencia de uso de radiación (EUR) en *U. arrecta* bajo dos condiciones de intensidad lumínica, al final de tres periodos de muestreo.

Potrero	Período					
	Lluvias-sequía 2003		Sequía-lluvias 2004		Lluvias-sequía 2004	
	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol
Potrero Ceibita						
Biomasa total, g/m ²	184,0Ba†	256,9Aa	78,1Ab	56,5Bc	156,9Aa	158,9Ab
Hojas, g/m ²	84,9Aa	101,2Aa	54,9Ab	35,5Bc	78,2Aa	73,2Ab
Tallos, g/m ²	99,1Ba	155,7Aa	23,2Ab	21,0Ac	78,7Aa	85,7Ab
H:T	0,9Ab	0,7Bc	2,4Aa	1,7Ba	1,0Ab	0,9Ab
AFE, g/cm ²	403,0Ab	306,0Ba	533,0Aa	318,0Ba	307,0Ac	259,0Bb
IAF	3,4Aa	3,1Aa	2,9Aab	1,1Bc	2,4Ab	1,9Ab
EUR, g/MJ	2,36A	1,44B	nd	nd	nd	nd
Potrero El Mango						
Biomasa total, g/m ²	167,0Aa	172,1Ab	88,6Ab	93,0Ac	135,6Ba	232,9Aa
Hojas, g/m ²	59,7Aa	61,1Ab	64,2Aa	68,9Ab	50,9Ba	96,1Aa
Tallos, g/m ²	107,3Aa	111,0Aa	24,4Ab	24,1Ab	84,7Ba	136,8Aa
H:T	0,58Ab	0,53Ab	2,68Aa	2,85Aa	0,60Ab	0,70Ab
AFE, g/cm ²	284,0Ac	270,0Ab	664,0Aa	434,0Ba	435,0Ab	371,0Aa
IAF	1,7Ab	1,7Ab	4,3Aa	3,0Ba	2,2Bb	3,4Aa

† Letras mayúsculas diferentes dentro de un mismo período indican diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) entre las dos condiciones lumínicas. Letras minúsculas diferentes en cada condición de luz indican diferencias estadísticas significativas entre períodos ($P < 0,05$). nd: No determinada.

Aunque no se pretendió en este estudio comparar el comportamiento de una especie en particular en ambos potreros, los resultados obtenidos en Ua (la única especie presente en ambas zonas), parecen indicar que los mayores rendimientos observados en el potrero El Mango, aún en la transición sequía-lluvia, obedecen a contenidos de humedad en el suelo más altos, consecuencia a su vez de un sustrato más arcilloso.

El pasto Um domina, en concordancia con su hábitat natural, las zonas más bajas y con suelos más pesados, y por ende más propensas a sobresaturación de agua en el potrero El Mango, dada la abundancia de un sub-horizonte arcilloso en el área. Esta especie es reconocida por su relativa poca tolerancia a la sequía (Baruch, 1994; Guenni *et al.*, 2006) comparada con otros forrajes, por lo que se esperaría una disminución en su crecimiento durante aquellos periodos con menor precipitación. Esto se evidenció al comparar las tres épocas muestreadas bajo el sol (Cuadro 4), donde los rendimientos finales de materia seca oscilaron entre 59 g/m² (período 2) y 194-292 g/m² (períodos 1 y 3). Sin embargo, en el período más

seco el incremento en biomasa de este pasto bajo una DFF de alrededor del 50% fue casi el doble del obtenido a pleno sol (126 g/m² vs. 59 g/m², Cuadro 4), debido quizás a una mayor disponibilidad promedio de humedad bajo la sombra, aunque no evidenciada en este estudio. Aquí, el incremento en la biomasa aérea fue proporcional al observado tanto en la biomasa de hojas como de tallos (Cuadro 4). En los periodos con mayor precipitación, la foliación de los árboles de samán redujo la DFF bajo sus copas a un 26-33%, por lo que el rendimiento final de biomasa forrajera en esta zona se redujo significativamente ($P < 0,05$) en un 34-35%. Pero al igual que con Ua, dicha reducción no fue proporcional a la observada en la DFF.

En general, una menor precipitación y por ende, acumulación de humedad en el suelo, produjo en todas las gramíneas estudiadas, una menor acumulación de biomasa forrajera en el período 2 en relación a las otras épocas de muestreo.

En condiciones de baja disponibilidad de nutrientes en el suelo, algunos pastizales de gramíneas tropicales y subtropicales creciendo bajo la sombra

Cuadro 4. Biomasa aérea acumulada, relación hoja:tallo (H:T), área foliar específica (AFE) e índice de área foliar (IAF) en *U. mutica* bajo dos condiciones de intensidad lumínica, al final de tres periodos de muestreo. Potrero El Mango.

Parámetro	Período					
	Lluvias-sequía 2003		Sequía-lluvias 2004		Lluvias-sequía 2004	
	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol
Biomasa total, g/m ²	128,5Bb†	193,5Ab	126,4Ab	59,0Bc	191,1Ba	292,2Aa
Hojas, g/m ²	51,1Ba	86,2Ab	48,6Aa	22,5Bc	68,8Ba	116,5Aa
Tallos, g/m ²	77,4Bb	107,3Ab	77,8Ab	36,5Bc	122,3Ba	175,7Aa
H:T	0,70Aa	0,83Aa	0,63Aab	0,62Ab	0,55Ab	0,68Ab
AFE, g/cm ²	404,0Ab	390,0Aa	497,0Aa	321,0Ba	364,0Ab	328,0Aa
IAF	2,0Ba	3,4Aa	2,4Aa	0,75Bb	2,5Ba	3,8Aa

†Letras mayúsculas diferentes dentro de un mismo período indican diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) entre las dos condiciones lumínicas. Letras minúsculas diferentes en cada condición de luz indican diferencias estadísticas significativas entre períodos ($P < 0,05$). nd: No determinada.

de árboles mejoran notablemente su producción de biomasa (Wilson *et al.*, 1990; Wilson y Wild, 1991). Además, en este estudio, la mayor producción de biomasa en algunos pastos durante la época de muestreo más seca, pudo haber estado asociada a una menor competencia por agua entre las gramíneas y los árboles a lo largo del año. En contraste, Wilson (1998) atribuyó el poco beneficio de la sombra de cuatro especies arbóreas sobre el mejoramiento de pastizales degradados de *Panicum maximum*, a una secuencia de años secos donde la intensa competencia por agua favoreció más a los árboles acompañantes. Por su parte, Oliveria *et al.* (2007) concluyeron que el menor rendimiento de materia seca en *U. brizantha* cv. Marandu bajo las hileras de eucalipto sembrado en distintos arreglos espaciales, fue debido a una mayor radiación incidente sobre las mismas, lo que promovía a su vez una mayor temperatura y evapotranspiración y consecuentemente, una disminución en la disponibilidad de humedad para la gramínea.

Por otro lado, si bajo condiciones óptimas la reducción en biomasa es proporcional a la disminución en la DFF (Wilson y Wild 1995), bajo condiciones moderadas de sombra, y dependiendo del grado de tolerancia de la especie, se esperaría un mayor beneficio de la presencia del componente arbóreo sobre la producción de forraje (Paciullo *et al.*, 2007). Los resultados de este estudio, en particular para Um, confirman tanto el efecto favorable de la presencia del samán sobre la productividad de la cobertura herbácea, como el grado de plasticidad fenotípica de las especies de gramínea estudiadas, lo que explica

en gran medida la persistencia de las mismas en ese ecosistema bajo pastoreo discontinuo.

Los efectos variados de la sombra sobre el crecimiento de los pastos, son el resultado de la compleja interacción entre la naturaleza de la competencia árbol-gramínea, las condiciones del suelo y clima, y el grado de modificación del microclima y los nutrientes del suelo por parte del componente arbóreo (Scholes y Archer, 1997; Wilson, 1998; Cruz *et al.*, 1999).

La biomasa muerta en pie de los pastos estuvo conformada por restos de vaina y lámina foliar, representando en todos los casos un máximo del 5% de la materia seca aérea, por lo que no fue tratada en detalle en este estudio.

Cambios en la relación hoja:tallo, área foliar específica e índice de área foliar

En el caso de Ds, únicamente en el primer período el cociente H:T mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre condiciones de luz, con valores de 0,9 y 1,2 bajo la sombra del árbol y en la condición de pleno sol, respectivamente (Cuadro 2). La plasticidad morfológica ante la disminución en la radiación fue más evidente en Ua creciendo en el potrero Ceibita, donde mostró bajo sombra una mayor relación H:T que a pleno sol, con una variación máxima de 1,7 (sol) a 2,4 (sombra) en el período sequía-lluvia. Estas diferencias entre condiciones de radiación fueron sin embargo, más atenuadas en el potrero El Mango (Cuadro 3). En el caso de Um, especie fuertemente

estolonífera, la distribución de materia seca en el forraje no se vio modificada por la presencia del dosel arbóreo (Cuadro 4).

A excepción de Um (Cuadro 4), los valores de H:T fueron en general superiores ($P < 0,05$) durante el período sequía-lluvia en comparación con la transición lluvia-sequía; esto debido a que a mitad del primero se produjo un rebrote importante por el inicio de las lluvias, estimulando en gran medida la producción de follaje (Cuadros 2 y 3).

La distribución de materia seca en la biomasa aérea puede también ser influenciada por la época del año. El estrés causado por el déficit hídrico a comienzos de la transición sequía-lluvia pudo disminuir el crecimiento y retrasar el desarrollo de tallos, dando como resultado una pastizal con una relación H:T mas alta (Wong y Wilson, 1980; Valles *et al.*, 1995). En la época de lluvias y transición hacia la sequía, ocurrió una mayor elongación de los tallos, aumentando su proporción y como consecuencia induciendo una disminución en la relación H:T.

De la misma forma, posibles efectos causados por la variación en la calidad de la luz bajo el dosel arbóreo y controlados por el fitocromo, pudieran ser responsables de estos cambios en la relación hoja:tallo dentro del pasto (Humphreys, 1994; Gautier *et al.*, 1995).

Un efecto común en Ds e independiente del período de muestreo fue el incremento significativo ($P < 0,05$) del AFE y el IAF bajo la condición de sombra, con porcentajes máximos de incremento (período 3) del orden de 73 y 76% para el IAF y AFE, respectivamente (Cuadro 2). Esta tendencia se observó también en Ua en ambos potreros a excepción del período 3, con incrementos máximos (período 2) de 164 y 68% para IAF y AFE en el potrero Ceibita, y de 42 y 53% en el caso del potrero El Mango, respectivamente (Cuadros 2 y 3). En ambos pastos se observó claramente como se compensó por una menor radiación disponible incrementando la superficie asimilatoria para el final del rebrote. La especie Um mostró menos plasticidad morfológica en estos caracteres, pero aún en la transición sequía-lluvia los incrementos en IAF y AFE por efecto de la sombra fueron de 220 y 55%, respectivamente (Cuadro 4).

El aumento sustancial en el AFE con una masa foliar relativamente menor en condiciones de baja

intensidad lumínica, es considerado como una respuesta de aclimatación típica de plantas con alta plasticidad fenotípica (Humphreys, 1994; Lambers *et al.*, 1998), y ha sido demostrado en otros estudios de campo con *U. decumbens* (Paciullo *et al.*, 2007; Gómez y Guenni, datos sin publicar) y también en invernadero con esta especie y con *U. brizantha* y *U. dictyoneura* (Guenni *et al.*, 2008). Las hojas de sombra normalmente son mayores en longitud y ancho, siendo también más delgadas que aquellas producidas bajo elevadas intensidades lumínicas (Norton *et al.*, 1991; Castro *et al.*, 1999; Guenni *et al.*, 2008). Un valor más alto de AFE implica una superficie asimilatoria más eficiente en la captación de luz, lo que aunado a una mayor proporción de radiación difusa incidente bajo la copa de los árboles, pudiera compensar así por la menor cantidad de radiación directa bajo el dosel arbóreo.

Valor nutricional y eficiencia de uso de radiación del estrato graminoide

En el potrero Ceibita, la concentración de N en la biomasa aérea de Ds y Ua al final del rebrote y durante la primera transición lluvia-sequía (período 1), fue mayor ($P < 0,05$) bajo 62% de sombra que fuera del área de influencia del árbol, con un rango de variación de 1,3-1,8% y 1,3-1,9% para Ds y Ua, respectivamente. En el potrero El Mango tales diferencias se mantuvieron solo en el caso de Um (rango de variación: 1,4-1,8%), no existiendo efecto del dosel arbóreo sobre la concentración de N en el forraje de Ua (Cuadro 5). De forma general, las gramíneas presentaron valores de proteína por encima del valor crítico de 6-8% necesario para cumplir los requerimientos del ganado (Minson, 1992).

En el caso del P, los valores bajo sombra ($0,33 \pm 0,01$) fueron significativamente superiores ($P < 0,05$) a la condición de sol ($0,25 \pm 0,02$), solo para Ua presente en el potrero Ceibita. En los otros casos, los valores de P fueron en general más altos (30-49% de incremento) fuera de la copa de los árboles (Cuadro 5). Independientemente de la condición de radiación solar, las tres especies estudiadas presentaron niveles de fósforo similares a los mínimos requeridos para bovinos a pastoreo (McDowell, 1992).

En relación a la FDN y la degradabilidad *in situ* de la materia seca, la sombra no alteró significativamente los valores correspondientes, a excepción del potrero

Cuadro 5. Concentración de nitrógeno (N) y fósforo (P), fibra detergente neutra (FDN) y degradabilidad *in situ* de la materia seca en la biomasa forrajera de tres especies de pasto bajo dos condiciones de intensidad lumínica, al final del período lluvias-sequía 2003.

Potrero	N		P		FDN		Degradabilidad	
	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol
Especie	-----%-----							
Ceibita								
<i>D. swazilandensis</i>	1,8a†	1,3b	0,43b	0,64a	58,3b	62,1a	62,9a	63,5a
<i>U. arrecta</i>	1,9a	1,3b	0,33a	0,25b	60,6b	72,3a	62,0a	61,5a
El Mango								
<i>U. arrecta</i>	1,7a	1,7a	0,27b	0,35a	65,4a	64,9a	67,1a	65,2a
<i>U. mutica</i>	1,8a	1,4b	0,30b	0,39a	64,0a	65,3a	65,7a	64,0a

† Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) entre las dos condiciones lumínicas.

Ceibita donde los valores de fibra fueron menores en la sombra. Los rangos para las tres especies, potreros y condiciones de radiación para FDN y degradabilidad de la materia seca fueron 58-72% y 61-67%, respectivamente (Cuadro 5). Con valores relativamente similares de pared celular no se esperarían diferencias marcadas en la degradabilidad ruminal del forraje; los valores altos obtenidos (>50%) muestran en todo caso el potencial de estos pastos para la alimentación animal (Milford, 1967).

Al respecto, algunos autores (Cruz, 1997; Wilson, 1998; Carvalho *et al.*, 2002; Paciullo *et al.*, 2007) también coinciden en afirmar que el contenido de proteína cruda de algunos pastos tropicales incrementa debajo de la copa de los árboles. Ello sugiere que dada las variaciones que se producen bajo el dosel arbóreo en cuanto a una disminución de la temperatura y aumento de la humedad en los primeros centímetros del suelo, así como el incremento asociado en el contenido de materia orgánica y de la actividad de la biota edáfica (Belsky y Canham, 1994; Wilson, 1996/1998; Sánchez *et al.*, 1997; Scholes y Archer, 1997; Cruz *et al.*, 1999; Xavier *et al.*, 2003), puede ocurrir un incremento en la disponibilidad de los elementos del suelo para las gramíneas sombreadas, asociado en algunos casos a una disminución en el contenido de fibra cruda y por ende, un mejoramiento en la digestibilidad de la materia seca (Belsky *et al.*,

1989; Carvalho *et al.*, 1994; de Oliveira *et al.*, 2007; Paciullo *et al.*, 2007).

La eficiencia de uso de la radiación fotosintéticamente activa fuera y bajo la copa de los árboles solo fue estimada en el potrero Ceibita y durante el período 1. Para los dos pastos evaluados, la EUR bajo el dosel arbóreo fue alrededor del doble de lo encontrado en el pasto bajo la condición de plena luz, con valores de 1,5 vs. 0,7 g/MJ (Cuadro 2) y 2,4 vs. 1,4 g/MJ (Cuadro 3) para Ds y Ua, respectivamente.

Los valores de EUR obtenidos fuera del área de influencia del árbol de samán fueron menores o iguales a aquellos (1,3-1,7 g/MJ) obtenidos por Guenni *et al.* (2005) en varias especies de *Urochloa* cultivadas en campo durante la época lluviosa. En este trabajo, los pastos estudiados no recibieron ningún tipo de fertilización, por lo que el valor reportado de 2,4 g/MJ para Ua bajo la sombra y que coincide con el rango potencial (2-4 g/MJ) propuesto para gramíneas C4 (Squire, 1990; Cruz 1995/1996), solo puede ser explicado por un incremento sustancial en la disponibilidad de nitrógeno en el pasto, lo cual fue demostrado anteriormente para esta y las otras especies de pasto estudiadas.

Un mejoramiento de la nutrición mineral bajo la sombra (Belsky, 1992; Cruz *et al.*, 1999) estaría asociado a una mayor actividad fotosintética del estrato herbáceo y por ende, a una mejor eficiencia de

conversión de CO₂ en biomasa, a menos que el cociente vástago:raíz se vea incrementado significativamente con una reducción en la DFF (Cruz, 1995). Sin embargo, este incremento sustancial en la EUR en la primera transición lluvia-sequía no fue suficiente para compensar por una reducción de alrededor de 50% en la luz disponible, dado que los rendimientos finales bajo la sombra no fueron mayores que aquellos a pleno sol.

CONCLUSIONES

Para las condiciones agroecológicas de este estudio, rendimientos similares o mayores de materia seca a lo largo del año, aunado a un incremento en el valor nutricional del forraje bajo la copa de los árboles, indica que la sombra ejercida por este componente puede tener efectos beneficiosos sobre las gramíneas dominantes del pastizal.

De los pastos estudiados, *D. swazilandensis* mostró la mayor tolerancia a la sombra, dado que su acumulación de biomasa no fue afectada dentro del rango (41-82%) de intensidades lumínicas encontradas a lo largo del año bajo el dosel arbóreo.

Las otras dos especies, *U. arrecta* y *U. mutica*, fueron relativamente menos tolerantes a niveles bajos (26-33%) de radiación incidente, cuando los árboles de samán están en máxima foliación. Sin embargo, bajo condiciones más secas y con una radiación disponible de 48% del total incidente, la acumulación de biomasa en *U. mutica* fue mayor bajo la copa de los árboles que fuera de la misma. La persistencia de esta especie en el sistema silvopastoril parece estar entonces determinada por el efecto beneficioso producido por el dosel arbóreo en la época más crítica del año.

LITERATURA CITADA

- Baruch Z. 1994. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. I. Biomass allocation, leaf growth and mineral nutrients. *Plant Soil*, 164: 87-96.
- Belsky A.J. 1992. Effects of trees on nutritional quality of understory gramineous forage in tropical savannas. *Trop. Grasslands*, 26: 12-20.
- Belsky A.J., R.G. Amundson, J.M. Duxbury, S.J. Riha, A.R. Ali y S.M. Mwangi. 1989. The effects of trees on their physical, chemical, and biological environments in a semi-arid savanna in Kenya. *J. App. Ecol.*, 26: 1005-1024.
- Belsky A.J. y C.D. Canham. 1994. Forest gaps and isolated savanna trees. An application of patch dynamics in two ecosystems. *BioScience*, 44: 77-84.
- Carvalho M.M., V.P. Freitas y D.F. Xavier. 2002. Inicio de florecimiento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreado natural. *Pesquisa Agropec.Bras.*, 37(5): 717-722.
- Carvalho, M.M, V.P. Freitas, D.S. Almeida y H.A. Villaca. 1994. Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composição mineral da forragem de pastagens de braquiária. *Rev. Soc. Bra. Zootecnia*, 23: 709-718.
- Castro, C.R.T. de, R. García, M.M. Carvalho y L. Couto. 1999. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reducida. *Rev. Soc. Bra. Zootecnia*, 28: 919-92.
- Cruz P. 1995. Use of the RUE concept for analysing growth of pure and mixed tropical forage crops. *En Sinoquet H. y P. Cruz (Eds.) Ecophysiology of Tropical Intercropping*. INRA. Paris, Francia. pp: 319-330.
- Cruz P. 1996. Growth and nitrogen nutrition of a *Dichanthium aristatum* pasture under shading. *Trop. Grasslands*, 30: 407-413.
- Cruz P. 1997. Effect of shade on the growth and mineral nutrition of a C4 perennial grass under field conditions. *Plant Soil*, 188: 227-237.
- Cruz P., J. Siera, J.R. Wilson, M. Dulornme y R. Tournebize. 1999. Effects of shade on the growth and mineral nutrition of tropical grasses in silvopastoral systems. *Ann. Arid Zone*, 38(3&4): 335-361.
- Escalante E. y L. Boscan. 1993. Inventario preliminar de sistemas agroforestales en Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Servicio Forestal Venezolano. Caracas. Mimeo.
- Ewell J. y A. Madriz. 1968. Zonas de Vida de Venezuela. Memoria Explicativa sobre el Mapa Ecológico. Ministerio de Agricultura y Cría.

- Dirección de Investigación. FONAIAP. Caracas, Venezuela.
- Gautier H., C. Varlet-Grancher, F. Gastal y B. Mouliá. 1995. Evolution of the leaf area index in a white clover and tall fescue intercrop: possible regulation by light quality. *En* Sinoquet H. y P. Cruz (Eds.) *Ecophysiology of Tropical Intercropping*. INRA. Paris, France. pp: 275-284.
- Giraldo L. y G. Vélez. 1993. El componente animal en los sistemas silvopastoriles. *Industrias & Producción Agropecuaria*. Azoodea, Medellín, 1(3): 27-31.
- Guenni O., J.L. Gil y Y. Guédez. 2005. Growth, forage yield and light interception and use by stands of five *Brachiaria* species in a tropical environment. *Trop. Grasslands*, 39: 42-53.
- Guenni O., J.L. Gil, Z. Baruch, L. Márquez y Núñez, C. 2006. Respuestas al déficit hídrico en especies forrajeras de *Brachiaria* (Trin.) Griseb. (Poaceae). *Interciencia*, 31(7): 505-511.
- Guenni O., S. Seiter y R. Figueroa. 2008. Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply. *Trop. Grasslands*. En prensa.
- Hernández M.J., O. Guenni y J.L. Gil. 2007. Acumulación de biomasa e intercepción y uso de luz en dos gramíneas forrajeras bajo un sistema silvopastoril en el estado Yaracuy, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. LUZ*, 24(Supl. 1): 342-347.
- Humphreys L.R. 1994. *Tropical Pastures: Their Role in Sustainable Agriculture*. Longman Scientific and Technical/John Wiley and Sons. New York, EUA.
- Jackson, J. y A.J. Ash. 1998. Tree-grass relationships in open eucalypt woodlands of Northeastern Australia: influence of trees on pasture productivity, forage quality and species distribution. *Agroforestry Syst.*, 40: 159-176.
- Lambers H., F.S. Chapin III y T.L. Pons. 1998. *Plant Physiological Ecology*. Springer-Verlag. New York, EUA.
- Mahecha L. 2003. Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. *Rev. Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 16(1): 11-18.
- Mahecha L., M. Rosales y C. Molina. 1999. Experiencias en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala* - *Cynodon plectostachyus* - *Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca. *En* Sánchez M. y M. Rosales (Eds.) *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*. Serie FAO Producción y Salud Animal, No. 143. Roma, Italia. pp. 407-420.
- McDowell L.R. 1992. *Minerals in Human and Animal Nutrition*. Academic Press. San Diego, EUA.
- Milford R. 1967. Nutritive value and chemical composition of seven tropical legumes and Lucerne grain in subtropical south-eastern Queensland. *Aust. J. Exp. Agr. Anim. Husb.*, 7: 540-545.
- Minson J. 1992. Composición química y valor nutritivo de las gramíneas tropicales. *En* Skerman P.J. y F. Riveros (Eds.) *Gramíneas Tropicales*. FAO. Roma, Italia. pp.181-189.
- Nair P.K.R. 1993. *An Introduction to Agroforestry*. Kluwer. Dordrecht, Netherlands.
- Norton B.W., J.R. Wilson, H.M. Shelton y K.D. Hill. 1991. The effect of shade on forage quality. *En* Shelton H.M. y W.W. Stür (Eds.) *Forages for Plantations Crops*. ACIAR Proceedings No. 32. Bali, Indonesia. 1990. ACIAR. Canberra, Australia. pp. 83-88.
- Oliveira, T.K. de, R.L.G. Macedo, I.P.A. dos Santos, E.M. Higashikawa y N. Venturin. 2007. Productividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Staff cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 31(3): 748-757.
- Orskov E., E. Hovell y F. Mould. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.*, 5: 195-213.
- Paciullo, D.S.C., C.A.B. de Carvalho, L.J.M. Aroeira, M.J.F. Morenz, F.C.F. Lopes y R.O.P. Rossiello. 2007. Morfofisiología e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamiento natural e a sol pleno. *Pesq. Agr. Bra.*, 42(4): 573-579.

- Penton G. 2000. Efecto de la sombra de los árboles sobre el pastizal en un sistema seminatural. Tesis de Maestría en Pastos y Forrajes. Universidad de Matanzas, Camilo Cienfuegos. EEPF Indio Hatuey, Cuba.
- Penton G., F. Blanco y M. Soca. 1998. La sombra de los árboles como fuente de variación de la composición botánica y la calidad del pastizal en una finca pastoril. Memorias III Taller Internacional Silvopastoril: Los árboles y los Arbustos en la Ganadería. Matanzas, Cuba. pp. 32-34.
- Ribaski J. 2000. Influência da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW. DC.) sobre a disponibilidade e qualidade da forragem de capim-búfel (*Cenchrus ciliaris*) na região semi-árida brasileira. Tese Doutorado. Escola de Florestas. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil.
- Ruiz T. y G. Febles. 1998. Agronomía y manejo de *Leucaena leucocephala*. Curso Internacional sobre los sistemas silvopastoriles en la ganadería tropical. EEPF Indio Hatuey. Matanzas, Cuba.
- Sánchez L.F., J. García-Miragaya y N. Chacón. 1997. Nitrogen mineralization in soils under grasses and under trees in a protected Venezuelan savanna. *Acta Oecologica*, 18(1): 27-37.
- Sayer J.A. y T.C. Whitmore. 1991. Tropical moist forest: Destruction and species extinction. *Biol. Conservation*, 55: 199-213.
- Scholes R.J y S.R. Archer. 1997. Tree-grass interactions in savannas. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 28: 517-544.
- Shelton H., J. Lowry, R. Gutteridge, R. Bray y J. Wildin. 1991. Sustaining productive pastures in the tropics, 7. Tree & shrubs legumes in improved pastures. *Trop. Grasslands*, 25: 119-128.
- Squire G.R. 1990. *The Physiology of Tropical Crop Production*. CAB International. Wallingford, Inglaterra.
- Statistix. 2005. *Statistix for Windows*. Analytical Software. Tallahassee, EUA.
- Van Soest, P. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feed. 1: Preparation of fiber residues of low nitrogen content. *J. Assoc. Agr. Chem.*, 46: 825-882.
- Valles B., E. Castillo y L. Herrera 1995. Rendimiento de forraje y proporción de hojas de accesiones de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.). *Pasturas Trop.*, 17(2): 32-35.
- Viáfara B., T. Clavero y O. Araujo-Febres. 1997. Efecto de sombreado de samán (*Pithecellobium saman* Jacq. (Benth)) sobre el crecimiento y desarrollo del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.). *Arch. Latin. Prod. Animal*, 5(Supl. 1): 39-41.
- Wilson J.R. 1990. The eleventh hypothesis: Shade. *Agroforestry Today*, 2: 14-15.
- Wilson J.R. 1996. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. *Aus. J. Agr. Res.*, 47: 1075-1093.
- Wilson J.R. 1998. Influence of planting four tree species on the yield and soil water status of green panic pasture in subhumid south-east Queensland. *Trop. Grasslands*, 32: 209-220.
- Wilson J.R. y D.W.M. Wild 1995. Nitrogen availability and grass yield under shade environments. *En* Mullen B.F. (Ed.) *Integration of Ruminants in Plantation Systems in South East Asia*. ACIAR Proceedings No. 64. North Sumatra, 1994. ACIAR. Canberra, Australia. pp. 42-48.
- Wilson J.R. y D.W.M. Wild. 1991. Improvement of nitrogen nutrition under shading. *En* Shelton H.M. y W.W. Stür (Eds.) *Forages for Plantations Crops*. ACIAR Proceedings No. 32. Bali, Indonesia. 1990. ACIAR. Canberra, Australia. pp. 77-82.
- Wilson J.R. y M.M. Ludlow. 1991. The environment and potential growth of herbage under plantations. *En* Shelton H.M. y W.W. Stür (Eds.) *Forages for Plantations Crops*. ACIAR Proceedings No. 32. Bali, Indonesia. 1990. ACIAR. Canberra, Australia. pp. 10-24.
- Wilson J.R., K. Hill, D.M. Cameron y H.M. Shelton. 1990. The growth of *Paspalum notatum* under the shade of a *Eucalyptus grandis* plantation or in full sun. *Trop. Grasslands*, 24: 24-28.

- Wong C.C. 1991. Shade tolerance of tropical forages: A Review. *En* Shelton H.M. y W.W. Stür (Eds.) Forages for Plantations Crops. ACIAR Proceedings No. 32. Bali, Indonesia. 1990. ACIAR. Canberra, Australia. pp. 64-69.
- Wong C.C. y J.R. Wilson. 1980. Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. *Aus. J. Agr. Res.*, 31: 269-285.
- Xavier D.F., M.M. Carvalho, M.J. Alvim y M.A. Botrel. 2003. Melhoramiento da fertilidade do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* associada com leguminosas arbóreas. *Pasturas Trop.*, 25: 23-26.

Balance forrajero, energético y proteico de un sistema de producción tradicional de doble propósito en México

Rafael Macedo^{1*}, Miguel A. Galina² y José M. Zorrilla³

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima. Km. 40 Autopista Colima - Manzanillo. Tecomán, Colima, México. *Correo electrónico: macedo@uacol.mx

²Dep. Ciencias Pecuarias. Fac. Estudios Superiores, Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán, México.

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

RESUMEN

Con el objetivo de realizar un balance forrajero, energético y proteico durante la época seca de un sistema de producción tradicional de doble propósito sustentado en la utilización de rastrojo de maíz (*Zea mays*) y pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) se realizó un balance forrajero, energético y proteico en Colima, México. Se evaluó mediante un estudio dinámico la producción, disponibilidad y utilización de la materia seca, la energía y la proteína dentro del sistema, así como su introducción al sistema para determinar su sostenibilidad considerando las necesidades nutricionales del ganado. Los resultados mostraron que el sistema es energéticamente sostenible produciendo 99% de la energía requerida. La producción de materia seca y proteína fueron deficitarias produciéndose únicamente 80 y 68% de los requerimientos, respectivamente. El productor fue capaz de complementar la falta de estos elementos mediante la introducción de alimentos producidos en la región como la punta de caña (*Saccharum officinarum*) y el olote de maíz enmelazado, detectándose además la oportunidad de mejorar estos sistemas productivos mediante la implementación de nuevas prácticas de manejo, así como la introducción de nuevas tecnologías.

Palabras clave: sostenibilidad, materia seca, energía, proteína, trópico, época seca.

Forage, energy and protein balance in a traditional dual purpose livestock production system in Mexico

ABSTRACT

A study was conducted in Colima, México, with the objective to carry out a forage, energy and protein balance of a traditional dual purpose livestock production system based on corn stubble (*Zea mays*) and star grass (*Cynodon plectostachyus*) during the dry season. This balance was carried out taking into consideration dry matter, energy, and protein requirements, production, availability and utilization, as well as their imports to the production system. The production system was energetically sustainable, providing 99% of the cattle requirements. Dry matter and protein production were insufficient, providing only 80 and 68% of the requirements, respectively. The producer was able to solve this deficit by importing local available feedstuff, such as ground corncob with molasses and sugarcane tops (*Saccharum officinarum*). It was apparent the need to introduce new technology and methods to improve this production system.

Keywords: sustainability, dry matter, energy, protein, tropic, dry season

INTRODUCCIÓN

En el estado de Colima, como en el resto de México y América Latina, la ganadería de doble propósito constituye el principal sistema de producción bovino en las regiones tropicales. Este sistema productivo confronta problemas importantes entre los que destaca su marcada dependencia de las condiciones climáticas, reflejada en la producción forrajera como fuente principal de alimento, la cual resulta estacional e insuficiente para cubrir las necesidades nutricionales del ganado durante todo el año (Macedo *et al.*, 2003; Romero *et al.*, 2006; Ramírez-Avilés *et al.*, 2007).

Es bien conocido que pese a la enorme dotación de recursos forrajeros, la ganadería de los trópicos latinoamericanos enfrenta agudos problemas relacionados con la cantidad de forraje disponible en particular durante los prolongados periodos secos (Rivas y Holmann, 2002). Asimismo, durante este periodo las gramíneas tropicales poseen una baja calidad energético-proteica y su estructura ofrece una pobre densidad de hojas verdes lo que afecta la eficiencia de la cosecha por parte del animal ocasionando un déficit de proteína y energía digestible (Garmendia, 2005; Faría, 2006). Este fenómeno ha obligado a los pequeños productores a complementar la materia seca, la energía y la proteína deficitaria de sus sistemas de producción mediante la compra de forrajes y alimentos concentrados comerciales, comprometiendo la rentabilidad y la sostenibilidad económica de sus explotaciones (Macedo y Palma, 2001).

Entre las alternativas propuestas por diferentes investigadores para resolver o aminorar el problema de la estacionalidad se encuentra la introducción y utilización de pastos mejorados, de forrajes de corte, de árboles y leguminosas forrajeras, de forrajes no convencionales, así como del uso de ensilaje, rastrojos y la henificación de diversos tipos de forraje entre otras, de las cuales existen numerosas evaluaciones con resultados que varían de acuerdo a las condiciones específicas bajo las cuales se implementaron (Rivas y Holmann; 2002, Arriaga-Jordán *et al.*, 2006; Faría, 2006; Martínez *et al.*, 2006; Ramírez-Avilés *et al.*, 2007).

Bajo este contexto, los pequeños ganaderos del norte del estado de Colima, México, conjuntando sus métodos y conocimientos tradicionales y la adopción de algunas prácticas generadas por la investigación

científica, desarrollaron un sistema de producción fundamentado en la resiembra anual de maíz (*Zea mays* L.) sobre praderas de pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus* P), como estrategia para afrontar la época de estiaje (Macedo *et al.*, 2003). Dado que dicho sistema ha trascendido durante varias décadas y generaciones con aparente éxito, el objetivo del presente trabajo fue realizar un balance forrajero, energético y proteico durante la época seca de un sistema tradicional de doble propósito en Colima, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El estudio se realizó en la comunidad de Cofradía de Suchitlán, la cual se encuentra ubicada en la zona norte del estado de Colima, México, entre las coordenadas 19° 23' 45" - 19° 24' 35" N y 103° 40' 40" - 103° 42' 50" O. Se localiza en una zona de transición entre los climas cálido sub-húmedo Aw1(w) y semicálido sub-húmedo A(C)w1(w). El suelo presenta una topografía ondulada con un rango de altitud de 1.200 a 1.450 msnm, con una temperatura media anual de 22°C y una precipitación promedio anual de 1.200 mm distribuidos durante el verano con una época seca que se extiende de noviembre a mayo.

Descripción del sistema

La característica distintiva de este sistema de producción la constituye la siembra anual de maíz sobre praderas de estrella africana durante la época lluviosa, con la finalidad de aprovechar bajo pastoreo la pradera y el rastrojo de maíz durante la temporada de estiaje y contar con un grano para la venta, la alimentación animal y/o el autoconsumo. La superficie promedio de las explotaciones es de 12,5 ha, de la cual 75% se encuentra sembrada de pradera y 30% se destina a la siembra del maíz (Macedo *et al.*, 2003).

Durante la época de lluvias los animales pastorean vegetación nativa en los pastizales circundantes, mientras se realiza la siembra del maíz sobre la pradera. Para favorecer el nacimiento y desarrollo inicial del maíz, el crecimiento del pasto es retardado durante 45 días con la aplicación de un herbicida sistémico (glifosato, 1,2 L/ha). La siembra se lleva a cabo a lanza (coa) y se realiza una aplicación de sulfato de amonio (600 kg/ha) a los 30 días sembrado el grano.

La semilla de maíz utilizada son variedades nativas y es producida por el mismo productor lo que le confiere una gran adaptación a las condiciones climáticas y edáficas de la zona (Macedo *et al.*, 2003).

A partir de enero, cuando la producción de forraje de la pastura empieza a declinar, se cosecha y muele el grano de maíz y se reserva parte del rastrojo para iniciar el pastoreo continuo de la pradera y del rastrojo de maíz restante. La alimentación del ganado es complementada conforme avanza la época de estiaje con el rastrojo de maíz previamente almacenado y con cogollo entero de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y con olote (tusa) de maíz molido y enmelazado, ambos productos comprados por el productor (Macedo *et al.*, 2003).

El sistema ganadero predominante es el doble propósito (70%), dominando las razas cebuinas (*Bos indicus*) y sus cruza con ganado Holstein y Pardo Suizo (*Bos taurus*) en la conformación racial de los hatos. El tamaño promedio del hato es de 19 cabezas con un nivel promedio de producción de leche de 26 L/d/hato y una producción anual de carne (becerros destetados) de 1.056 kg.

Procedimiento

Durante 112 días de la estación seca, comprendidos entre el 20 de febrero y el 11 de junio, se realizó un estudio del potencial productivo y el manejo de los recursos del sistema de alimentación rastrojo de maíz - pasto estrella bajo las condiciones de manejo tradicional entre los productores de la región estudiada. Para este fin y utilizando como base los resultados de clasificación y estratificación efectuado en la fase anterior en la cual se tipificaron las explotaciones, se seleccionó un rancho altamente representativo, el cual presentó 95% de similitud con 23 de los 25 ranchos que practicaron el sistema maíz-pasto estrella (Macedo *et al.*, 2003).

Evaluación de los forrajes

Se realizó cada 28 días y se valoró la producción y disponibilidad de materia seca, mediante un marco de metal de 0,25 m². Las muestras de los pastos y de la vegetación acompañante se cortaron a ras del suelo y se llevaron a peso constante para su valoración (t'Mannetje, 1978).

La calidad del forraje se evaluó mediante el contenido de materia seca (AOAC, 1990), proteína

cruda (AOAC, 1990), fracciones de fibra (Van Soest y Wine, 1968) y digestibilidad in situ de la materia seca (Harris *et al.*, 1967) del pasto estrella. En el caso del rastrojo de maíz y de sus componentes la determinación se realizó únicamente al inicio de la prueba.

Evaluación del balance del sistema de alimentación

Con el fin de medir la capacidad productiva del sistema de alimentación durante la época seca, se determinó su balance forrajero, energético y proteico con la siguiente fórmula:

$$\text{Balance propio, externo o total (\%)} = \frac{\text{Elemento propio y/o introducido en el sistema}}{\text{Demanda Total}} \times 100$$

El balance proteico se expresó con base a proteína digestible (PD), la cual se determinó utilizando la fórmula desarrollada por García-Trujillo (1982) para forrajes tropicales, dadas las características de los forrajes estudiados:

$$PD \text{ (g/kg MS)} = 0,853 * PB \text{ (g/kg MS)} - 2,235$$

donde PD es la proteína digestible y PB es la proteína bruta.

El balance energético se estimó sobre la base del contenido de energía metabólica (EM) de los forrajes, la cual se obtuvo mediante las siguientes relaciones funcionales propuestas por NRC (1984)

$$ED \text{ (Mcal / kg MS)} = \frac{4,4 \times \text{DMS (\%)}}{100}$$

$$EM \text{ (Mcal / kg MS)} = ED \times 0,82$$

donde ED es la energía digestible, EM es la energía metabólica y DMS es la digestibilidad de la materia seca.

El cálculo de los requerimientos nutricionales se estimó en forma individual siguiéndose las especificaciones propuestas por Jarrige (1990).

Necesidades de materia seca

Consumo de materia seca: 140 g MS * kg PV 0,75

Necesidades de energía

Mantenimiento = $0,117 \text{ Mcal EM} * \text{kg PV}_{0,75} + 50\%$ por pastoreo en rastrojera y terreno desnivel.

Producción de leche = $1,16 \text{ Mcal EM} * \text{kg leche}$.

Gestación: Séptimo mes = 20% energía de mantenimiento.

Octavo mes = 35% energía de mantenimiento.

Noveno mes = 50% energía de mantenimiento.

Necesidades de proteína

Mantenimiento = $0,60 \text{ g PD} * \text{kg PV}$.

Producción de leche = $60 \text{ g PD} * \text{kg de leche}$.

Gestación: Séptimo mes = $0,78 \text{ g PD} * \text{kg de PV}$.

Octavo mes = $0,88 \text{ g PD} * \text{kg de PV}$.

Noveno mes = $1,00 \text{ g PD} * \text{kg de PV}$.

RESULTADOS

El balance forrajero mostró que conforme avanza la época seca el forraje producido dentro del sistema que inicialmente excede la demanda en 31% y participa en menor proporción en la alimentación del ganado, la cual es complementada por el forraje introducido por el productor hasta en 81% hacia el final de la temporada de estiaje. La participación final del forraje producido en el rancho durante el periodo de secas fue 80%, observándose un excedente final de 26% en la materia seca total (Cuadro 1).

Durante los primeros 28 días de pastoreo se presentó una tasa alta de desaparición del rastrojo de maíz. En contraparte, durante dicho periodo el ganado prácticamente no consumió pasto estrella, cuya desaparición se inició a partir de marzo y para la etapa final, prácticamente ya no está disponible en el sistema. A partir del segundo periodo, destacó la participación creciente de la punta de caña como fuente de forraje conforme avanza la época seca, mientras que el aporte de rastrojo molido y olote enmelazado fueron más homogéneos durante la temporada de estiaje (Figura 1).

Por lo que respecta a la producción de energía en el sistema de forrajero, se encontró que la materia seca utilizada del sistema aporta prácticamente toda la energía demandada por los animales para realizar sus funciones metabólicas y productivas. Se presentó un excedente energético importante durante

los primeros meses de estudio, así como un déficit hacia el mes final, el cual, fue cubierto totalmente por las estrategias de suplementación del productor, existiendo un excedente energético total de 55% (Cuadro 2).

El balance proteico mostró como el forraje producido dentro del sistema aportó 68% de la proteína requerida, existiendo un déficit importante en la etapa final. Asimismo, se observa como la entrada gradual de proteína al sistema logró cubrir las necesidades totales del ganado (Cuadro 3).

DISCUSIÓN

Los resultados muestran que si bien el sistema produce 80% de la materia seca necesaria para cubrir las necesidades de alimentación del ganado, su manejo es deficiente en algunas etapas. En lo referente a la pradera, se observaron hacia el final del periodo de estudio bajos valores de forraje desaparecido y por consiguiente consumido, producto del bajo consumo inicial, situación que propició subpastoreo del recurso con la consecuente acumulación de material vegetativo de baja calidad constituido principalmente por tallos y material muerto. Cuesta (2005) menciona que algunos de los factores que más limitan el consumo de los pastos tropicales son la poca cantidad de hoja disponible, la pobre calidad de la misma, así como su baja relación con las otras partes de la planta y con el material muerto. En este sentido, el nivel de consumo de un forraje se encuentra altamente determinado por su calidad, ya que tiene una estrecha relación con su digestibilidad y su velocidad de paso a través del tracto digestivo. Los forrajes de buena calidad son rápidamente digeridos y translocados a la siguiente cavidad gastrointestinal en turno, lo que provoca la sensación de vacío y la necesidad de volver a comer, favoreciéndose el consumo (Minson *et al.*, 1976). Prácticas como la división de la superficie de pastoreo y el pastoreo rotacional permitirían disponer con mayor racionalidad de los forrajes, evitando una alta selección de los componentes del rastrojo y permitiendo la utilización recuperación sucesiva del pasto estrella, la cual en esta zona ocurre hasta bien avanzada la época de estiaje como consecuencia de la alta humedad ambiental y de la alta capacidad de retención de humedad de los suelos.

El patrón de consumo de los forrajes fue altamente influenciado por la capacidad de selección que

Cuadro 1. Balance forrajero durante la época seca de un sistema tradicional de doble propósito en Colima, México

	Periodo				Total
	Feb 20 Mar 19	Mar 20 Abr 16	Abr 17 May 14	May 15 Jun 11	
MS producida en el sistema, kg	3.841	1.627	2.461	497	8.426
MS introducida al sistema, kg	128	1.311	1.375	2.031	4.845
MS total, kg	3.969	2,938	3.836	2.528	13.271
Número de animales	9	8	8	8	33
Peso vivo, kg	3.259	2.837	2.810	2.770	11.676
Demanda de MS, kg	2.927	2.562	2.544	2.516	10.549
<u>Balance forrajero, %</u>					
M.S propia	131	63	97	20	80
M.S externa	4	51	54	81	46
M.S total	135	114	151	101	126

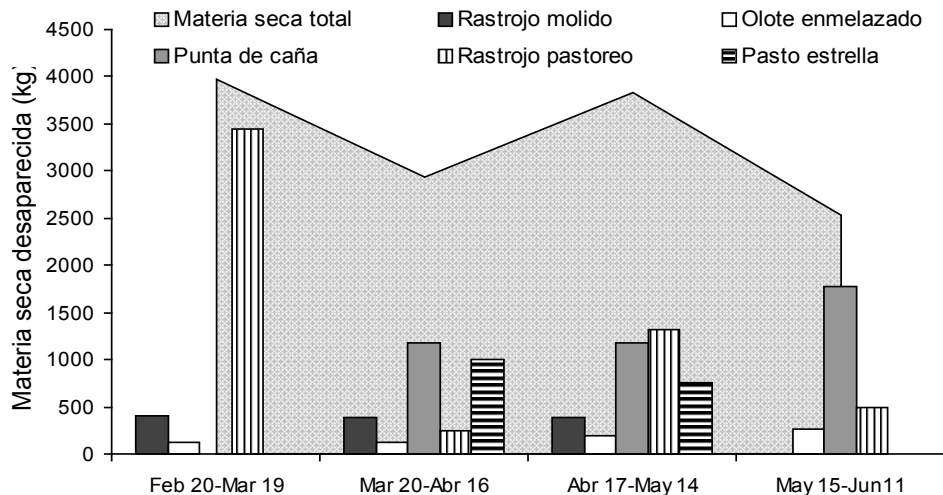


Figura 1. Dinámica de la desaparición de la materia seca producida e introducida durante la época seca de un sistema tradicional de doble propósito en Colima, México

caracteriza al ganado bovino en pastoreo, el cual inicialmente mostró una gran preferencia hacia el consumo de rastrojo de maíz. De acuerdo con observaciones realizadas por Fernández-Rivera y Klopfenstein (1989) y Gutiérrez-Ornelas y Klopfenstein (1991), dicha preferencia se relaciona con la disponibilidad de los componentes estructurales del rastrojo altamente palatables para el ganado bovino

como son en orden descendente, el grano residual, las brácteas, las hojas y los tallos. Esta característica en el consumo permitió que durante las primeras semanas de pastoreo el pasto estrella mostrara una tasa de crecimiento mayor a la tasa de consumo, lo cual le permitió no obstante la presencia constante del ganado incrementar su biomasa e incrementar la cantidad de materia seca disponible durante el tercer

Cuadro 2. Balance energético durante la época seca de un sistema tradicional de doble propósito en Colima, México

	Periodo				Total
	Feb 20 Mar 19	Mar 20 Abr 16	Abr 17 May 14	May 15 Jun 11	
EM producida en el sistema, Mcal	7.797	2.963	4.701	1.009	16.470
EM introducida al sistema, Mcal	278	2.513	2.653	3.910	9.354
EM total, Mcal	8.075	5.477	7.354	4.919	25.825
Número de animales	9	8	8	8	33
Peso vivo, kg	3.259	2.837	2.810	2.770	11.676
Producción de leche, kg/periodo†	700	644	644	630	2.618
<u>Demanda de EM, Mcal</u>					
Mantenimiento	3.669	3.212	3.182	3.155	13.218
Gestación	141	201	3.929		343
Producción de leche	812	747	747	731	3.037
Total	3.819	4.160		3.886	16.598
<u>Balance energético, %</u>					
EM propia	204	71	120	26	99
EM externa	7	60	68	101	56
EM total	211	131	188	127	155

† Incluye 2,5 kg/día de leche consumida por cada cría.

periodo evaluación. Asimismo, dicha recuperación propició una mejora en las características cualitativas del pasto.

El balance energético mostró por una parte, la capacidad del sistema forrajero para cubrir la demanda energética total del ganado y por otro lado, un desperdicio de la energía introducida al sistema por el productor. Aluja (1984) explica que en las regiones tropicales es común observar un predominio hacia la suplementación de tipo energética, debido entre otras cosas, a la falta de conocimiento del productor para diferenciar que tipo de nutriente (proteína o energía) aporta cada alimento en particular. Esta situación propicia, como se explico anteriormente, la introducción de productos que aportan un exceso de energía al sistema productivo. En este sentido, la reserva de una mayor cantidad de rastrojo molido para evitar su pisoteo y desperdicio en el campo durante los primeros meses y su posterior utilización podría ayudar a mantener niveles energéticos homogéneos durante todo el periodo de secas. Es necesario valorar que dicha acción conllevaría un incremento en el costo de producción por concepto de corte, acarreo y molido del esquilmo, situación que de acuerdo con Martínez *et al.* (2006) llega a provocar inestabilidad

económica en los sistemas de producción de pequeños productores, los cuales se ven obligados inclusive a vender sus animales para hacer frente a sus obligaciones económicas.

Los resultados muestran que la proteína es el elemento de menor disponibilidad producido dentro del sistema de producción, lo cual concuerda con los resultados del análisis de un sistema de producción de doble propósito basado en residuos de maíz y especies forrajeras nativas, realizado en los Llanos Altos de Venezuela por Berroterán y Piccoli (1993). Es importante mencionar que en ambos estudios los productores lograron ajustar el nivel de proteína requerido por el ganado sin la compra de suplementos proteicos, ya que en el caso del presente estudio, no obstante el pobre contenido de proteína que caracteriza a la punta de caña y el olote enmelazado, este fue suficiente para cubrir el déficit proteico del sistema productivo. Por lo que respecta a la proteína introducida al sistema, ésta podría ser producida al interior del mismo con el establecimiento de leguminosas forrajeras, las cuales son señaladas por numerosos estudios, entre el que se encuentra el de Macedo y Palma (1998), como una opción viable para la producción in situ de proteína. Estos autores

Cuadro 3. Balance proteico durante la época seca de un sistema tradicional de doble propósito en Colima, México

	Periodo				Total
	Feb 20 Mar 19	Mar 20 Abr 16	Abr 17 May 14	May 15 Jun 11	
PD producida en el sistema, kg	93,72	65,17	81,60	12,13	252,62
PD introducida al sistema, kg	3,43	32,06	33,78	49,82	119,09
PD total, kg	97,15	97,23	115,38	61,95	371,71
Número de animales	9	8	8	8	33
Peso vivo, kg	3.259	2.837	2.810	2.770	11.676
Producción de leche, kg/periodo†	700	644	644	630	2.618
<u>Demanda de PD, kg</u>					
Mantenimiento	54,75	47,66	47,21	46,53	196,15
Gestación	8,96	10,08			19,04
Producción de leche	42,00	38,64	38,64	37,80	157,08
Total	105,71	96,38	85,85	84,33	372,27
<u>Balance proteico, %</u>					
PD propia	89	68	95	14	68
PD externa	3	33	39	59	32
PD total	92	101	134	73	100

† Incluye 2.5 kg/día de leche consumida por cada cría.

lograron incrementar hasta en un 30% la producción de leche y mantener la condición corporal del ganado al introducir bancos de proteína de *Leucaena leucocephala* en una explotación ubicada en la región estudiada en el presente estudio.

Considerando que los forrajes constituyen la dieta base y se caracterizan por su alto contenido de fibra y bajo contenido de proteína, la adición de una fuente de amoniaco a partir de productos de alta disponibilidad y bajo costo como la urea o el excremento de aves podría ser fundamental en este tipo de sistemas para elevar la producción. Estos materiales podrían cubrir las exigencias de los microorganismos del rumen e incrementar la tasa de degradación ruminal de las fracciones fibrosas (Preston y Leng, 1989; Preston, 1995; Garmendia, 2005). Un buen proceso de fermentación ruminal puede satisfacer las demandas proteicas de mantenimiento de peso vivo, de crecimiento moderado, de gestación en sus dos primeros tercios y de producción láctea tardía, por medio del aporte de nutrientes de origen microbiano,

requiriéndose únicamente un aporte de tipo mineral en el suplemento (Zorrilla, 1989).

Este último autor expone que para el último tercio de gestación y la lactación temprana y media se requiere reforzar el aporte de nutrientes de origen microbiano con cantidades extras de glucosa y/o proteína a nivel intestinal. El uso de productos y subproductos agroindustriales como la copra, la pulidora de arroz, la melaza, la pulpa de cítricos entre otros para este fin, contribuiría además a lograr un aprovechamiento más racional de los recursos disponibles en el trópico (Preston y Leng, 1989; Zorrilla, 1989; Preston, 1995).

Finalmente cabe mencionar que la rentabilidad del sistema de producción medido a través de la relación beneficio costo, la cual es igual a 1,02 se encuentra en equilibrio (Macedo *et al.*, 2001), por lo que cualquier cambio que se plantee para mejorar el sistema de producción deberá realizarse a través del establecimiento de aquellas prácticas de manejo o la

introducción de aquellas tecnologías cuyo beneficio inmediato supere a su costo de implementación.

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que el sistema de producción tradicional de doble propósito sustentado en la utilización de la asociación pasto estrella-rastrojo de maíz es energéticamente sostenible mostrando un déficit importante en la producción de proteína y cubriendo en gran proporción la producción de materia seca necesaria para la alimentación animal.

LITERATURA CITADA

- Aluja A. 1984. Livestock production systems in Central Veracruz state, Mexico. Tesis Doctoral. Cornell University. Ithaca, EUA.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15^{ta} ed. Association of Official Analytical Chemists. AOAC, Arlington, EUA.
- Arriaga-Jordán C.M., A. Espinoza-Ortega, E.S. González-Esquivel, M. Ruiz-Albarrán, D. Heredia-Nava, J. Guadarrama-Estrada y A.O. Castelán-Ortega. 2006. Desarrollo participativo de estrategias de alimentación de ganado lechero en sistemas campesinos. Memoria XXXIV Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Asociación Mexicana de Producción Animal. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México. pp. 255-258.
- Berroterán J.L. y V. Piccoli. 1993. Vegetación nativa y rastrojo de maíz en un sistema con ganado doble propósito en los Llanos Altos Venezolanos. Cien. Invest. Agraria, 20(2): 13-14.
- Cuesta M.P.A. 2005. Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano. Revista Corpoica., 6(2): 5-13.
- Faría M.J. 2006. Manejo de pastos y forrajes en la ganadería de doble propósito. X Seminario de Pastos y Forrajes. Univ. Zulia, Maracaibo. Venezuela. pp. 1-9.
- Fernández-Rivera S. y T.J. Klopfenstein. 1989. Yield and quality components of corn crop residues and utilization of these residues by grazing cattle. J. Anim. Sci., 67: 597-605.
- García-Trujillo R. 1982. Estudios en la aplicación de sistemas de expresión del valor nutritivo de los forrajes en Cuba y método de racionamiento. Tesis Doctoral. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, La Habana, Cuba.
- Garmendia J. 2005. Suplementación estratégica de vacas doble propósito alrededor del parto. IX Seminario de Pastos y Forrajes. Univ. Nac. Exp. Táchira, San Cristóbal, Venezuela. pp. 112-129.
- Gutiérrez - Ornelas E. y T.J. Klopfenstein. 1991. Changes in availability and nutritive value of different corn residue parts as affected by early and late grazing seasons. J. Anim. Sci., 69: 1741-1750.
- Harris L.E., G.P. Lofgreen, C.J. Kercher, R.J. Raleigh y V.R. Bohman. 1967. Technique of research in range livestock nutrition. Utah Agric. Exp. Station. Bulletin 471. Logan, EUA.
- Jarrige J. 1990. Alimentación de Bovinos, Ovinos y Caprinos. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Macedo R., M.A. Galina, J.M. Zorrilla, J.M. Palma y J. Pérez-Guerrero. 2001. Impacto económico de la introducción de tecnología en un sistema de producción agropecuario tradicional. Rev. Fac. Agron. LUZ, 18: 149-162.
- Macedo R., M.A. Galina, J.M. Zorrilla, J.M. Palma y J. Pérez-Guerrero. 2003. Análisis de un sistema de producción tradicional en Colima, México. Arch. Zootec., 52: 463-474.
- Macedo R. y J.M. Palma. 1998. Evaluación productiva y económica del manejo de bancos de proteína *Leucaena leucocephala* en Colima, México. Rev. Fac. Agron. LUZ, 15: 460-471.
- Martínez G.C.G., V.E. Sánchez, B.Y. Nava, S. Anderson y A. Dorward. 2006. Evaluación participativa del impacto socioeconómico y nutricional del uso de rastrojo molido en la alimentación animal en sistemas campesinos (Parte 2). Memoria XXXIV Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Asociación Mexicana de Producción

- Animal. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México. pp. 267-270.
- Minson D.J., T.H. Stobbs, M.P. Hegarty y M.J. Playne. 1976. Measuring the nutritive value of pasture plants. *En* Shaw N.H. y W.W. Bryan (Eds.) Tropical Pasture Research. Principles and Methods. Comm. Agric. Bur., Field Crops Bull. 51, Farham Royal. Inglaterra. pp. 712-719.
- NRC. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 6^a ed. National Academic Press. Washington, EUA.
- Preston T.R. 1995. Tropical Animal Feeding. A Manual for Research Workers. Animal Production and Health Paper No. 126. FAO. Roma, Italia.
- Preston T.R. y R.R. Leng. 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. CONDRIT. Calí, Colombia.
- Ramírez-Avilés L., J.C. Ku Vera y J.A. Alayón Gamboa. 2007. Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito. Arch. Latinoam. Prod. Anim., 15 (Supl.1): 251-264.
- Rivas L. y F. Holmann. 2002. Sistemas de doble propósito y su viabilidad en el contexto de los pequeños y medianos productores en América Latina Tropical. Curso Internacional de Actualización en el Manejo de Ganado Bovino de Doble Propósito. UNAM. Veracruz, México. pp. 1-38.
- Romero T.E.M., O.E. Gutiérrez, B.H. Bernal, M.A. González y P.S. López. 2006. Indicadores del estatus nutricional a través del año en un hato de vacas de doble propósito en el norte de Veracruz. Memoria XXXIV Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Asociación Mexicana de Producción Animal. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México. pp. 77-79.
- T'Mannetje L. 1978. Measurement of Grassland Vegetation and Animal Production. Comm. Agric. Bur., Past. Field Crops Bull. 52. CAB. Hurley, Inglaterra.
- Van Soest P.J. y R.H. Wine. 1968. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. J. Assoc. Off. Agr. Chem., 51: 780-785.
- Zorrilla R.J. 1989. Racionalidad del sistema de producción bovina de doble propósito en el trópico. Optimización y no maximización, objetivo pecuario en el trópico. Parte I. Revista Ganadero, 14(1): 35-45.

Pubertad en hembras de cinco razas ovinas de pelo en condiciones de trópico seco

Rafael Zavala Elizarraraz, Jorge R. Ortiz Ortiz*, Julio P. Ramón Ugalde, Paula Montalvo Morales, Angel Sierra Vásquez y José R. Sanginés García

División de Estudios de Postgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Conkal. Conkal, Yucatán. México. *Correo electrónico: jortiz@itconkal.edu.mx

RESUMEN

El objetivo fue estudiar el efecto del genotipo de ovejas de pelo sobre la edad y peso corporal al primer cuerpo lúteo y al primer celo observado en condiciones de trópico seco. Se utilizaron 94 corderas de las razas Pelibuey, Blackbelly, Dorper, Katahdin y Santa Cruz. Las corderas estuvieron en pastoreo rotacional 7 h/d en praderas de *Cynodon nlenfluensis* y se les ofreció 500 g/d de un alimento con 16% de PC. Las endoscopias se realizaron cada 28 días a partir de los cinco meses de edad monitoreando los ovarios con un endoscopio de 6,5 mm y de manera simultánea se realizó el pesaje corporal. Se utilizaron como criterios de inicio de pubertad la presencia de un cuerpo lúteo y la manifestación del primer celo. Los datos se analizaron con un modelo lineal que incluyó como variables independientes raza, época de nacimiento y tipo de nacimiento y como variables dependientes edad y peso a la pubertad, número de cuerpos lúteos y folículos. La edad y peso al primer cuerpo lúteo detectado fue mayor ($P<0,05$) en las ovejas Dorper (292,3 d; 43,2 kg) y Katahdin (272,6 d; 36,5 kg) en comparación con Blackbelly (250,1 d; 24,7 kg), Pelibuey (231,8 d; 27,6 kg) y Santa Cruz (252,3 d; 28,5 kg). La edad promedio al primer cuerpo lúteo para los cinco genotipos fue 252,5 d. La época de nacimiento influyó en la edad ($P<0,05$), pero no en el peso al primer cuerpo lúteo. Las corderas nacidas en el período julio-agosto promediaron 284,7 d, respecto a las nacidas en septiembre-octubre con 266,7 d. Las corderas de nacimiento simple tuvieron mayor edad y peso ($P<0,05$) (266,6 d; 34,1 kg) que aquellas de nacimiento múltiple (242,5 d; 28,6 kg). Los promedios obtenidos en la variables estudiadas resultaron superiores, pero con tendencias similares ($P>0,05$) cuando la pubertad se determinó con el primer celo observado, excepto el efecto de la época de nacimiento sobre el peso corporal. Los resultados evidencian mayor precocidad para las razas Pelibuey, Blackbelly y Santa Cruz que para Dorper y Katahdin.

|Palabras clave: pubertad, cuerpo lúteo, celo, ovejas de pelo, genotipo.

Effect of genotype on puberty in hair sheep ewe lamb on tropical areas

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of hair sheep ewe lamb genotype on age and body weight to first corpus luteum and first observed estrous in dry tropic conditions. The study was performed with 94 ewe lambs Pelibuey (25), Blackbelly (12), Dorper (12), Katahdin (23), and Saint Croix (22). Ewe lambs were maintained in rotational grazing for 7 h/d on *Cynodon nlemfuensis* and were supplemented with 500 g/d of concentrate (16% CP). Endoscopies and lamb weight were recorded every 28 d from 150 d of age. A 6.5 mm diameter endoscope was used to determine the ovarian activity, follicular growth, luteal structures or scars present from the previous cycle. Presence of corpus luteum and first estrous behavior were used as puberty indicators. The data were analyzed with a linear model that included as independent variables breed, lambing season, and lambing type, and as dependent variables, age and weight at puberty, number of follicles, and corpus luteum. The age and weight to first corpus luteum observed were higher ($P<0.05$) in Dorper ewe lambs (292.3 d; 43.2 kg) and Katahdin (272.6 d;

36.5 kg) than Blackbelly (250.1 d; 24.7 kg), Pelibuey (231.8 d; 27.6 kg), and Saint Croix (252.3 d; 28.5 kg). The onset of puberty in evaluated breeds was 252.5 d of age. The season of birth affected the age ($P < 0.05$), but not the weight of first corpus luteum observed. Ewe lambs born in July-August had 284.7 d of age, but on the other hand, those born in September-October were 266.7 d of age. Single ewe lambs were oldest and heavier ($P < 0.05$) (266.6 d; 34.1 kg) than multiple birth ewes (242.5 d; 28.8 kg). The mean of variables studies were higher, but similar tendencies ($P > 0.05$) were obtained with first estrous behavior, except the effect of birth seasons on live weight. These results demonstrate higher precocity in Pelibuey, Blackbelly, and Saint Croix breeds than Dorper and Katahdin.

Keywords: puberty, corpus luteum, estrous behavior, hairsheep ewe lambs, genotype.

INTRODUCCIÓN

Los genotipos de ovinos de pelo predominantes en las regiones tropicales de México hasta mediados de la década pasada fueron los pertenecientes a las razas Pelibuey y Blackbelly (Segura *et al.*, 1996); debido a que la ovinocultura estaba orientada de manera predominante a complementar la economía familiar de traspatio, por lo que se desarrollaba en sistemas extensivos de producción. En la actualidad se observa un crecimiento constante del sector y, en consecuencia, la producción ovina se ha intensificado, por lo que gradualmente ha habido un incremento en la introducción de razas como la Katahdin, Dorper y Santa Cruz, las cuales poseen mayor capacidad de crecimiento, sin embargo, poco se conoce de su potencial reproductivo. Considerando el alto valor del pie de cría de estas razas y la necesidad de disminuir los costos de producción en los sistemas intensivos es necesario conocer el inicio de la pubertad en los diferentes genotipos bajo las condiciones del trópico, pues de esta etapa fisiológica dependerá el inicio de la vida productiva de los reemplazos así como el número de corderos producidos, incidiendo en la productividad total de la hembra.

En general, se acepta que la pubertad está influenciada principalmente por factores genéticos (Evans *et al.*, 1991; Bunge *et al.*, 1993; Schoeman *et al.*, 1993; Wildeus, 1997) y por factores ambientales, tales como las condiciones climáticas (Evans *et al.*, 1991; Schoeman *et al.*, 1993), estado nutricional posdestete (González-Reyna *et al.*, 1983, 1991; Albarran *et al.*, 2001; Aguilar 2002), época de nacimiento (Cruz *et al.*, 1983), tipo de parto y edad al destete (Fuentes *et al.*, 1990), la presencia del macho (Rodríguez *et al.*, 1986), entre otros. Bajo condiciones tropicales de México, en la raza Pelibuey y Blackbelly se ha documentado la pubertad (Castillo 1977; Cruz *et al.*, 1983; Velázquez

et al., 1995), pero se desconoce para corderas Dorper, Katahdin y Santa Cruz. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del genotipo de ovejas de pelo y algunos factores ambientales sobre la edad y peso a la pubertad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Centro de Selección y Reproducción Ovina del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, México, el cual se ubica a 20° 59' N y 89° 39' O. El clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw0), con 900 mm de precipitación anual, altura de 9 msnm y una temperatura media anual de 26,5°C (García, 1981).

Se utilizaron 94 corderas puras de las razas Dorper (n = 12), Katahdin (n = 23), Santa Cruz (n = 22), Blackbelly (n = 12) y Pelibuey (n = 25), nacidas entre los meses de Julio y Octubre. En el Cuadro 1 se presenta la distribución de las corderas por raza, tipo y época de nacimiento. El manejo de las madres, las corderas y los sementales consistió en pastoreo rotacional de 7 h diarias, en potreros de pasto estrella de África (*Cynodon nlemfuensis*). Al regreso del pastoreo, en corrales de encierro, las hembras en gestación fueron suplementadas con 150–200 g de un alimento con base en sorgo y pasta de soya (16% PC), en tanto las madres en lactancia y los machos recibieron 400 y 300 g animal⁻¹ d⁻¹, respectivamente. Las corderas permanecieron con sus madres desde el nacimiento hasta el destete a los 90 d de edad y a partir de la sexta semana se les proporcionó entre 100 a 150 g de alimento con base en sorgo y pasta de soya (18% PC). Al destete todas las corderas se desparasitaron con ivermectina (Cidectin® NF- 1%) y vacunaron contra *Pasterella hemolitica* y clostridiasis. A partir de ese momento las corderas permanecieron bajo las

Cuadro 1. Distribución del número de corderas por raza, tipo de nacimiento y época de nacimiento.

Raza	n†	Tipo de nacimiento		Época de nacimiento	
		S	M	Jul-Ago	Sep- Oct
Blackbelly	12	3	9	7	5
Dorper	12	8	4	10	2
Katahdin	23	16	7	14	9
Pelibuey	25	7	18	8	17
Santa Cruz	22	7	15	22	

† n= número de observaciones, S= simple, M= múltiple, Jul-Ag= julio-agosto, Sep-Oct= septiembre-octubre.

mismas condiciones de manejo y alimentación al resto del rebaño pero suplementadas con 500 g animal⁻¹ d⁻¹ de un alimento comercial con 15% de PC, a base de sorgo molido y entero, pasta de canola y subproducto de ajonjolí.

La pubertad se determinó a través de dos métodos: por endoscopías (detección del primer cuerpo lúteo) y por detección directa del estro (manifestación clínica de estro con la conducta sexual correspondiente). Las endoscopías se efectuaron de acuerdo a la metodología propuesta por Oldham y Lindsay (1980). Las cirugías se realizaron a partir de que las corderas cumplieran los cinco meses de edad, empleando un endoscopio Karl Storz de 6,5 mm de diámetro. Las endoscopías se ejecutaron cada 28 d; en cada una de ellas, los folículos detectados se contaron y ordenaron en tres clases: menor a 1, de 2 a 4 y mayor o igual a 5 mm de diámetro. En las corderas que presentaron un cuerpo lúteo (CL) y/o cuerpo blanco del ciclo anterior no se volvió a realizar otra endoscopia, siendo considerado este hecho como el inicio de la pubertad.

La detección del celo se inició a partir de los cinco meses de edad con tres machos vasectomizados, los cuales se rotaban por intervalos de una semana. Los machos se introducían al corral de encierro a las 7:00 y 17:00 h por periodos de una h. La manifestación de signos evidentes de celo por primera vez en las corderas se consideró como el segundo criterio de inicio de pubertad. Los pesos corporales se registraron momentos previos a las endoscopías y al momento de detectarse el celo.

Los datos se sometieron al análisis de varianza para modelos lineales (PROC GLM de SAS, 2000)

y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey.

Para las variables dependientes edad y peso a la pubertad a través del primer cuerpo lúteo (CL) y primer celo observado, se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \theta_k + \alpha\theta_{ik} + \beta\theta_{jk} + \epsilon_{ijkl}$$

donde:

y_{ijk} = variable de respuesta en la l-ésima repetición del i-ésimo tipo racial en la j-ésima época de nacimiento en el k-ésimo tipo de nacimiento,

μ = media general de la población,

α_i = efecto del i-ésimo tipo racial,

β_j = efecto de la j-ésima época de nacimiento,

$\alpha\beta_{ij}$ = efecto de la interacción entre el i-ésimo tipo racial y la j-ésima época de nacimiento,

θ_k = efecto del k-ésimo tipo de nacimiento,

$\alpha\theta_{ik}$ = efecto de la interacción entre el i-ésimo tipo racial y en el k-ésimo tipo de nacimiento,

$\beta\theta_{jk}$ = efecto de la interacción entre la j-ésima época de nacimiento y el k-ésimo tipo de nacimiento y

ϵ_{ijkl} = error experimental.

En el modelo no se consideró la triple interacción entre raza, época de nacimiento y tipo de nacimiento, debido a que es un modelo desbalanceado y al momento de realizar el análisis se encontraron sumas de cuadrados no estimados por la existencia de celdas vacías, es decir, sin observaciones.

Para las variables número de folículos y cuerpos lúteos así como el tamaño (mm) de los folículos se consideraron los valores promedios ponderados por raza de las siete endoscopías realizadas mensualmente a lo largo del período experimental. El análisis fue con el siguiente modelo estadístico:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

donde:

y_{ij} = variable de respuesta en la i -ésima raza y la j -ésima observación,

μ = media general de la población,

α_i = i -ésima raza y

ϵ_{ij} = error experimental observado en la j -observación de la i -ésima raza.

En el modelo no se consideraron los factores de variación de época y tipo de nacimiento y las diferentes interacciones, ya que al hacerlo se hubiesen generado 20 subclases por cada endoscopia y durante el periodo experimental se realizaron siete endoscopias, por lo que no hubo la suficiente cantidad de observaciones. En consecuencia se analizaron los promedios ponderados para cada raza durante las siete endoscopias, haciendo énfasis en el efecto de raza.

La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey a un $\alpha = 0,05$. Así mismo, se graficó la frecuencia de celos detectados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del experimento, murió una cordera de la raza Katahdin y se presentaron adherencias en dos corderas de raza Pelibuey, lo que impidió observar la presencia de algún cuerpo lúteo. Por otra parte, cinco corderas (dos de raza Dorper, dos Katahdin y una Santa Cruz) no mostraron presencia de cuerpo lúteo o cicatrizal, por lo que no alcanzaron la pubertad. No se pudo precisar si existió algún efecto de las lesiones ocasionadas por las laparoscopias sobre la expresión del celo en algunas corderas.

Raza

No hubo evidencia de interacciones ($P > 0,05$) entre la raza y el tipo y época de nacimiento y entre el tipo y época de nacimiento, por lo que solamente se presentan los resultados de los efectos principales. El análisis mostró diferencias ($P < 0,05$) entre razas, para la edad y peso al primer CL (Cuadro 2). Las

corderas de la razas Dorper y Katahdin, presentaron un primer CL observado 59 y 41 d más tarde que la raza Pelibuey. Así mismo, tuvieron 15,6 y 8,9 kg más de peso corporal con respecto a las corderas de raza Pelibuey. La diferencia para las corderas Santa Cruz, respecto a las Pelibuey en las mismas variables fue de 21 d y 0,95 kg.

Por otra parte, cuando la pubertad se determinó al primer celo observado (Cuadro 3), solamente se encontraron diferencias para el peso corporal entre razas ($P < 0,01$). Las razas Dorper y Katahdin pesaron al menos 15 y 9 kg más con respecto a las razas Santa Cruz, Pelibuey y Blackbelly. Las cinco razas, para la edad al primer celo observado, manifestaron la misma tendencia que la pubertad al primer CL, es decir las razas sintéticas tuvieron promedios de edades más altas.

El efecto de la raza sobre la edad y peso a la pubertad ha sido demostrado por otros autores en estudios comparativos en condiciones de clima templado, tanto en ovejas de lana y de pelo (Evans *et al.*, 1991; Pappa-Michailidou *et al.*, 1999; Papachristoforou *et al.*, 2000), como entre sus cruza (Lassoued y Rekik, 2001) y en cruza con ovinos de pelo (Bunge *et al.*, 1993). En condiciones de trópico, la mayoría de los estudios proporcionan valores de edad y peso a la pubertad en la raza Pelibuey en el rango de 245 a 326 d y de 18,4 a 25 kg (Castillo, 1977; González-Reyna *et al.*, 1983; Valencia y González, 1983; Fuentes *et al.*, 1990; González-Reyna *et al.*, 1991), valores que no coinciden en la edad ni en el peso a la pubertad obtenidos para el Pelibuey en el presente estudio.

A su vez, las corderas Blackbelly, considerada como la única raza prolífica tropical (Fahmy y Mason, 1996), alcanzaron la precocidad en un rango que varía de 215 a 407 d con un peso de 25 a 26,3 kg (Bradford *et al.*, 1983; Velázquez 1994; Rastogui 1996). La edad al primer CL (252 d) estuvo en el rango reportado para Santa Cruz en trópico (180 a 270 d), pero no para clima templado (150-180 d) donde dicha raza exhibe mayor precocidad (Evans *et al.*, 1991).

Cloete *et al.* (2000), en una revisión bibliográfica sobre la raza Dorper citan un rango de valores para edad y peso a la pubertad de 213 a 245 d y de 39 a 50.8 kg en ambientes templados y semiáridas, valores que coinciden para el peso obtenido en este estudio (43 a 45 kg), pero no para la edad (291 a 300 d). Resultados de Schoeman *et al.* (1993) indican que la raza Dorper

Cuadro 2. Edad y peso al primer cuerpo lúteo en ovejas de pelo.

Factor	n	Edad \pm DE días	Peso \pm DE kg
<u>Raza</u>			
Dorper	12	291,2a \pm 7,21†	43,16a \pm 0,93
Katahdin	22	272,6ab \pm 1,64	36,49b \pm 0,21
Santa Cruz	22	252,3abc \pm 1,80	28,54c \pm 0,23
Blackbelly	12	250,1bc \pm 3,61	24,70c \pm 0,47
Pelibuey	23	231,8c \pm 1,57	27,59c \pm 0,20
<u>Época de nacimiento</u>			
Julio-agosto	56	262,5a \pm 0,69	31,02a \pm 0,09
Septiembre-octubre	35	233,8b \pm 1,29	30,64a \pm 0,17
<u>Tipo de nacimiento</u>			
Simple	37	266,6a \pm 1,09	34,12a \pm 0,14
Múltiple	54	242,5b \pm 0,77	28,62b \pm 0,10

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$).

Cuadro 3. Edad y peso al primer celo en ovejas de pelo.

Factor	n	Edad \pm DE días	Peso \pm DE kg
<u>Raza</u>			
Dorper	10	300,3a \pm 7,91†	45,32a \pm 1,15
Katahdin	20	290,6a \pm 3,16	39,58a \pm 0,46
Santa Cruz	21	275,6a \pm 1,86	29,73b \pm 0,27
Blackbelly	12	280,3a \pm 3,95	28,15b \pm 0,58
Pelibuey	25	260,1a \pm 1,67	30,35b \pm 0,24
<u>Época de nacimiento</u>			
Julio-agosto	61	285,1a \pm 0,80	32,68a \pm 0,12
Septiembre-octubre	27	255,5b \pm 1,76	32,05a \pm 0,26
<u>Tipo de nacimiento</u>			
Simple	35	284,7a \pm 1,38	36,74a \pm 0,20
Múltiple	53	266,7b \pm 0,90	29,69b \pm 0,13

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$).

es más pesada a la pubertad y tiene menor tasa de ovulación que Romanov y sus cruizas con Romanov y Finnsheep, evidenciando que es una raza de madurez tardía, conclusión que apoya la tendencia de nuestras observaciones.

Similarmente, para la raza Katahdin no hay reportes en clima tropical; sin embargo, Fahmy y Mason (1996) para condiciones templadas observaron ovejas precoces a los seis meses de edad con un peso

de 50 a 75 kg, los cuales no coinciden a los de este estudio. Las diferencias en pubertad entre razas pueden ser debidas a su estructura genética que influye en la capacidad de adaptación al ambiente y a las condiciones impuestas tanto por el clima como por los sistemas de manejo. Las cinco razas estudiadas son de pelo, pero sólo se consideran razas puras Pelibuey y Blackbelly, en tanto las restantes son consideradas sintéticas.

En general, los resultados de este estudio, obtenidos en clima tropical seco en un sistema semintensivo, evidenciaron que los genotipos sintéticos demoraron 27 d más en manifestar el primer CL y 20 d más en exhibir conducta sexual que las razas puras; así mismo los valores respectivos para el peso fueron de 8,2 y 7 kg más, respectivamente. Estos resultados sugieren revisar las políticas de reemplazos del pie de cría y su manejo reproductivo, pues es posible que las diferencias se magnifiquen o disminuyan según se trate de sistemas extensivos o intensivos.

Época y tipo de nacimiento

La época de nacimiento afectó la edad ($P<0,01$), pero no el peso a la pubertad en las corderas de este estudio (Cuadros 2 y 3). Tanto en la edad al primer CL como al primer estro, las corderas nacidas en verano tuvieron 30 d más de edad que aquellas nacidas en el otoño. Asimismo, el tipo de nacimiento influyó tanto en la edad como en el peso a la pubertad ($P<0,05$) (Cuadros 2 y 3). Las corderas procedentes de nacimiento simple requirieron de 19 a 29 d y de 5 a 7 kg de peso más para el inicio de la actividad sexual que las de parto doble. En este resultado probablemente influyó el número de partos simples de las razas Dorper y Katahdin que representaron 56% de las corderas. Por el contrario, solamente 18% de las corderas Dorper y Katahdin pertenecieron al grupo de nacimiento doble.

Nuestros resultados coinciden con la literatura debido a que existe una marcada influencia de la estación de nacimiento y tipo de nacimiento en la pubertad. Corderas nacidas en primavera-verano (mayo a julio) demoran más (88 d) en su edad al primer parto, por lo que manifiestan la pubertad a mayor edad que las nacidas en las otras épocas del año (Cruz *et al.*, 1983). Resultados con tendencias similares fueron encontrados por Ponce de León *et al.* (1981) y han sido confirmados por González-Stagnaro (2002). La demora en el inicio de la pubertad y edad al primer parto para las nacidas en primavera-verano se asocia a una disminución en las calidad y cantidad de las fuentes de energía (usualmente pastos y forrajes) de dicha época, que influyen en el desarrollo corporal de las corderas que han sido destetadas previo a su inicio.

Un aspecto que contribuye a explicar los efectos de la época de nacimiento y tipo de parto es el estado

nutricional pre y posdestete, pues la manipulación de la alimentación puede adelantar o retrasar el inicio de la pubertad (Valencia y González, 1983; González-Reyna, 1991). Niveles crecientes de suplementación del 0, 1, 2 y 3% en corderas Pelibuey acortan el inicio de la pubertad de 329 a 261 d; sin embargo, no producen diferencias en el peso corporal (28,9 a 26,5 kg) (Velázquez *et al.*, 1995). A su vez, González-Stagnaro (2002) demostró que un déficit nutricional retrasa el desarrollo del tracto genital, que presenta un crecimiento alométrico entre los 230 a 310 días de edad, periodo en el que el tracto genital creció más en longitud y volumen respecto a su propio peso, y por ende, explica la influencia de la alimentación en la edad a la pubertad. La suplementación a hembras adultas durante la gestación no influye en el peso ni la edad a la pubertad, cuando se utiliza como indicador la primera manifestación de celo (21,7 kg y 238 d vs. 21,8 kg y 224,6 d) expresado por sus hijas (Albarran *et al.*, 2001).

Estructuras ováricas

En el Cuadro 4 se presentan los promedios ponderados de las estructuras ováricas durante las siete endoscopias, en donde se observaron diferencias ($P<0,05$) entre razas para el número de folículos, en tanto que en el tamaño de los folículos y el número de CL fueron similares ($P>0,05$). El mayor número de folículos se observó en las corderas Katahdin, Blackbelly, Pelibuey y Dorper y el menor número en las corderas Santa Cruz. Por otra parte, el mayor diámetro folicular se encontró en las corderas Dorper y Blackbelly. Las diferencias encontradas en el número de folículos y no observadas en los cuerpos lúteos permiten plantear la posibilidad de atribuirlo a una mayor atresia folicular en dichas razas (con excepción de la raza Santa Cruz), quedando pocos folículos reclutados y seleccionados para el crecimiento, maduración y ovulación, no obstante esta hipótesis debe probarse en futuros ensayos.

Para razas ovinas prolíficas de clima templado en hembras adultas, se han encontrado tasas ovulatorias de 1,87 para Finnsheep y 2,21 en Merino Booroola (Young y Dickerson, 1991). Similarmente, pero en corderas F1 provenientes de padres Finnsheep, Combo 6, Booroola Merino, Saint Croix y Barbados los números de cuerpos lúteos observados fueron 2,41 1,69 2,89 1,69 y 1,59, respectivamente (Bunge *et al.*, 1993). Barroso (1995) encontró una tasa ovulatoria en

clima tropical para hembras multíparas de raza pura Blackbelly en empadre de invierno de 2,75 a 2,27 según recibieran o no suplementación energética. En todos los casos los valores resultaron superiores a los del presente estudio. De este modo, es probable que operen diferentes sistemas de control para generar una elevada tasa de ovulación en algunas razas.

Celos

A pesar de que la observación en las conductas de celo se inició a partir del mes de enero, las primeras manifestaciones se registraron en abril, en 40,9% de las corderas, el acumulado para mayo fue 68.8% y el restante 25,8% entraron en celo entre junio y agosto. Solo 5,4% de las corderas no mostraron celo durante el periodo que duró el trabajo. En la Figura 1 se presenta la distribución mensual del primer celo en las corderas de los diferentes tipos raciales. Se ha observado que las ovejas Pelibuey disminuyen la actividad ovárica en los meses de enero a abril y se relaciona con la disponibilidad de forraje (González-Reyna *et al.*, 1991; Higuera *et al.*, 2000). En el año en que se realizó el presente trabajo, las lluvias de verano se adelantaron y ocurrieron a finales de marzo, aumentando la disponibilidad y calidad del forraje, lo

que pudo haber favorecido la presentación de estros durante los meses de abril y mayo.

CONCLUSIONES

El genotipo y el tipo de nacimiento influyeron en la edad y el peso a la pubertad, siendo las ovejas locales Pelibuey y Blackbelly más precoces que Dorper y Katahdin, siendo además las corderas de nacimiento simple, de mayor edad y peso a la pubertad que las múltiples.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo es parte de la tesis de Maestría en Ciencias del primer autor, el cual fue posible gracias al apoyo financiero de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA).

LITERATURA CITADA

Albarrán A.P., C. Pérez, A. Becerril y J. Gallegos. 2001. Evaluación de la alimentación prenatal en el inicio de la pubertad en borregas Pelibuey. Memorias XXVIII Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal. México. pp. 138-141.

Cuadro 4. Número y tamaño de los folículos y número de cuerpos lúteos en cinco razas de ovejas de pelo.

Raza	Número de folículos	Tamaño de los folículos mm	Número de cuerpos lúteos
Dorper	9,80ab†	2,50a	1,00a
Katahdin	13,02a	2,16a	1,27a
Santa Cruz	4,78b	2,13a	1,35a
Blackbelly	10,49ab	2,55a	1,20a
Pelibuey	9,33ab	1,54a	1,44a
E.E.	0,55	0,13	0,01

†Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

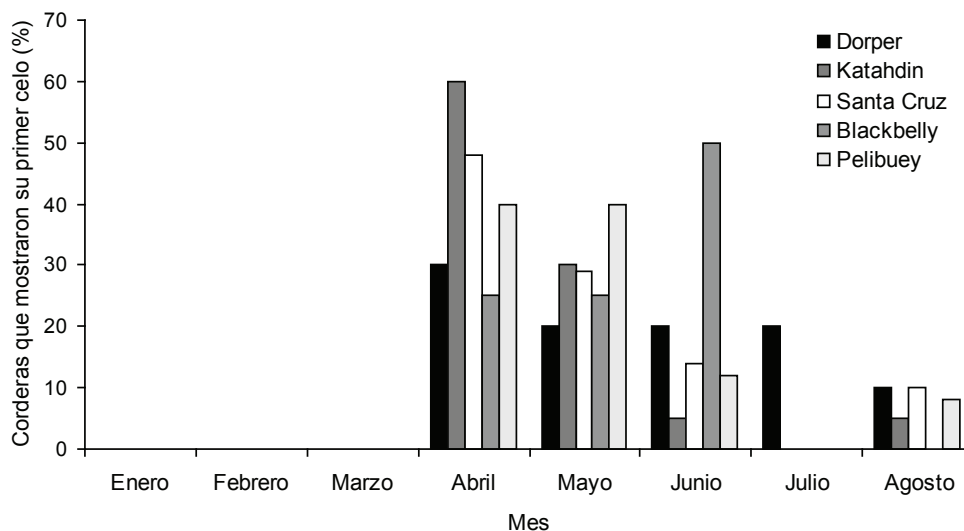


Figura 1. Distribución mensual de la primera presentación de celo en ovejas de pelo

Aguilar U.E. 2002. Efecto de la fuente de suplementación proteica en la edad y peso a la pubertad en ovejas de pelo. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2, Conkal, Yucatán, México.

Barroso M.E. 1995. Efecto de la suplementación energética sobre la tasa ovulatoria en borregas Blackbelly en condiciones tropicales. Tesis de maestría en sistemas de producción animal. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2, Conkal, Yucatán México.

Bradford G.E., H.A. Fitzhugh y A. Dowding. 1983. Reproduction and birth weight of Barbados Blackbelly sheep in the Golden Grove flock, Barbados. *En* Fitzhugh H.A. y G.E. Bradford (Eds.) *Hair Sheep of Western Africa and the Americas: A Genetic Resource for the Tropics*. Westview Press. Boulder, EUA. pp. 215-228.

Bunge R., D.L. Thomas y T.G. Nash. 1993. Performance of hair breeds and prolific wool breeds of sheep in Southern Illinois: Lamb production of F1 ewe lambs. *J. Anim. Sci.*, 71: 2012-2017.

Cloete S.W.P., M.A. Snyman y M.J. Herselman. 2000. Productive performance of Dorper sheep. *Small Rumin. Res.*, 36: 119-135.

Cruz L.C., S. Fernández-Baca, F. Escobar y F. Quintana. 1983. Edad al primer parto e intervalo

entre partos en ovejas Tabasco en el trópico húmedo. *Veterinaria Méx.*, 14: 1-5

Evans R.C., S. Wildeus, W.C. Foote y R.M. Anderson. 1991. Aspects of pubertal development in St. Croix hair sheep. *En* Wildeus S. (Ed.) *Proc. Hair Sheep Res. Symp. Agric. Exp. Sta. Univ. Virgin Islands, St. Croix*.

Fahmy M.H. e I.L. Mason. 1996. Newly developed prolific breeds. *En* Fahmy M.H. (Ed.) *Prolific Sheep*. CAB International. Wallingford, RU. pp. 321-343.

Fuentes J.L., T. Verdura y N. Perón. 1990. Efecto del tipo de parto, edad al destete y mes de nacimiento sobre la aparición de la pubertad en corderos Pelibuey. *Rev. Cub. Reprod. Anim.*, 16(1): 55-65.

García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 3ª ed. Larios, DF, México.

González Reyna A., W.C. Foote y J. De Alba. 1983. Reproduction in Pelibuey sheep. *En* Fitzhugh H.A. y G.E. Bradford (Eds.) *Hair Sheep of Western Africa and the Americas: A Genetic Resource for the Tropics*. Westview Press, Boulder, EUA. pp. 75-78.

- González Reyna A., J. Valencia., W.C. Foote. y B.D. Murphy. 1991. Hair sheep in México: reproduction in the Pelibuey sheep. *Ann. Breeding Abst.*, 59: 509-524.
- González Stagnaro C. 2002. Identificación y control de los riesgos reproductivos en ovinos deslanados. *Memorias XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal*. Valera, Trujillo. Venezuela.
- Higuera M.J., L.H. García, J.R. Arnáez, A. Duarte y A. González. 2000. Distribución de partos en la oveja Pelibuey bajo empadre continuo. *Ciclo de Conferencias sobre Evaluación, Comercialización y Mejoramiento Genético*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. pp.181-185.
- Lassoued N. y M. Rekik. 2001. Differences in reproductive efficiency between female sheep of the Queu Fine de l'Ouest purebreed and their first cross with the D'Man. *INRA. Anim. Res.*, 50: 373-381.
- Oldham C.M. y D.R. Lindsay. 1980. Laparoscopy in the ewe: a photographic record of the ovarian activity of ewe experiencing normal and abnormal oestrus cycles. *Anim. Reprod. Sci.*, 3: 119-124.
- Papachristoforou C., A. Koumas y C. Photiou. 2000. Seasonal effects on puberty and reproductive characteristics of female Chios sheep and Damascus goats born in autumn or in february. *Small Rumin. Res.*, 38: 9-15.
- Pappa-Michailidou, V., M. Avid, A. Zafrakas y T. Alifakiotis. 1999. Prepuberal plasma FSH concentrations and relationship with reproductive performance in three Greek breeds of sheep. *Small Rumin. Res.*, 33: 37-41.
- Ponce de León C.J.M., Z.M. Valencia, A.A. Rodríguez y P.E. González. 1981. Efecto del sistema de alimentación y época de nacimiento sobre la aparición del primer celo en borregas Pelibuey. *Memorias XV Reunión Anual del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias*. D.F., México.
- Rastogui R.K. 1996. The Barbados blackbelly. *En Fahmy M.H. (Ed.) Prolific Sheep*. CAB International. Wallingford, RU. pp. 125-134.
- Rodríguez R.O., J. Quintal y M. Heredia. 1986. Influencia de factores exteroceptivos sobre la pubertad en ovejas Pelibuey e índices de producción al primer parto. *Tec. Pec. Mex.*, 52: 92-98.
- SAS. 2000. SAS user's guide. Ver. 8. SAS Institute Inc. Cary, EUA.
- Schoeman S.J., R. Dewet y C.A. Van der Merve. 1993. Assessment of the reproductive and growth performance of 2 sheep composites, development of Finnish Landrace, compared to the Dorper. *So. Afr. J. Anim. Sci.*, 23: 207-214.
- Segura J.C., L. Sarmiento y O. Rojas. 1996. Productivity of Pelibuey and Blackbelly ewes in the Mexico under extensive management. *Small Rum. Res.*, 21: 57-62.
- Valencia Z.M. y P.E. Gonzalez. 1983. Pelibuey sheep in Mexico. *En Fitzhugh H.A. y G.E. Bradford (Eds.) Hair Sheep of Western Africa and the Americas: A Genetic Resource for the Tropics*. Westview Press, Boulder, EUA. pp. 55-73.
- Velázquez P.A. 1994. Cruzamientos entre razas ovinas de climas templado y tropicales. *Memorias del curso de actualización de ovinos*. Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Velázquez I.A., C. Cruz y J.A. Alvarez. 1995. Efecto del nivel de suplementación sobre la presencia del primer estro en ovejas Tabasco nacidas en verano. *Veterinaria Méx.*, 26(2): 107-111.
- Young L.D. y G.E. Dickerson. 1991. Comparison of Booroola, Merino and Finnsheep: effects on productivity of mates and performance of crossbreed lambs. *J. Anim. Sci.*, 69: 1899-1911.
- Wildeus S. 1997. Hair sheep genetic resources and their contribution to diversified small ruminant production in the United States. *J. Anim. Sci.*, 75: 630-640..

Prevalencia, distribución y abundancia de huevos de estróngilos digestivos y ooquistes de *Eimeria* spp en caprinos estabulados infectados naturalmente

Jessica Quijada P.^{1*}, Angélica Bethencourt C.¹, Nelson Rosales P.², Arlett Pérez M.¹,
Alejandro Salvador C.², Isis Vivas P.³ y Aixa Aguirre L.¹

¹Universidad Central de Venezuela (UCV), Facultad de Ciencias Veterinarias (FCV), Cátedra de Parasitología. Apartado Postal 4563. Maracay 2101, Aragua. Venezuela. *Correo electrónico: quijadaj@rect.ucv.ve

²UCV, FCV, Unidad Experimental Sección de Caprinos. Maracay, Aragua. Venezuela.

³UCV, FCV, Cátedra de Bioestadística. Maracay, Aragua. Venezuela.

RESUMEN

La gastroenteritis parasitaria es una importante limitante en la explotación caprina, la que provoca alteraciones que se manifiestan como diarreas, pérdida de peso, descenso en la producción y muerte. La etiología principalmente son estróngilos digestivos (Nematoda: Strongylida) y coccidias del género *Eimeria* (Protozoa: Eucoccidiida). Con el objetivo de evaluar la prevalencia, distribución y abundancia de éstas infecciones en un rebaño caprino criado en condiciones de estabulación, se examinaron un total de 79 caprinos (de ambos sexos), mediante la técnica coproscópica de McMaster. El rebaño se estratificó en tres grupos etarios (menor de 1 año, 1 a 3 años y mayor de 3 años). Se observaron altas prevalencias de estróngilos digestivos y *Eimeria* spp (95,8 y 79,2%, respectivamente). Los valores de prevalencia y abundancia de las infecciones con estróngilos digestivos fueron altos independientemente del sexo o la edad de los caprinos ($P > 0,05$). Se encontraron diferencias estadísticas para la prevalencia y cargas parasitarias de ooquistes de *Eimeria* spp de acuerdo con la edad de los caprinos ($P < 0,05$). Los valores de coeficiente de agregación K fueron menor a 1 (0,00002 a 0,0007), lo que indica dispersión tanto de los huevos de estróngilos como de ooquistes de *Eimeria* spp en las heces de los animales evaluados. La alta agregación (K menor a 3) se relacionó con los moderados valores de animales con elevadas cargas parasitarias (41,8% para estróngilos digestivos y 25,3% para *Eimeria* spp), indicando el efecto de heterogeneidad de la susceptibilidad individual de los hospedadores al interior del rebaño.

Palabras clave: Prevalencia, estróngilos, coccidia, caprinos, rumiantes

Prevalence, distribution, and abundance of digestive strongyle eggs and oocysts of *Eimeria* spp. in naturally infected caprines reared under pen conditions

ABSTRACT

Gastrointestinal parasitism is an important goat production limiting, them causes severe alteration that produces: diarrhea, weight losses, low production and death. Major etiology of those infections are: digestive strongyles (Nematoda: Strongylida) and genus *Eimeria* coccidian (Protozoa: Eucoccidiida). In order to asses prevalence, distribution and abundance values in a under pen rearing management system goat herd, were evaluated a total of 79 goats (both sex), using the coprological McMaster technique. The herd was set out into three aging groups (≤ 1 year-old; 1-3 year-old; ≥ 3 year-old). Were observed high digestive strongyles and *Eimeria* spp prevalence values (95.83% y 79.17%, respectively). Digestive strongyles infection prevalence and abundance values were high, independently neither goat sex nor age ($P > 0.05$). There were found statistical differences between *Eimeria* spp oocyst prevalence and parasitic burden values by goat age ($P < 0.05$). The aggregation coefficient K values

were lower than 1 (0.00002 - 0.0007), showing a dispersion level of strongyles eggs and *Eimeria* spp oocysts in evaluated animal feces. The high aggregation ($K < 3$) have relation with only several high parasitic burden animals observed (41.77% to digestive strongyles and 25.33% to *Eimeria* spp), highest marked inside each age group, pointing an individual susceptibility of each host inside herd cause shown a heterogeneity effect.

Keywords: Prevalence, strongyles, coccidia, caprine, ruminants

INTRODUCCIÓN

La gastroenteritis parasitaria es una entidad patológica que limita seriamente la producción de caprinos a nivel mundial y causa serias alteraciones digestivas que se manifiestan como diarreas, pérdida de peso, anemia, descenso en la producción (baja ganancia de peso y producción de leche) y muerte (Cordero *et al.*, 1999). Estas parasitosis elevan los costos de producción por la baja productividad de los rebaños y por la necesaria instauración de programas de control que requieren la administración de fármacos antihelmínticos y antiprotozoales, así como el establecimiento de medidas de control asociadas al manejo.

La etiología de éstas parasitosis en los pequeños rumiantes en Venezuela (Morales *et al.*, 1985; Morales, 1989; Morales *et al.*, 1998; Quijada *et al.*, 2005; Quijada *et al.*, 2006a) está representada principalmente por: los estróngilos digestivos (Nematoda: Strongylida) y coccidias del género *Eimeria* (Protozoa: Eucoccidiida). Asimismo, las infecciones parasitarias se asocian principalmente a los hábitos de pastoreo de los rumiantes, los cuales conforman en hábitat ideal para las formas infectivas de los parásitos en función con sus ciclos biológicos.

Con el objetivo de evaluar la prevalencia, distribución y abundancia de éstas infecciones en un rebaño caprino criado en condiciones de estabulación, se llevó a cabo la evaluación coproparasitológica, considerando tres grupos etarios dentro del rebaño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y manejo de los animales

Los animales estudiados pertenecen a la Unidad Experimental Sección de Caprinos de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela, ubicada a 436 msnm en Maracay, estado Aragua (10° 15'0 N, 67° 39'0 O), en la zona centro norte costera de Venezuela.

El área de la explotación comprende una superficie de 1.600 m², divididos en 12 corrales con piso de tierra o concreto. La alimentación consistió de heno de gramínea Bermuda (*Cynodon dactylon*) adquirido a terceros, suplementación mineral (comercial) y adicionalmente a las hembras en producción se les suministra alimento concentrado con 17% PC. El control antihelmíntico en esta explotación se basa en la administración de Ivermectina (1%) cada 2-3 meses. Para el momento de la realización del presente trabajo, los animales tenían 2,5 meses sin recibir antihelmínticos.

El rebaño está constituido por 84 animales de distintas edades. La conformación racial es múltiple tipo mosaico, con individuos puros y/o mestizos de las razas: Alpina, Nubian, Bóer, Canaria y Criolla. El rebaño se estratificó en tres grupos etarios (Grupo 1: menores de 1 año, Grupo 2: 1 a 3 años, Grupo 3: mayores a 3 años) para efectos del análisis de los resultados.

Se recolectaron un total de 79 muestras fecales tomadas (con guantes de látex) directamente de la ampolla rectal, refrigerándose hasta el momento de analizarlas en el Laboratorio de Helminología de la Cátedra de Parasitología de la FCV-UCV, utilizando la técnica coproscópica de McMaster modificada, en la cual se utiliza una solución sobresaturada de azúcar como líquido de flotación (Rivera *et al.*, 1996; Ueno y Gonçalves, 1998).

Los términos de prevalencia y abundancia fueron definidos y calculados de acuerdo a Margolis *et al.* (1982). Prevalencia se calculo como el número de animales positivos dentro de una población examinada y abundancia como la media aritmética de la carga parasitaria. Se consideró positivo a infección parasitaria a todo animales que presentara 50 hpg y/o 50 opg (equivalente a la observación microscópica de un huevo de estróngilo o un ooquiste de coccidia, respectivamente).

El coeficiente de agregación K se calculó según Morales y Pino (1987). Para definir a los “animales con altas cargas” se aplicaron de acuerdo a cada grupo parasitario. Para los estróngilos digestivos, se consideró mayor a 1.000 hpg (Rivera *et al.*, 1996) y en el caso de las coccidias, se consideró mayor a 3.000 opg (Morales *et al.*, 1998; Pino y Morales, 2002). Los datos de prevalencia y cargas parasitarias obtenidos no mostraron una distribución normal, por lo que se analizaron con pruebas estadísticas no paramétricas (Kruskall-Wallis y χ^2) del paquete estadístico SAS (1998), aplicando un α de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los valores generales de infección parasitaria obtenidos en la evaluación del rebaño, resalta la alta prevalencia de parásitos del orden Strongylida (estróngilos digestivos) y *Eimeria* spp (95,8 y 79,2%, respectivamente) en los animales examinados. Se muestran, además, los valores de abundancia, los cuales fueron altos para ambos grupos de parásitos. Los valores de prevalencia y abundancia de las infecciones con estróngilos digestivos mostraron diferencias estadísticas ($P > 0,05$). La alta agregación ($K < 3$), por los valores de K del rebaño (0,0005 para estróngilos y 0,00003 para *Eimeria* spp), se presenta más por la cantidad de animales con altas cargas parasitarias (41,8% para estróngilos digestivos y 25,3% para *Eimeria* spp). Estos resultados se deben principalmente a la diferencia existente en cuanto al grado de infección o abundancia individual de los animales, muy marcado dentro de cada grupo etario, indicando el efecto de heterogeneidad de la

susceptibilidad individual de los hospedadores al interior del rebaño (sobredispersión o agregación).

En el Cuadro 2 se presentan los valores promedio de los contajes de hpg de estróngilos digestivos en los animales evaluados, discriminados por edad en tres grupos, los cuales no arrojaron diferencias estadísticas entre sí. En relación con los valores de prevalencia de estróngilos digestivos en función de la edad de los animales, se observó que fueron elevados (81,8 87,9% y 95,8% para el grupo 1, 2 y 3, respectivamente), siendo mayor para el grupo 3, por lo que hay que considerar que este grupo de animales, aunque son adultos y el desarrollo de su sistema inmune debería ser competente en el control de las parasitosis, en su mayoría son hembras gestantes o lactantes, es decir, atraviesan su período periparturiento presentando una susceptibilidad acentuada ante éstas infecciones al momento en que se evaluó el rebaño (Neto-Padre *et al.*, 2000). No se obtuvieron diferencias estadísticas para el valor de prevalencia para estróngilos digestivos en relación con la edad de los animales. En cuanto a los valores del coeficiente de agregación K, estos resultaron muy bajos (0,0003 a 0,0007), lo que indica una distribución sobredispersada para los huevos de estróngilos digestivos por grupo de edad; sin embargo, el número de animales con altas cargas fue alto y similar para cada grupo etario (50,0 36,4 y 41,7%, respectivamente).

En relación con los valores de infección con *Eimeria* spp. (Cuadro 3), dichos valores fueron elevados, particularmente en los animales menores a 1 año, con 100% de animales infectados. Estadísticamente se encontraron diferencias entre los valores de prevalencia de acuerdo al grupo de

Cuadro 1. Abundancia, prevalencia, porcentaje de animales con altas cargas (AAC) o acumuladores de parásitos y valores de coeficiente de agregación (K) de los huevos de estróngilos digestivos y de los ooquistes de *Eimeria* spp en las heces de los caprinos evaluados.

Parásito	N	Abundancia	Prevalencia	AAC	K
		hpg/opg†	----- % -----		
Estróngilos digestivos	79	1.265,2	95,83	41,77	0,0005
<i>Eimeria</i> spp.	79	5.348,7	79,17	25,32	0,00003

† Unidades en huevos por gramo de heces para los estróngilos digestivos y ooquistes por gramo de heces en el caso de *Eimeria* spp.

Cuadro 2. Abundancia de estróngilos digestivos, valores mínimo y máximo, prevalencia, animales acumuladores de parásitos (AAC) y coeficiente de agregación (K) de acuerdo a tres grupos etarios de los caprinos examinados.

Grupo etario años	N	Abundancia			Prevalencia %	AAC	K
		Promedio	Mínimo	Máximo			
< 1	24	1.389 ± 415a†	0	7.000	81,82	50,0	0,0003
1 a 3	33	1.262 ± 306b	0	7.850	87,88	36,36	0,0004
> 3	22	1.157 ± 269b	0	4.100	95,83	41,7	0,0007

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre medias.

Cuadro 3. Abundancia de *Eimeria* spp, valores mínimo y máximo, prevalencia, animales con altas cargas parasitarias o acumuladores de parásitos (AAC) y coeficiente de agregación (K) en relación con la edad de caprinos naturalmente infectados.

Grupo etario años	N	Abundancia			Prevalencia %	AAC	K
		promedio	mínimo	máximo			
< 1	24	13.805 ± 4.114a†	950	81.650	100,0a	68,18	0,0004
1 – 3	33	2.965 ± 1.887b	0	58.400	75,76b	9,09	0,00002
> 3	22	875 ± 312c	0	6.800	79,17b	8,33	0,0004

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre medias.

edad. En cuanto a los contajes de opg (abundancia), estos fueron moderados y altos, resultando el grupo de animales menor de 1 año con la abundancia más alta con altos valores de desviación estándar. También se encontraron diferencias estadísticas al comparar el valor de abundancia en función de la edad del hospedador. Los valores de K resultaron muy bajos (0,00002 a 0,0004) y el número de animales con altas cargas parasitarias varió de valores altos a bajos (68,2% en animales menores a 1 año y 8,3% en mayores de 3 años), lo cual refleja claramente la disposición en agregados de las cargas parasitarias para *Eimeria* spp dentro de este rebaño para los grupos 2 y 3 y el desarrollo de una inmunidad sólida en relación con la edad del hospedador. La diferencia entre los valores de prevalencia y el número de animales con altas

cargas observados y que, sin embargo, coinciden los valores del coeficiente K en los grupos 1 y 3 puede deberse a los altos valores de desviación estándar de la media. En todo caso, indican que ciertamente en la población evaluada algunos animales alojan cargas parasitarias muy superiores a la media del mismo.

En la presente evaluación no se encontraron diferencias estadísticas entre los valores de infección en función del sexo del hospedador, aún cuando para el caso de positividad para estróngilos digestivos se observó una prevalencia más elevada en los machos (84% en hembras y 100% en machos), valores que pueden estar en relación con el efecto positivo de los niveles de estrógenos sobre el sistema inmune humoral en las hembras. Sin embargo, es de hacer notar, que para ambos sexos, el valor de prevalencia

fue elevado (Herd *et al.*, 1992). Para el caso de las *Eimeria*, el valor de prevalencia por sexo fue similar (76% hembras, 75% machos).

Las parasitosis producen un efecto negativo sobre la productividad de los rebaños; sin embargo, desde el punto de vista de ecología y patogenicidad parasitaria, ese efecto se diluye en cuanto a la forma de dispersión de los parásitos dentro de una población de hospedadores. Así, la presencia de los animales “acumuladores de parásitos” (Morales *et al.*, 1998), es decir aquellos que albergan la mayor carga parasitaria dentro de una población, cumplen un rol importante como fuente de infección para el resto del rebaño al concentrar el mayor número de parásitos y en consecuencia liberar la mayor cantidad de huevos de éstos en las heces. En los presentes datos, no obstante, encontramos en relación a la infección con estrongilos digestivos que los valores de prevalencia altos se acompañan, sin embargo, con un porcentaje proporcionalmente menor de animales con altas cargas parasitarias, pero que aún resulta elevado al compararlo con valores descritos para rumiantes en Venezuela (Pino y Morales, 2002; Quijada *et al.*, 2005; Morales *et al.*, 2006; Quijada *et al.*, 2006b). Para las infecciones con *Eimeria* spp. se observaron diferencias en cuanto al número de animales con altas cargas parasitarias en los grupos 2 y 3, siendo en este caso mucho menor que los valores de prevalencia y mostrando, en consecuencia, valores mucho menores de K, señalando una sobredispersión mayor para este parásito dentro de los animales del rebaño.

Asimismo, llama la atención que aunque los animales están estabulados y fueron alimentados con heno adquirido a terceros, el patrón de dispersión es similar al indicado en estudios con animales a pastoreo (Pino y Morales, 2002; Quijada *et al.*, 2005; Quijada *et al.*, 2006a; Quijada *et al.*, 2006b), y que como señalan Morales *et al.* (1998) está en relación con la heterogeneidad de los niveles de susceptibilidad individuales de los caprinos hacia la infección parasitaria. Tomando en cuenta estos elementos, se eleva la importancia de realizar programas de selección considerando la resistencia al parasitismo en los animales, a fin de disminuir los costos de producción al reducir el número de tratamientos antihelmínticos aplicados al rebaño, sin obviar las características zootécnicas de los individuos (Zinsstag *et al.*, 2000; Pino y Morales, 2002; Morales *et al.*, 2004-2005). Debido a que los animales están

alojados en pequeños corrales con piso de tierra y en el que prolifera alguna maleza, cabe suponer que ese hábitat constituye una importante fuente de infección parasitaria y se hace necesario evaluar el contenido y viabilidad de posibles formas parasitarias contenidas en el heno con el cual se alimenta al rebaño.

CONCLUSIONES

El rebaño mostró altos valores de infección parasitaria, y en algunos grupos etarios moderados niveles de animales con altas cargas parasitarias, en los cuales deberían enfocarse los esfuerzos de administración de antihelmínticos y control parasitario general a fin de reducir las infecciones en el grupo de animales. Como no se observaron cuadros diarreicos ni animales depauperados, cabe pensar en el desarrollo de resiliencia en la mayoría de los animales evaluados, por la presencia de un alto número de animales con altas cargas parasitarias y la ausencia de signos clínicos. Sin embargo, cabe pensar en el desarrollo de resistencia para los animales del grupo 3. Asimismo, se hace preciso evaluar el impacto genético de los padrotes en la sensibilidad a las parasitosis en los individuos de rebaño.

LITERATURA CITADA

- Cordero M., F.A. Rojo, A.R. Martínez, M.C. Sánchez, S. Hernández, I. Navarrete, P. Diez, H. Quiroz y M. Carvahlo. 1999. Parasitología Veterinaria. Mc Graw Hill Interamericana. Madrid, España.
- Herd R., W. Queen y G. Majewsky. 1992. Sex-related susceptibility of bulls to gastrointestinal parasites. *Vet. Parasitol.*, 44(1-2): 119-125.
- Margolis L., G.W. Esch, J.C. Colmes, A.M. Kuris y G.A. Schad. 1982. The use of ecological terms in parasitology. *J. Parasitol.*, 68(1): 131 – 133.
- Morales G. y L.A. Pino. 1987. Parasitología Cuantitativa. Fundación Fondo Editorial Acta Científica Venezolana. Caracas, Venezuela.
- Morales G., L.A. Pino y L. Perdomo. 1985. Comparación de la infestación natural por helmintos en ovinos y caprinos de las zonas áridas de Venezuela. *Rev. Fac. Cien. Vet. LUZ*, 32(1-4): 63-76.
- Morales G., L.A. Pino, E. Sandoval, J. Florio y D. Jiménez. 2006. Niveles de infestación parasitaria

- y valores de hematocrito en bovinos resistentes, resilientes y acumuladores de parásitos en un rebaño Criollo Río Limón. *Zootecnia Trop.*, 24(3): 333-346.
- Morales G. 1989. Epidemiología y sinecología de los helmintos parásitos de ovinos y caprinos en sabanas del estado Lara (Venezuela). *Rev. Fac. Cien. Vet. LUZ*, 36(1-4): 9-52.
- Morales G., L.A. Pino, E. Sandoval y L. Moreno. 1998. Importancia de los animales acumuladores de parásitos (wormy animals) en rebaños ovinos y caprinos naturalmente infectados. *Analecta Vet.*, 18: 1-6.
- Morales G. E. Sandoval, L.A. Pino y D. Jiménez. 2004-2005. Efecto del padrote ovino sobre el nivel de infección de sus hijas por parásitos intestinales. *Veterinaria Trop.*, 29-30(1-2): 47-59.
- Morales G., L.A. Pino, E. Sandoval, J. Florio y D. Jiménez. 2006. Niveles de infestación parasitaria, condición corporal y valores de hematocrito en bovinos resistentes, resilientes y acumuladores de parásitos en un rebaño Criollo Limón. *Zootecnia Trop.*, 24(3): 333-346.
- Neto-Padre L., M. Afonso-Roque, I. Fazendeiro, S. Relega y J. Cabaret. 2000. Digestive-tract strongyle fecal egg counts in cattle, sheep and goats of São Tomé island in relation to local climate, season and breeding management. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 53(3): 263-266.
- Pino L.A. y G. Morales. 2002. Distribución y abundancia de los huevos de estróngilos digestivos y de los ooquistes de *Eimeria* spp. en las heces de ovinos estabulados. *Veterinaria Trop.*, 27(1): 5-15.
- Quijada J., I. Vivas, A. Pérez, F. García, M. García y Z. Rondón. 2005. Distribución y abundancia de los huevos de estróngilos digestivos en ovinos de diferentes grupos etarios naturalmente infectados. *Rev. Fac. Cien. Vet. LUZ*, 46(1): 9-15.
- Quijada J., F. García, I. Vivas, D. Simoes y Z. Rondón. 2006a. Prevalencia de infecciones por estróngilos digestivos en un rebaño ovino del estado Aragua en la época de lluvia. *Rev. Fac. Cien. Vet. LUZ*, 16(4): 341-346.
- Quijada J., M. Rivera, C. González, I. Vivas, D. Simoes y R. Ramírez. 2006b. Prevalencia de infecciones con estróngilos digestivos en bovinos doble propósito de cuatro fincas de la zona de Tucacas, estado Falcón. *Zootecnia Trop.*, 24(3): 347-360.
- Rivera M., H. Ruiz, F. García y E. Moissant. 1996. *Manual de Prácticas de Enfermedades Parasitarias*. 4^{ta} ed. Fac. Cien. Vet, Univ. Central Ven. Maracay, Venezuela.
- SAS. 1998. *SAS/STAT User's guide*. Release 6.03. SAS Institute Inc. Cary, EUA.
- Ueno H. y P. Gonçalves. 1998. *Manual para Diagnóstico das Helminthoses de Ruminantes*. 4^{ta} ed. Japan Int. Coop. Agency. Salvador, Brasil.
- Zinsstag J., P. Ankers, M. Njie, T. Smith, V.S. Pandey, K. Pfister y M. Tanner. 2000. Heritability of gastrointestinal nematode faecal counts in West African village N'Dama cattle and its relation to age. *Vet. Parasitol.*, 89: 71-78.

Caracterización de la fiebre aftosa en sistemas de producción bovina en Parroquias del estado Lara, Venezuela. Año 2006

Ortelio E. Mosquera*

Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Decanato de Ciencias Veterinarias. Tarabana, Lara. Venezuela. *Correo electrónico: orteliomosquera@ucla.edu.ve

RESUMEN

El propósito del presente trabajo es contribuir al conocimiento de los sistemas de producción bovina asociados a las condiciones epidemiológicas de la fiebre aftosa, por cuanto esta enfermedad ocasiona pérdidas económicas considerables a la ganadería bovina de América del Sur. En consecuencia, algunos países han iniciado la creación de zonas libres de la enfermedad, con la aplicación de la metodología de la caracterización. Los datos fueron obtenidos del programa de control y erradicación de fiebre aftosa del Servicio Autónomo de Sanidad Agropecuaria del estado Lara, Venezuela, durante el año 2006. Las Parroquias fueron incluidas de acuerdo a la densidad de población bovina, siendo incorporadas 14 parroquias, con densidades baja (4), media (3), alta (5) y muy alta (2). Los focos de fiebre aftosa ocurrieron en las Parroquias Las Mercedes (Municipio Torres) y Tamaca (Municipio Iribarren). Se determinó a través de la aplicación del modelo de regresión lineal múltiple que las variables cobertura de vacunación por bovinos, predios y la repetibilidad por predios no mostraron asociación estadística con la variable casos de fiebre aftosa ($P > 0,05$). En cuanto a las condiciones epidemiológicas de fiebre aftosa asociados a los sistemas de producción bovina, 12 Parroquias presentaron una condición endémica secundaria, por lo que se recomienda fortalecer la vigilancia epidemiológica en estas parroquias.

Palabras clave: Fiebre aftosa, caracterización, sistemas de producción bovina,

Characterization of foot and mouth disease in bovine production systems at parishes of Lara state, Venezuela, year 2006

ABSTRACT

The aim of this work was to contribute to the knowledge of the livestock systems associated to the epidemiologic conditions of foot and mouth disease (FMD), since this viral disease cause high economic loses to the cattle industry in South America. Consequently, some countries have initiated the creation of FMD free zones through the application of the characterization methodology. The data was obtained from de control and eradication program carried out by Servicio Autonomo de Sanidad Agropecuaria of Lara sate, for 2006. The parishes were selected on this basis of the bovine population density, and 14 were included, with low (4), medium (3), high (5), and very high (2). FMD cases occurred at Las Mercedes and Tamaca parishes. Using the multiple regression linear model, it was determined that the variables vaccination coverage for bovines, farms, and repeatability by farms did not show statistical association with the variable FMD cases ($P > 0.05$). Regarding to livestock systems associated to the FMD conditions, 12 parishes showed secondary endemic condition, so it is recommended to strength the surveillence epidemiological systems in these parishes.

Keywords: foot and mouth disease, characterization, livestock systems

INTRODUCCIÓN

La fiebre aftosa es una enfermedad infecciosa viral que afecta a los animales biungulados, es altamente contagiosa, presenta una alta morbilidad y baja mortalidad y su ocurrencia tiene muchas implicaciones en la restricción del comercio internacional. El principal factor de riesgo de la fiebre aftosa es la distribución de la población en el tiempo y en el espacio, presentándose la enfermedad en regiones de mayor población, con alta densidad de población animal y con alto flujo de movilización (Berrios, 2007).

El proceso de caracterización regional de la fiebre aftosa tiene como objetivo identificar y delimitar las áreas que presentan un patrón común de comportamiento epidemiológico de la enfermedad para lo cual se requiere contar con indicadores calculados a partir de las informaciones referidas a las unidades político administrativas como los Municipios o Parroquias. Las estrategias de manera global responderían a un modelo para cada sistema de producción, pero tendrían modificaciones, especialmente en la parte operativa, según características propias de cada región definidas por los valores obtenidos en los indicadores aplicados (CPFA, 1988)

De esta manera se puede demostrar una mayor o menor incidencia de la enfermedad si una parroquia es receptora o donadora de animales, siendo de máximo riesgo en el caso de que sea receptora, propio de las zonas de engorde de ganado movilizándose hacia ellos animales jóvenes, desde las regiones de cría, susceptibles de diseminar la enfermedad por tener un bajo número de vacunaciones aplicadas, contra la fiebre aftosa (Málaga, 1995).

Se han descrito cuatro tipos de actividades económicas características de las explotaciones pecuarias en América del Sur y determinado las condiciones epidemiológicas de fiebre aftosa, siendo estos, economía extractiva cuya condición de fiebre aftosa es endémico primario, empresariales de leche y de carne, con condición endémico y endémico secundario, respectivamente, mientras que para las ganaderías mercantil simple y de subsistencia, equivalen a la condición esporádico de fiebre aftosa (Astudillo, 1980).

En Venezuela desde el año 1997, se viene aplicando la vacunación masiva de la población ganadera,

contra fiebre aftosa, dos veces al año coordinadas por el Servicio Autónomo de Sanidad Agropecuaria. (SASA). Para el segundo ciclo del año 2006, se obtuvieron coberturas de vacunación en bovinos de 92,1%, por predio 87,3% y repetibilidad 81%. El número de focos notificados en el año 2006 para el país fue 32 (22 virus A y 10 virus O, realizándose una evaluación semestral de cada uno de los ciclos de vacunación (SASA, 2006b). Para el año 2000, Castro y Dora (2001) reportaron coberturas de vacunación por bovino de 86,8% para el país.

La eficacia de las coberturas de vacunación depende del nivel de protección de la cepa vacunal frente a la de campo y es determinada por expectativas porcentuales de protección (EPP), obtenidas mediante la técnica ELISA CFL (competición fase líquida). Cuando las EPP superan el 70% frente al panel de sueros de bovinos revacunados, se considera que el nivel de protección de la cepa vacunal es satisfactorio (Bergmann, 2003).

El estado Lara ha sido caracterizado de acuerdo a los sistemas de producción bovina, como una ganadería donde se cumple el modelo de ciclo completo (Mosquera, 2005). Desde el punto de vista de la condición epidemiológica de fiebre aftosa, este estado ha sido clasificado como esporádico de bajo riesgo (Gómez y Mosquera, 2005).

El propósito del presente trabajo es promover en el estado Lara y en el país la caracterización de los sistemas de producción bovina asociados a los ecosistemas de fiebre aftosa, complementada con una perspectiva que contemple la dinámica poblacional a nivel de aquellas Parroquias con una densidad de población bovina que implique mayor probabilidad de ocurrencia de la enfermedad.

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio corresponde al estado Lara, situado en la región Centroccidental de Venezuela, el cual se divide en 9 municipios y 58 parroquias, siendo los principales centros poblados Barquisimeto, Carora, Cabudare, el Tocuyo, Quibor, Duaca, Sanare, Sarare y Siquisique. Tiene una superficie de 19.800 km² que representa 2,2 del territorio nacional y 28,4% de la región Centroccidental del país. Con respecto a las zonas de vida, según la clasificación de Holdridge, presenta 12 zonas que van desde el monte espinoso tropical donde predomina la vegetación espinosa

y pequeña, con cubierta vegetal pobre de poca utilización agrícola, hasta bosque húmedo tropical con alta humedad (Sagen, 1997).

Para la realización de este estudio fue considerada la población bovina total y por grupos etarios del estado Lara, existente en el año 2006, de 345.513 bovinos, distribuidos en 49 Parroquias. Se seleccionaron 14 Parroquias en función del promedio (0,3) y de la desviación estándar de la densidad (0,27) de población bovina, conformándose tres estratos de densidad de población bovina, baja: 0,21 a 0,30, moderada: 0,31 a 0,57, alta: 0,58 a 0,87 y muy alta: mayor de 0,87 animales/ha, respectivamente (Cuadro 1).

Para caracterizar las Parroquias fueron utilizados los siguientes indicadores: a) Densidad bovina: número total de bovinos entre la superficie de la parroquia en hectáreas, la cual se relaciona con el grado de tecnificación de la explotación, valores menores a 0,5 son explotaciones extensivas y cercanos a 1 son intensivas. B) Relación novillo/vaca: resulta de dividir el número total de novillos entre el número total de vacas y permite clasificar los sistemas de explotación bovina. Valores superiores a 0,50 definen explotaciones dedicadas al engorde de novillos en una

región. c) Número promedio de bovinos por predio: se obtiene al dividir el número total de bovinos entre el número total de predios y sirve para complementar la identificación de las formas de producción. d) Relación novillo/maute: es el cociente entre el número de novillos y mautes. Un valor superior a 0,50 indica ingreso de mautes a una zona determinada.

Definición de caso de fiebre aftosa

La presencia de un caso de fiebre aftosa queda demostrada por la detección de un antígeno viral específico de uno o varios serotipos del virus de la fiebre aftosa en muestras procedentes de un animal que presentó signos clínicos compatibles con la enfermedad (Schudel, 2003)

Para clasificar las Parroquias de acuerdo a las coberturas de vacunación por bovino, por predio y la repetibilidad fueron establecidos los siguientes rangos: 50 a 70% muy baja, 71 a 80% baja, 81 a 90% alta y mayor a 90% muy alta.

Una vez obtenidos los datos se procedió al procesamiento y análisis de la información mediante el programa de estadística SPSS 10.0, y se calcularon

Cuadro 1. Clasificación de las Parroquias de acuerdo a la densidad de población bovina. Estado Lara 2006.

Municipio	Parroquia	Población bovina	Superficie ha	Densidad bovina anim/ha	Clasificación†
Iribarren	A. F. Alvarado	3.621	12.100	0,30	B
	Tamaca	3.204	2.700	1,19	MA
Simón Planas	Buría	25.569	27.500	0,93	MA
	Sarare	15.902	25.000	0,64	A
Torres	C. Zubillaga	3.672	7.000	0,52	M
	Las Mercedes	30.621	45.000	0,68	A
	M. Morillo	9.471	20.000	0,47	M
	M. Verde	52.927	71.690	0,74	A
	T. Samuel	12.554	45.000	0,28	B
Urdaneta	El Blanco	33.959	40.000	0,85	A
	Moroturo	55.765	56.000	0,86	A
	San Miguel	7.838	43.700	0,28	B
Crespo	Freitez	11.290	42.000	0,28	B
Jimenez	J. B. Rodríguez	6.359	11.000	0,39	M

† Clasificación: B: Bajo, M: Medio, A: Alto y MA: Muy alto

las frecuencias, promedios, desviación estándar y regresión lineal múltiple, siendo el modelo:

$$y_{ijk} = \beta_0 + \beta_{1xi} + \beta_{2xj} + \beta_{3xk} + \xi_{ijk},$$

donde:

y_{ijk} es la variable dependiente casos de fiebre aftosa, β_0 es el intercepto o constante, β_{1xi} es el coeficiente de regresión de la variable cobertura de vacunación contra la fiebre aftosa por bovinos, β_{2xj} es el coeficiente de regresión de la variable cobertura de vacunación por predio, β_{3xk} es el coeficiente de regresión de la variable repetibilidad por predio y ξ_{ijk} es el error o residual (Fiola, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los promedios obtenidos en las coberturas de vacunación por bovino, por predio y repetibilidad por predio fueron 80 ± 13 , 84 ± 11 y $84,5\% \pm 9$, respectivamente. Dos Parroquias resultaron con porcentajes de cobertura de vacunación por bovino muy bajos, una Parroquia con una cobertura de vacunación por predios muy baja, una Parroquia con un porcentaje de repetibilidad muy baja y dos con

repetibilidad baja, mientras que las restantes tienen valores superiores a 80% (Cuadro 2).

Estos resultados coinciden con informes oficiales para Venezuela (SASA, 2006b), con valores de 92,1; 87 y 80% para las coberturas de vacunación por bovino, predio y repetibilidad, respectivamente. Igualmente, Castro y Dora (2001) reportaron cifras similares para el periodo 1997-2001.

En cuanto a la ocurrencia de focos de fiebre aftosa en el estado Lara, en el año 2006 se presentó uno en la parroquia Las Mercedes del Municipio Torres, en el cual se enfermaron 28 bovinos. También ocurrió otro foco de la enfermedad en la parroquia Tamaca del Municipio Iribarren, donde enfermaron 46 bovinos, los cuales presentaron una sintomatología atípica caracterizada por lesiones nodulares. Todos estos focos fueron diagnosticados con virus de fiebre aftosa tipo A. Estas Parroquias tienen densidad de población bovina alta y muy alta, respectivamente (SASA, 2006a).

Estos valores coinciden con Berrios (2007), pero difieren de Bergmann (2003), quien demostró que coberturas de vacunación en rebaños superiores al

Cuadro 2. Coberturas de vacunación de fiebre aftosa por bovinos y predios en distintas Parroquias. Estado Lara 2006.

Parroquia	Cobertura vacunación por bovino	Cobertura vacunación por predio	Repetibilidad	Animales enfermos
	----- % -----			Nº
A. F. Alvarado.	96,7	80,4	84,0	0
Buria	80,9	93,3	82,4	0
C. Zubillaga	59,1	88,9	78,2	0
El Blanco	91,0	94,0	84,5	0
Freitez	90,0	91,0	88,0	0
J. B. Rodríguez	99,7	100	96,0	0
Las Mercedes	94,5	96,1	96,7	28
M. Morillo	84,0	80,4	78,5	0
M. Verdes	85,9	96,0	96,7	0
Moroturo	90,1	89,0	90,0	0
San Miguel	56,4	59,0	72,3	0
Sarare	83,9	94,0	80,0	0
Tamaca	91,3	92,0	69,3	46
T. Samuel	90,8	100	91,0	0
Total	84,9	89,5	87,6	142

Fuente: SASA-Lara (2006b).

70% garantizan la eficacia de un programa de control. En consecuencia, deben investigarse otras variables que pueden estar interviniendo, tales como la duración de los ciclos de vacunación, intervalo de tiempo entre los ciclos, conservación y mantenimiento de las vacunas. De igual manera, verificar en la información sobre la vacunación por predios, si la población vacunada coincide con la población del ciclo anterior y comprobar las causas.

Para estimar la influencia de las variables cobertura de vacunación por bovinos, por predios y repetibilidad sobre la variable casos de fiebre aftosa se aplicó el método de la regresión lineal múltiple, no encontrándose influencia significativa ($P>0,05$).

Con respecto a la movilización de bovinos, se encontró que se realiza solo por Municipio mientras que por parroquia no se efectúa. Tampoco se dispone de la información relacionada con el ingreso de animales al estado, lo que constituye un factor de riesgo importante.

Referente a la caracterización de los sistemas de producción animal y condiciones epidemiológicas

de fiebre aftosa se encontró que las Parroquias Aguedo Felipe Alvarado y Tamaca (Municipio Iribarren), Freitez (Crespo), el Blanco y Las Mercedes (Torres), San Miguel y Moroturo, (Urdaneta) fueron clasificadas como sistemas de producción bovina de doble propósito, por tener una relación novillo/maute alta, lo que evidencia un ingreso de mautes para la ceba (Cuadro 3). Las Parroquias, Cecilio Zubillaga, Manuel Morillo y Trinidad Samuel (Torres), Juan Bautista Rodríguez (Jiménez) y Sarare (Simón Planas) fueron clasificadas como empresariales de engorde, de acuerdo a los valores de la relación novillo/vaca superior a 0,5 y la relación novillos/maute mayor a 1 (Cuadro 3). El resto de las Parroquias, Montaña Verde (Torres) y Buría (Simón Planas) fueron caracterizados como empresariales de leche por tener la relación novillo/vaca menor a 0,5, tamaño promedio del rebaño mayor de 50 animales y la razón novillo/maute menor a 1.

Esta clasificación difiere de los obtenidos por Mosquera (2005) para el estado Lara, caracterizada por una ganadería de ciclo completo. Tampoco coincide con Gómez y Mosquera (2005), que para el

Cuadro 3. Indicadores para la determinación de los sistemas de producción bovina (SPB) y su relación con la condición epidemiológica de fiebre aftosa (CEFA). Estado Lara. Año 2006. N/V: novillo/vaca, N/M: novillo/maute.

Parroquia	Densidad bov/ predio	Relación N/V	Relación N/M	SPB†	CEFA‡
A. F. Alvarado	51,7	0,70	2,00	DP	ES
Buría	66,1	0,16	0,42	EL	EP
C. Zubillaga	205,0	0,53	1,38	EE	ES
El Blanco	136,8	0,43	1,31	DP	ES
Freitez	54,0	0,20	1,75	DP	ES
J.B.Rodríguez	50,5	0,97	2,81	EE	ES
Las Mercedes	81,0	0,39	0,98	DP	ES
M.Morillo	98,6	0,99	1,43	EE	ES
M.Verde	163,0	0,32	0,80	EL	EP
Moroturo	96,0	0,46	1,41	DP	ES
S. Miguel	82,6	0,60	1,10	DP	ES
Sarare	159,0	0,53	1,03	EE	ES
Tamaca	22,9	0,40	1,29	DP	ES
T. Samuel	203,5	0,48	1,07	EL	ES
Promedio	116,6	0,53	1,31		

† SPB: DP, doble propósito; EL, Empresarial de leche; EE, Empresarial de engorde.

‡ CEFA: ES, Endémico secundario; EP, Esporádico.

mismo estado obtuvieron una condición esporádica de fiebre aftosa. Este resultado coincide con informes del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa, (CPFA, 1988), que clasifican en Paraguay como sistemas empresariales de engorde a las áreas geográficas cercanas a grandes centros poblados o mataderos industriales

Con respecto a las condiciones epidemiológicas de fiebre aftosa y su relación existente con los sistemas de producción, los sistemas de doble propósito fueron clasificados como endémicos secundarios al considerar la mayor probabilidad de ocurrencia de la enfermedad por la introducción de animales jóvenes a esas parroquias.

Las parroquias Buría (Simón Planas) y Montañas Verdes (Torres) fueron clasificadas como de ocurrencia esporádica debido a que son áreas en donde las ganaderías tienen un ingreso de animales muy bajo (Cuadro 3).

Los resultados obtenidos de la ocurrencia de fiebre aftosa en las Parroquias Tamaca, Las Mercedes y Moroturo, todas con alta densidad de población bovina, coinciden con los reportados por Málaga (1986), ya que se encuentra vinculada con mayor frecuencia a la introducción de animales jóvenes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La fiebre aftosa en el estado Lara, al igual que el resto del país, tiene presentación de focos de la enfermedad, a pesar de las altas coberturas de vacunación por bovino, por predios y una repetibilidad de predios que supera el 70%.

Los sistemas de producción animal reflejan que las estructuras de producción que estaban más orientadas al tipo empresarial de leche, pero vienen cambiando hacia el engorde mautes (empresarial de engorde), lo que hace a la ganadería del estado más vulnerable en la ocurrencia de casos de fiebre aftosa.

Es importante verificar que otros factores están interviniendo en la ocurrencia de casos de fiebre aftosa, descartando las variables analizadas, por lo que es recomendable realizar un muestreo serológico para comprobar el nivel de protección inmunitaria conferida por las vacunas aplicadas.

Para continuar realizando este tipo de trabajo en el futuro y hacerlo más útil para que las autoridades sanitarias tomen decisiones, fundamentalmente en la

aplicación del marco legal que establece la creación de zonas libres de la enfermedad, es necesario mejorar la información para construir los indicadores de movilización por Parroquia, densidad de población bovina y disponer de la información de ingreso de animales al estado por considerarse un factor de riesgo importante para la ocurrencia de la enfermedad.

También es indispensable incorporar a los productores al programa de erradicación de fiebre aftosa, igualmente a la comunidad representada por las autoridades locales, médicos veterinarios de ejercicio libre y otros entes, promocionando la capacitación de promotores de salud animal que se responsabilicen no solo de vacunar, sino de informar a las autoridades oficiales, la presencia de cualquier animal con síntomas compatibles con una enfermedad vesicular.

LITERATURA CITADA

- Astudillo V. 1980. Sistemas de información y vigilancia de las enfermedades del ganado. Centro Panamericano de Fiebre Aftosa. Boletín 39: 3-16. Santiago de Chile, Chile.
- Bergmann I. 2003. Instrumentos de diagnóstico para la vigilancia de fiebre aftosa. Seminario Internacional. Centro Panamericano de Fiebre Aftosa. Santiago de Chile.
- Berrios P. 2007. Fiebre aftosa en humanos, un caso en Chile. *Rev. Chil. Infectol.*, 24(2): 160-163
- Castro J. y J. Dora. 2001. Información básica sobre la situación de la salud pública veterinaria en Venezuela. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.
- CPFA. 1988. Programa de adiestramiento en salud animal para América Latina. Centro Panamericano de Fiebre Aftosa, Vol I. Santiago de Chile, Chile.
- Fiola M. 2004. Estadística. Pearson. México.
- Sagen. 1997. Atlas del estado Lara. Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional. Ministerio del Ambiente. Caracas, Venezuela.
- Gómez J. y O. Mosquera. 2005. Evaluación del programa de control y erradicación de la fiebre aftosa, estado Lara. Informe técnico.

- Especialización en Medicina Veterinaria Preventiva. Decanato de Ciencias Veterinarias. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Barquisimeto, Venezuela.
- Málaga H. 1986. Epidemiología de la fiebre aftosa. IV. Organización Panamericana de la Salud. IV Jornadas de Ciencias Veterinarias. Caracas, Venezuela.
- Málaga H. 1995. Epidemiología Veterinaria. Ediluz. Maracaibo, Venezuela.
- Mosquera O. 2005. Caracterización de las formas de producción bovina de la región centroccidental de Venezuela 2000-2003. Gaceta Cien. Vet., 10(2): 108-113
- SASA. 2006a. Informe técnico I ciclo de vacunación. Servicio Autónomo de Sanidad Agropecuaria-Lara. Barquisimeto. Lara, Venezuela.
- SASA. 2006b. Informe técnico II ciclo de vacunación. Situación de la fiebre aftosa en Venezuela. Seminario Internacional. Servicio Autónomo de Sanidad Agropecuaria. Caracas. DC, Venezuela.
- Schudel A. 2003. Visión de OIE: El uso de pruebas para la detección de proteínas no estructurales en la vigilancia de la fiebre aftosa. Seminario Internacional. Centro Panamericano de Fiebre Aftosa. Santiago de Chile, Chile.

Species diversity, relative abundance and length structure of oceanic sharks caught by the Venezuelan longline fishery in the Caribbean Sea and western-central Atlantic

Rafael Tavares^{1,3*} and Freddy Arocha^{2,3}

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, La Asunción 6311, Isla de Margarita, Nueva Esparta, Venezuela. *Correo electrónico: rtavares@inia.gob.ve

² Departamento de Biología Pesquera, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Sucre, Venezuela.

³ Centro para la Investigación de Tiburones. Caracas, Venezuela.

ABSTRACT

This study examines the species diversity, relative abundance, and length structure of oceanic sharks caught by the Venezuelan longline fishery targeting swordfish and tuna. Shark catch data was collected by scientific observers during the period 1994 to 2003. The total shark catch was comprised of 25 species, in which the most frequently caught were *Prionace glauca* (34.8%) and *Carcharhinus signatus* (20.2%). Other common species in the catch composition were *C. falciformis* (8.5%), *Sphyrna mokarran* (6.8%), and *Isuru oxyrinchus* (6.2%). The inter-annual variation of the Shannon-Wiener index was characterized by an apparent loss of the shark diversity throughout the time series. Kriging map showed that areas with relative high diversity values were located in the southeastern Caribbean Sea, primarily in areas close to the islands and coast of Venezuela. Other areas with significant diversity values corresponded to the inner arc of the Lesser Antilles and the Suriname shelf. The analysis of catch per unit effort trends for the five most common species revealed that all series had a negative slopes, but only one (*C. falciformis*) was statistically significant. Shark catches for the most important species comprised a large proportion of juveniles. Major efforts will be needed to generate steady scientific information required for stock assessment.

Keywords: blue shark, CPUE, diversity, elasmobranchs, fishery, variogram

Diversidad de especies, abundancia relativa y estructura de tallas de tiburones oceánicos capturados por la flota palangrera venezolana en el Mar Caribe y Atlántico centro-occidental

RESUMEN

En este estudio se analiza la diversidad de especies, abundancia relativa y estructura de tallas de tiburones oceánicos capturados en la pesquería palangrera industrial venezolana que dirige su esfuerzo al pez espada y atunes. Los datos fueron obtenidos del monitoreo de embarcaciones por observadores científicos durante el periodo 1994 a 2003. La captura estuvo conformada por 25 especies de tiburones, siendo las más frecuentemente capturadas, *Prionace glauca* (34,8%) y *Carcharhinus signatus* (20,2%). Otras especies comúnmente observadas fueron *C. falciformis* (8.5%), *Sphyrna mokarran* (6.8%) e *Isuru oxyrinchus* (6.2%). La variación interanual del índice de Shannon-Wiener está caracterizada por una aparente pérdida de los niveles de diversidad de tiburones a largo de la serie de tiempo. El análisis espacial de la diversidad, utilizando el método de interpolación Kriging muestra que las áreas geográficas con niveles de diversidad de tiburones relativamente elevados están localizadas en el sudeste del Mar Caribe, principalmente alrededor de las islas y costa venezolanas. Otras áreas con niveles importantes

de diversidad corresponden al arco interior de Las Antillas Menores y plataforma de Surinam. El análisis de las tendencias interanuales en la abundancia relativa para las cinco especies más comunes arrojaron pendientes negativas, pero únicamente la serie de *C. falciformis* fue estadísticamente significativa. Los resultados revelaron que la pesquería realizada por la flota palangrera industrial selecciona porcentajes importantes de individuos juveniles. Un mayor esfuerzo será necesario para generar de manera sostenida la información requerida para la evaluación de estos recursos.

Palabras clave: CPUE, diversidad, elasmobranquios, pesquería, tiburón azul, variograma.

INTRODUCTION

Sharks constitute an important predator group in marine ecosystems and consequently play an essential role on energy exchange within the highest trophic levels (Wetherbee and Cortés, 2004). For centuries, humans have conducted fishing for sharks in a sustainable manner by the use of artisanal fishing methods (FAO, 1999). Recently, modern technology in combination with an increase demand for sharks products have resulted in increasing effort and yield of shark catches, as well the expansion of fishing areas (Bonfil, 1994). One fishery practice that has dramatically increased since the 1980s is the targeting of swordfish, *Xiphias gladius*, and tuna, *Thunnus* spp., using pelagic longline gear (Castro *et al.*, 1999). This fishery catches large numbers of oceanic sharks as bycatch. In general, sharks have a combination of biological characteristics, such as slow growth, late maturation and low fecundity that make them extremely susceptible to overfishing (Stevens *et al.*, 2000). Recent studies have revealed a significant reduction in abundance of large predatory fishes, including sharks, in the Atlantic Ocean (Baum *et al.*, 2003; Myers and Worm, 2003; Hutchings and Baum, 2005). Fishing pressure can affect shark stock structure, diversity, and biological parameters, and in the worst of cases, could cause a species to become extinct (Jennings and Kaiser, 1998; Stevens *et al.*, 2000).

In the Caribbean Sea and adjacent waters, information related with the biology, fishery and landings of sharks is scarce or non-existent. About of 60 species of sharks have been reported to occur off Venezuelan Caribbean, of which species within the family Carcharhinidae are the most common (Cervigón and Alcalá, 1999; Carpenter, 2002; Tavares, 2005). However, the stock status of the most common shark species inhabiting in the Caribbean region is unknown. Preliminary oceanic shark by-catch

analyses from the Venezuelan pelagic longline fishery (Gonzalez and Gaertner, 1992; Alió *et al.*, 1994; Yegres *et al.*, 1996) have only provided general information on fishing effort and catch data, and preliminary species composition with a considerable degree of uncertainty in accurate taxonomic identification of most species. The species-specific composition of the catches constitutes the basic information required for fisheries stock assessment. The purpose of this study was to examine the catch composition, species diversity, relative abundance and length structure of oceanic sharks caught as bycatch by the Venezuelan longline fleet in the Caribbean Sea and western-central Atlantic during the period 1994 a 2003.

MATERIALS AND METHODS

The data analyzed in the present study came from Venezuelan's Enhanced Research Program for Billfish (ERPBB) data base, sponsored by the International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna (ICCAT) and corresponds to the period 1994 to 2003. Shark by-catch data were collected by scientific observers on board industrial longline fishing vessels targeting swordfish and tuna. The study area comprises the southeastern Caribbean Sea and the western-central Atlantic Ocean in an area bounded by 22°N 68°W and 4°N 44°W (Figure 1). Detailed information of the Venezuelan longline fishery (size fleet, effort data, fishing gear, target species, etc.) are given by Arocha and Marcano (2001) and Marcano *et al.* (2004).

Once captured, sharks were identified to the lowest taxonomic level possible by scientific observers of the Venezuelan Pelagic Longline Observer Program (VPLOP). Observer personnel were the same individuals throughout the study. During the last two years of the study, observers collected digital images and tooth of the shark species caught by the fishery to validate identification of the species. The total

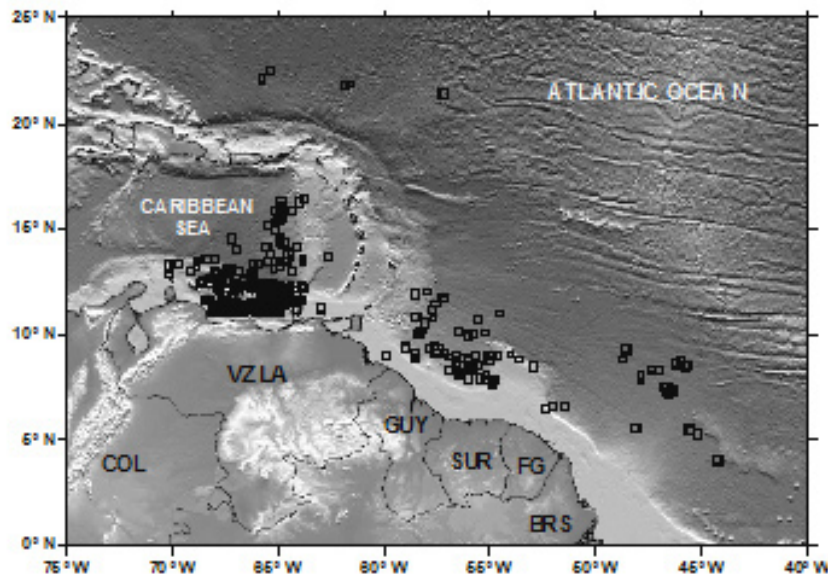


Figure 1. Study area showing the distribution of sets with positive shark catches from the Venezuelan pelagic longline fishery targeting swordfish and tuna during 1994 to 2003.

length (TL, cm) of sharks was measured according Compagno (1984) and sex was recorded for each specimen. Pregnant females were identified as those carrying uterine eggs or embryos within the uterus. The size at maturity of the females was estimated from the mean total length of all pregnant females. Also, sizes at maturity reported in the literature for the five studied species and for both sexes were considered in order to classify juvenile and adult sharks.

Based on the geographical region explored by the Venezuelan longline fleet the study area was divided in two smaller areas, the Caribbean and the Atlantic, for the purpose of data analysis. The shark catch composition was expressed in percentage of numbers (n, %) by species and geographic areas. The Shannon-Wiener index was used to evaluate the levels of shark diversity within the study region:

$$H = -\sum_{i=1}^S \rho_i \log_2 \rho_i$$

where S is the number of species in the sample, ρ_i is the proportion that the i^{th} species contributes to

the total abundance of the sample ($\rho_i = N_i/N$), N_i the number of individuals of the i^{th} species, and N the number of individuals in the sample. Nonparametric permutation and bootstrap statistical methods (Manly, 1997) were applied with the purpose of estimating the annual mean and variance of the diversity index estimates.

The spatial distribution of shark diversity in the study areas was also examined through the use of the Kriging interpolation method, assisted by variogram analysis (Petitgas, 1996). In this approach, the diversity index was calculated by $3^\circ \times 3^\circ$ quadrants and combining the data for all years. The primary purpose of the variogram modeling is to describe the spatial structure of the data set when gridding with the kriging algorithm. The variogram is a three-dimensional function containing two independent variables, the direction and separation distance, and one dependent variable that is the variogram value. The experimental variogram equation (Petitgas, 1996) is written as:

$$\gamma(\theta, h) = 1/2n(\theta, h) \sum_i (f(x_i) - f(x_i + h))^2$$

Table 1. Shark species caught by Venezuelan pelagic longline fishery targeting swordfish and tuna during 1994 to 2003.

Family/species	English name	Spanish name
<u>Carcharhinidae</u>		
<i>Carcharhinus falciformis</i>	Silky shark	Tiburón jaquetón
<i>Carcharhinus leucas</i>	Bull shark	Tiburón toro
<i>Carcharhinus limbatus</i>	Blacktip shark	Tiburón macuira
<i>Carcharhinus longimanus</i>	Oceanic whitetip shark	Tiburón oceánico
<i>Carcharhinus obscurus</i>	Dusky shark	Tiburón arenero
<i>Carcharhinus perezii</i>	Caribbean reef shark	Tiburón coralino
<i>Carcharhinus plumbeus</i>	Sandbar shark	Tiburón trozo
<i>Carcharhinus porosus</i>	Smalltail shark	Tiburón poroso
<i>Carcharhinus signatus</i>	Nighth shark	Tiburón nocturno
<i>Galeocerdo cuvier</i>	Tiger shark	Tiburón tigre
<i>Prionace glauca</i>	Blue shark	Tiburón azul
<u>Sphyrnidae</u>		
<i>Sphyrna lewini</i>	Scalloped hammerhead	Cornúa común
<i>Sphyrna media</i>	Scoop hammerhead	Cornúa cuchara
<i>Sphyrna mokarran</i>	Great hammerhead	Cornúa gigante
<i>Sphyrna tudes</i>	Smalleye hammerhead	Cornúa ojichica
<i>Sphyrna zygaena</i>	Smooth hammerhead	Cornúa cruz
<u>Lamnidae</u>		
<i>Isurus oxyrinchus</i>	Shortfin mako	Marrajo dientuso
<i>Isurus paucus</i>	Longfin mako	Marrajo carite
<u>Alopiidae</u>		
<i>Alopias superciliosus</i>	Bigeye thresher	Zorro ojón
<i>Alopias vulpinus</i>	Thresher shark	Zorro
<u>Squalidae</u>		
<i>Centroscymnus owstoni</i>	Roughskin dogfish	Sapata lija
<i>Squalus cubensis</i>	Cuban dogfish	Galludo cubano
<u>Hexanchidae</u>		
<i>Hexanchus griseus</i>	Bluntnose sixgill	Tiburón ojo de vaca
<u>Triakidae</u>		
<i>Mustelus norrisi</i>	Narrowfin smooth-hound	Viuda
<u>Pseudocarchariidae</u>		
<i>Pseudocarcharias kamoharai</i>	Crocodile shark	Tiburón cocodrilo

where $\gamma(\theta, h)$ is the variogram value, $f(x_i)$ denotes the data value measured at point x_i , $n(\theta, h)$ denotes the number of data pairs for direction θ and distance h , and i is the index of the data. Therefore, the variogram measures the level of dissimilarity between points as a function of the distance between them and the units being equivalent to the variance. Parameters estimated by fitting non-linear models are: A , distance at which the samples are no longer autocorrelated; C_0 , unresolved small-scale variability, and C , maximum variability due to the spatial structure.

The measure of relative abundance was the catch per unit effort (nominal CPUE) estimated as the number of sharks per 1000 hooks in positive fishing sets. The inter-annual variability of mean CPUE was examined for the five most common shark species in the study area. Trends in relative abundance were analyzed by fitting linear regressions between years and log-transformed CPUE values (95% level of significance). For this approach, CPUE values correspond to the initial year (1994) of the study period were excluded from regression analysis. Additionally, it was assumed that years with no captures between 1995 and 2003 correspond to zero CPUE. The size structure of the five selected species was described using length-frequency histograms and grouped by 10 cm TL classes. A chi-square (χ^2) test was performed to test for differences in the expected sex ratio of 1:1.

RESULTS

During the study period a total of 25 species ($n = 2,601$) of sharks from 8 families (Table 1) were recorded. The most common species in the catch composition were *Prionace glauca* (34.8%) and *Carcharhinus signatus* (20.2%) (Figure 2). Other species with relatively high occurrence were *C. falciformis* (8.5%), *Sphyrna mokarran* (6.8%), and *Isurus oxyrinchus* (6.2%). The remaining species accounted for 23.6%, in which hammerhead sharks were the most significant group. The shark catch composition from the Caribbean area was very similar with that observed in the overall study area. Caribbean shark catches also consisted of 25 species ($n = 2,151$) and were dominated by *P. glauca* (29.9%), and *C. signatus* (23.7%). In the Atlantic area, the shark catch consisted of 16 species ($n = 450$), with the most common species being *P. glauca* (57.6%), followed by *I. oxyrinchus* (6.7%), *C. longimanus* (5.3%), *Alopias superciliosus* (4.0%), and *S. zygaena* (4.0%).

The annual mean diversity indices by geographic area ranged between 1.17 (± 0.09 s.d.) and 2.10 (± 1.09 s.d.) and between 0.38 (± 0.17 s.d.) and 1.90 (± 0.13 s.d.) for the Caribbean and the Atlantic, respectively (Table 2; Figure 3). The shark diversity levels in both geographic areas were higher at the beginning of the time series, from approximately 1995 to 1998. Subsequent years were characterized by a downward trend in species diversity, with an apparent recovery in 2003. The spatial diversity analysis showed that the structure data was better described by an exponential variogram function (Figure 4), which is characterized to have an autocorrelation level within nearby areas that decreases with the increase of spatial distance. No spatial autocorrelation was observed for diversity data at distances larger than 380 km. The map of diversity distribution revealed that areas with relatively highest values (1.6 to 2.4) are located in the southeastern Caribbean; mainly in zones close to the islands and coast of Venezuela (Figure 5). Other areas with significant diversity values (1.2 to 1.6) corresponded to the inner arc of the Lesser Antilles and Suriname shelf.

Prionace glauca

This species had a general mean CPUE of 3.13 (± 2.89 s.d.) sharks/1000 hooks, with values ranging between 0.19 and 25.46 sharks/1000 hooks. The inter-annual variation of mean CPUE was characterized by fluctuations through the time series (Figure 6). Highest mean CPUEs were observed in 1998 and 1999, and the lowest corresponded to the last year of the study period. Regression analysis between years and log-transformed CPUEs showed a not significant negative slope (slope = -0.030; $r^2 = 0.049$; $P = 0.567$). Of the 904 specimens caught, which ranged in size from 93 to 387 cm TL, 45.8% were females. Significant difference in sex ratios was not found for this species ($\chi^2_{(0.05;1)} = 0.71$; $P = 0.401$). Pregnant females ranged in size from 152 to 387 cm and comprised 23.9% of the female catches of this species. Mean size at maturity estimated for females was 213.4 (± 50.77 s.d.) cm. A length frequencies histogram showed that *P. glauca* catches in the study area were primarily represented by individuals with sizes ranging between 160 and 280 cm TL (Figure 7).

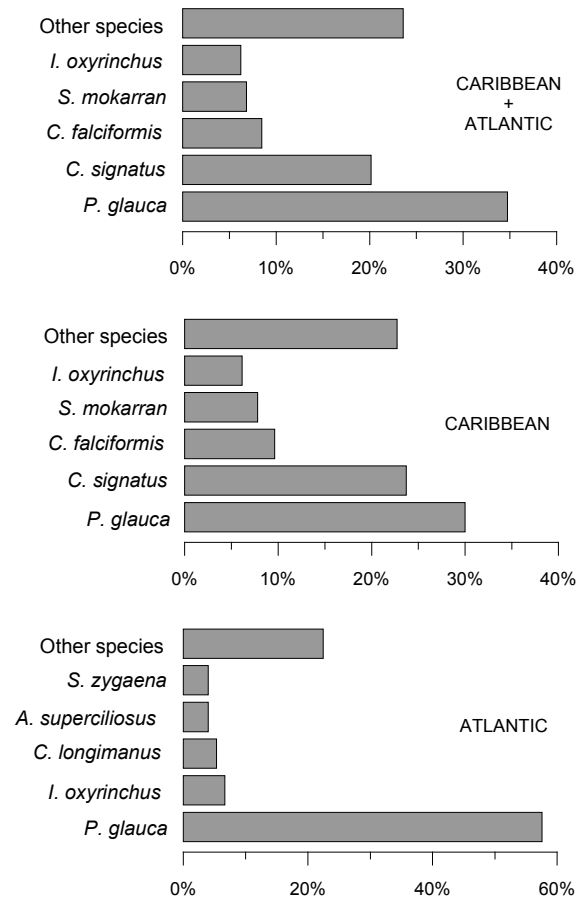


Figure 2. Shark by-catch composition by geographical areas from the Venezuelan pelagic longline fishery targeting swordfish and tuna during 1994 to 2003.

Carcharhinus signatus

The overall CPUE average estimated for this species was 4.0 (± 3.58 s.d.) sharks/1000 hooks, and the values varied between 1.25 and 45.45 sharks/1000 hooks. The inter-annual variation of CPUE showed an oscillatory pattern, with a highest mean CPUE observed in 1995 and a markedly decreasing trend from 2000 to 2003 (Figure 6). No capture of this species was reported during the last year of the time series. Statistically not significant negative slope was obtained from linear regression among years and log-transformed CPUE (slope = -0.121; $r^2 = 0.304$; $P = 0.124$). A total of 524 specimens ranging in size from 64 to 280 cm TL were examined, with females accounting for 32.8% of the catch. For this species, a highly significant difference in sex ratios was found ($\chi^2_{(0.05;1)} = 11.80$; $P = 0.001$). Of these females, 77.2% were gravid and measured between 158 and 280 cm TL. Mean size at maturity estimated for females was 166.1 (± 24.54 s.d.) cm LT. The catch length structure

was mainly composed of individuals measuring between 130 and 180 cm TL (Figure 7).

Carcharhinus falciformis

The mean CPUE was 4.31 (± 5.87 s.d.) sharks/1000 hooks, with values fluctuating between 0.35 and 37.04 sharks/1000 hooks. The highest mean CPUE was recorded in 1994, after which a constant decline was observed throughout the study with a lowest point in 2003 (Figure 6). The analysis of CPUE series indicated a significant negative slope (slope = -0.141; $r^2 = 0.714$; $P = 0.004$), suggesting a decreasing trend in abundance for this species. In total, 220 sharks (70-312 cm TL) of this species were caught during the study period. Males and females comprised 37.7 and 34.6%, respectively, and the remaining 27.7% corresponded to specimens with unidentified sex. Differences between sex proportions were not significant ($\chi^2_{(0.05;1)} = 0.13$; $P = 0.701$). Only 18.1% of the females were pregnant and measured from 188 to 280 cm TL. Mean size at

Table 2. Bootstrap mean values, standard deviation (SD), and confident limits (C.L., 95%) by geographical areas and by years of the Shannon-Wiener index estimated for oceanic sharks caught by the Venezuelan pelagic longline fishery targeting swordfish and tuna during 1994 to 2003.

Areas/years	Shannon-Wiener Index			
	Mean	SD	C.L. 95%	
<u>Caribbean</u>				
1994	1.56	0.20	1.17	1.94
1995	2.04	0.08	1.89	2.18
1996	2.10	0.09	1.92	2.26
1997	2.03	0.06	1.91	2.14
1998	1.67	0.13	1.41	1.92
1999	1.44	0.09	1.27	1.61
2000	1.39	0.07	1.19	1.51
2001	1.47	0.11	1.25	1.68
2002	1.17	0.09	0.98	1.32
2003	1.60	0.10	1.40	1.92
<u>Atlantic</u>				
1994	0.82	0.21	0.37	1.19
1995	0.94	0.19	0.55	1.30
1996	1.73	0.14	1.42	1.96
1997	1.57	0.17	1.21	1.86
1998	1.90	0.13	1.62	2.13
1999	0.43	0.18	0.15	0.79
2000	0.38	0.17	0.11	0.68
2001	---	---	---	---
2002	1.12	0.34	0.56	1.46
2003	1.42	0.20	0.96	1.71

maturity estimated for females of this species was 216.0 (\pm 25.70 s.d.). The length frequency histogram showed that catches were dominated by individuals measuring between 100 and 190 cm TL (Figure 7).

Sphyrna mokarran

CPUE for this species varied between 1.33 and 8.70 sharks/1000 hooks, with an estimated mean of 2.9 (\pm 1.58 s.d.) sharks/1000 hooks. The inter-annual CPUE appeared to remain stable from 1994 to 2002, although no captures were recorded for this species during the last year of the time series (Figure 6). The absence of *S. mokarran* catches in the initial year (1993) of the monitoring program for sharks was probably a consequence of species misidentification by scientific observers. Regression results revealed

a non significant negative slope for CPUE series of this species (slope = -0.069; r^2 = 0.146; P = 0.310). Of the 177 specimens captured, which ranged in size from 86 to 213 cm TL, 67.6% were females. A highly significant difference in sex ratios was found for this species ($\chi^2_{(0.05;1)} = 12.67$; P = 0.0001). No pregnant females were observed during the study period. Based on the length frequencies, catches of this species were primarily represented by individuals ranging between 130 and 190 cm TL (Figure 7).

Isurus oxyrinchus

Overall mean CPUE obtained for this species was 1.81 (\pm 1.68 s.d.) sharks/1000 hooks, with values ranging from 0.19 to 10.32 sharks/1000 hooks. The annual CPUE trend from 1996 to 2000 showed

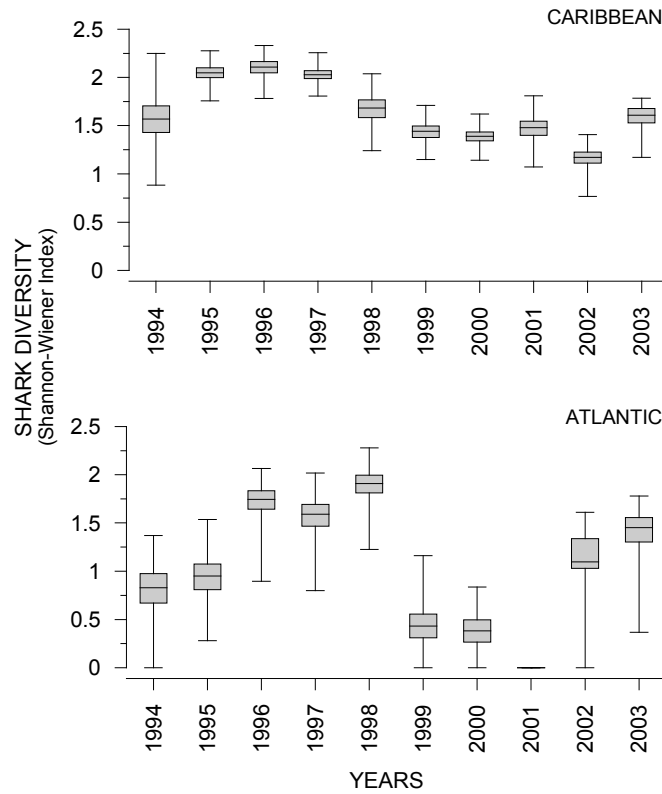


Figure 3. Inter-annual trend by geographical areas of the Shannon-Wiener index estimated for sharks caught by the Venezuelan pelagic longline fishery targeting swordfish and tuna during 1994 to 2003. Horizontal lines indicate bootstrap mean, boxes indicate lower and upper quartiles and whiskers indicate minimum and maximum values.

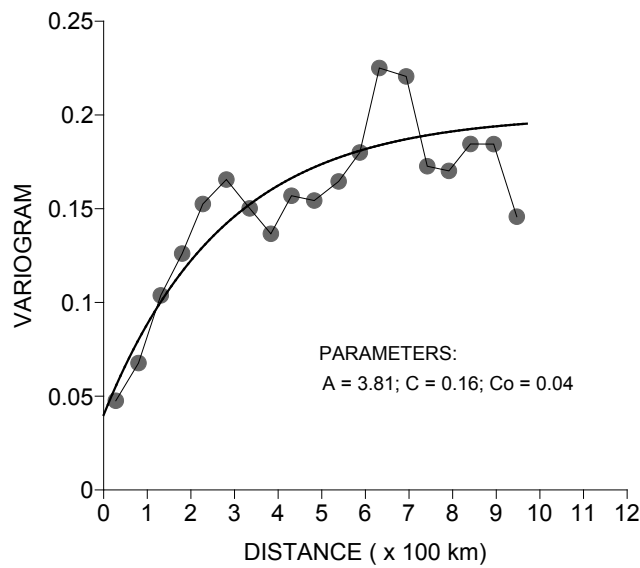


Figure 4. Variogram computed for shark diversity data (Shannon-Wiener index) in the study area (years combined). Diversity data was fitted with an exponential model.

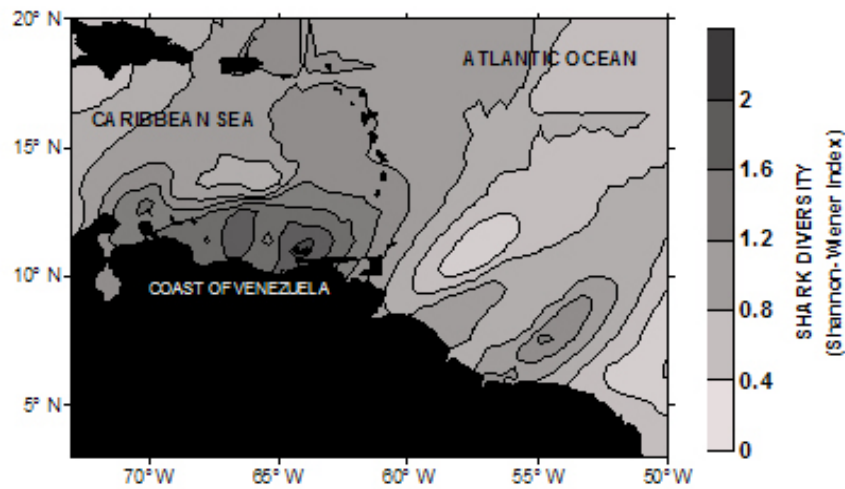


Figure 5. Spatial distribution map of shark diversity (Shannon-Wiener index) estimates in the study area (years combined).

little variation, whereas subsequent years showed a sustained decline (Figure 6). Highest mean CPUE was recorded in the year 1996 and the lowest during 2003. CPUE series for this species also show a non significant negative slope (slope = -0.055; $r^2 = 0.251$; $P = 0.169$). A total of 162 specimens ranging in size from 93 to 370 cm TL were captured, of which females constituted 33.6% of the catches. Differences between sexes were statistically significant ($\chi^2_{(0.05;1)} = 11.11$; $P = 0.001$). Only two pregnant females were detected, measuring 162 and 370 cm TL. Mean size at maturity estimated for females of this species was 210.0 (± 70.71 s.d.). Most individuals were between 160 and 260 cm TL in catches of this species (Figure 7).

DISCUSSION

The oceanic shark catch by the observed Venezuelan longline fleet throughout the study period was comprised of 25 species, a significant number in longline fisheries targeting swordfish and tunas. Results showed that *P. glauca* was the most abundant shark species caught both, in the Caribbean and Atlantic areas. This finding was consistent with a previous study on blue shark caught as by-catch in the same general region (Arocha *et al.*, 2005). Large numbers of this species are commonly captured as by-catch in longline fisheries targeting swordfish and tuna

throughout different regions of the Atlantic Ocean and adjacent seas (Hazin *et al.*, 1994; Marín *et al.*, 1998; Buencuerpo *et al.*, 1998; Simpfendorfer *et al.*, 2002; Megalofonou *et al.*, 2005). These results indicate that *P. glauca* is perhaps the most abundant oceanic species in the Atlantic Ocean, including both the Caribbean and Mediterranean seas. *Carcharhinus signatus* was the second most abundant species and was caught mainly in the Caribbean area. This species is also commonly caught by other pelagic longline fisheries operating along the coast of Brazil (Hazin *et al.*, 1994; Amorim *et al.*, 2002) and southeastern United States, Gulf of Mexico and Caribbean Sea (Beerkircher *et al.*, 2002; Cortés *et al.*, 2007). However, the absence of capture reports in the North Atlantic might be attributed to differences in the geographical distribution of *C. signatus*. Compagno (1984) describes this species as a semi-oceanic carcharhinid occurring on tropical and warm-temperate waters of the Atlantic. *Carcharhinus falciformis*, *S. mokarran*, and *I. oxyrinchus* comprised a relatively large percentage values of the shark catch in the study area. The catch and abundance of these species in the pelagic longline fisheries activities carried out throughout the Atlantic region also vary depending on geographical areas.

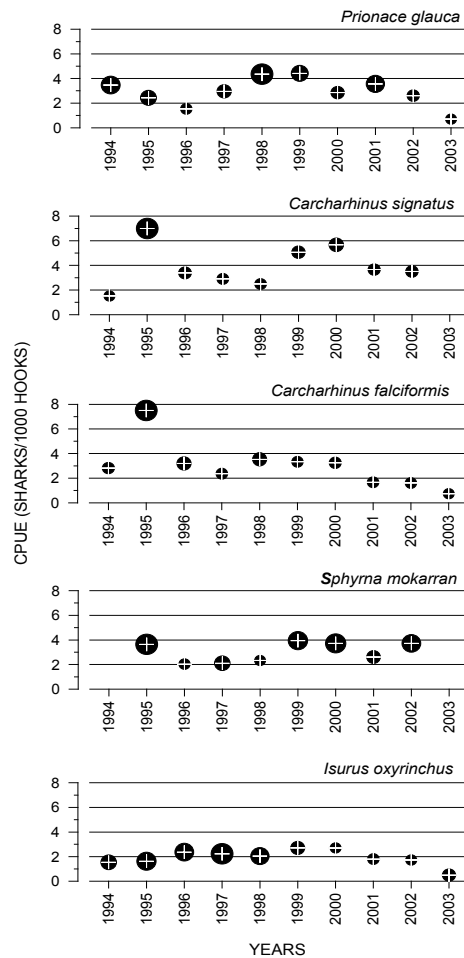


Figure 6. Inter-annual variation of the relative abundance (CPUE) estimates for the five most common shark species caught by Venezuelan pelagic longline fishery targeting swordfish and tuna during 1994-2003. The size of the bubbles is proportional to the variability (*s.d.*) of CPUE data corresponding to each year. The cross symbols within the bubbles indicate centroids

The annual mean variation in the Shannon-Wiener diversity index corresponding to oceanic shark occurrence in the Caribbean and Atlantic areas suggested a loss of shark diversity throughout the study period. Estimates of diversity levels in fishery studies can be useful as changes can be detected in the structure of commercially exploited populations. The application of diversity indices in fisheries biology is relatively recent, and few studies using this technique have been reported. Worm *et al.* (2003) analyzed the diversity of oceanic predatory fishes, including sharks, in the western Atlantic and found a diminishing trend in diversity with respect to time. These authors state that maintaining high diversity in oceanic areas could be an important objective in the future. In the present study, the highest diversity levels observed off the coast of Venezuela in the Caribbean are likely

related to the oceanographic factors associated with high marine productivity. Among these factors, the most important are the seasonal upwelling along the Venezuelan coast (Castellanos *et al.*, 2002) and the influx of the Orinoco River water into the Caribbean Sea (Muller-Karger and Varela, 1990).

The annual CPUE levels of *P. glauca* obtained in this study were quite similar to those reported by Beerkircher (2005) and Cortés *et al.* (2007) for the Caribbean Sea, Gulf of Mexico and midwestern Atlantic. Although *P. glauca* exhibited a constant declining trend in abundance during the last three years of the study period, the analysis of CPUE series did not show a significant negative slope. However, other studies in the northwestern Atlantic have shown a considerable decrease in population

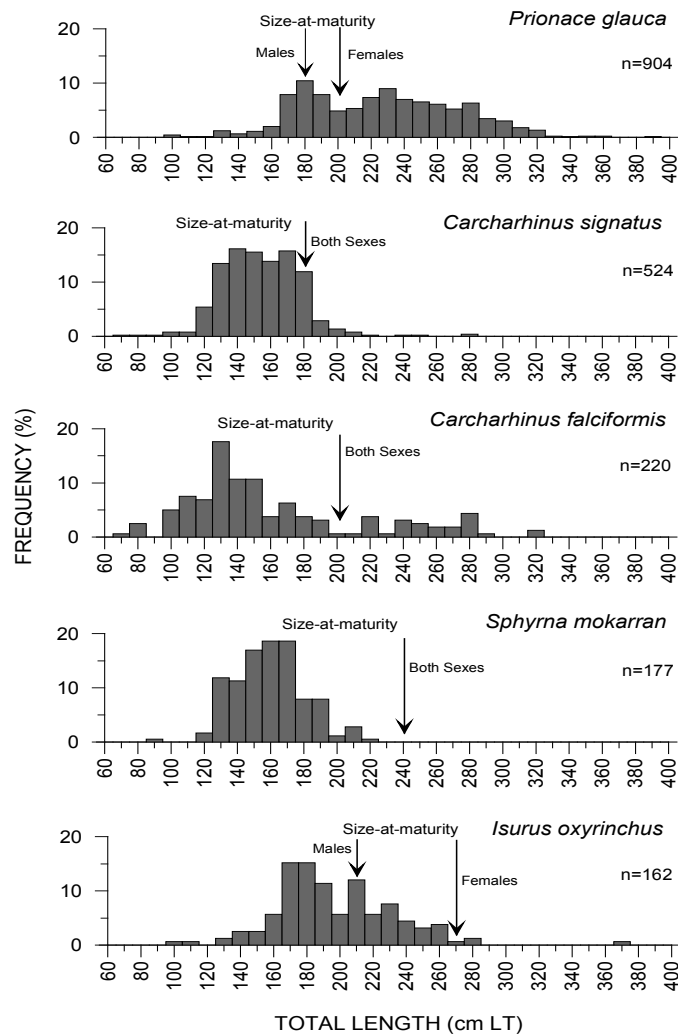


Figure 7. Length frequency histograms for the five most common shark species caught by Venezuelan pelagic longline fishery targeting swordfish and tuna during 1994 to 2003. The mean sizes at maturity are indicated by arrows

densities of this species. Cortés (2002) found that *P. glauca* CPUE series, covering the period 1978-2000, had a highly significant negative slope. Baum *et al.* (2003) analyzed CPUE series from logbook-data to found that the population of this species in the northwestern Atlantic had declined by 60% over the period 1986-2000. More recently, Cortés *et al.* (2007) examined CPUE trends on the basis of logbook-data corresponding to the combined areas of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea during the period 1992-2005, and found a decline in relative abundance of 91%. Considering the highly migratory behavior of *P. glauca*, it is possible that the significant decrease in abundance of this species from the North Atlantic might be reflected in the Caribbean Sea as well. According to Pratt (1979), female blue sharks do not

mature until after 200 cm TL, and males until they reach 180 cm TL. Female size at maturity estimated in this study was 213 cm TL, a similar length to the one reported in the literature for this species. Based on these sizes at maturity, a considerable proportion of juveniles was captured by the fishery.

The annual CPUE estimates for *C. signatus* were slightly higher to those reported by Beerkircher *et al.* (2002) and Cortés *et al.* (2007) off the northwestern Atlantic. CPUE series for this species had a non significant negative slope, but a continuous declining trend in abundance was observed throughout the last 4 years of the study period. The analysis of *C. signatus* CPUE series (period: 1992-2000) conducted by Beerkircher *et al.* (2002) in the southeastern United States showed a significant negative slope. Cortés *et al.*

(2007) reported a decrease in abundance of 90% since 1992. *Carcharhinus signatus* has been poorly studied; therefore, information on its biology and abundance is almost unknown. Results showed that *C. signatus* is a common oceanic shark in the Caribbean region. The female size at sexual maturity estimated for this species was 166 cm TL, slightly lower than the 180 cm TL (both sexes) reported by Hazin *et al.* (2000). Therefore, the catch of this species in the study area was mostly composed by juveniles.

The inter-annual CPUE values corresponding to *C. falciformis* is comparable from those reported by Beerkircher *et al.* (2002). Our results showed a significant decline in abundance of this species throughout the study period. Decrease in abundance of 48% was recently reported by Cortés *et al.* (2007). *Carcharhinus falciformis* was commonly caught by several fisheries in the Gulf of Mexico; consequently, their populations were heavily impacted in this region (Bonfil *et al.*, 1993). This species is one of the most common carcharhinid sharks caught by the artisanal line-hook fishery conducted around Venezuelan oceanic islands (Tavares, 2005). However, the status of its population is unknown in waters of Venezuela and adjacent areas. The size at maturity reported for this species by Branstetter (1987) is around of 200 cm LT in both sexes, which is very close to the female size estimated (216 cm LT) in the present study. Taking into account these sizes at maturity, catches of *C. falciformis* in the study area were also comprised by a large numbers of juveniles.

Analysis of inter-annual CPUE trend for *S. mokarran* showed an apparent steady pattern with a non significant decrease in abundance, however, captures of this species were not recorded during the last year of the study. Information related with the distribution, biology and fishery data is scarce for this species. Our results showed that *S. mokarran* also appeared to be a common species in the Caribbean region. This species is the most frequently caught hammerhead in the artisanal shark fishery around the insular shelf of the Los Roques Archipelago (Tavares, 2005). In pelagic longline fisheries in the Gulf of Mexico and southern coast of the United States, *S. lewini* is the most common hammerhead species captured (Branstetter, 1987; Beerkircher *et al.*, 2002). In fishing monitoring programs, sphyrnid sharks have been usually grouped into a single complex, due to morphological similarities among species.

This practice has complicated the understanding of catch and abundance trends of hammerhead species. Nonetheless, Baum *et al.* (2003) found that the abundance of hammerhead sharks in the northwest Atlantic has declined by 89% since 1986. The size at maturity for *S. mokarran* is between 230 and 280 cm TL in both sexes (Compagno, 1984); therefore, catches from the study area were entirely composed by juvenile sharks.

Annual CPUE levels obtained for *I. oxyrinchus* were relatively higher than estimates reported for the Caribbean and midwestern Atlantic by Beerkircher (2005). However, in the North Atlantic this species showed a considerable occurrence as by-catch in the swordfish and tuna longline fishery (Buencuerpo *et al.*, 1998). The inter-annual CPUE trend for *I. oxyrinchus* showed a continuous decrease during the last three years of the study; however, regression analysis of CPUE series indicated a non significant declining trend in abundance. In the study of Cortés (2002), a highly significant negative slope was found in CPUE series of this species. For the Gulf of Mexico and Caribbean areas, Cortés *et al.* (2007) reported a decline in relative abundance of 57%. In the Venezuelan Caribbean, *I. oxyrinchus* appear to be a species exclusively caught by pelagic longline fisheries targeting swordfish and tuna. Individuals of this species are infrequently observed in catch composition from artisanal shark fisheries operating in Venezuelan waters (R. Tavares, personal observation). Mollet *et al.* (2000) reported that *I. oxyrinchus* females maturing at about of 280 cm TL and males at about of 210 cm TL. Based on this information, our results show that fishing activities carried out by the Venezuelan longline fleet also include large number of juvenile individuals of this species.

CONCLUSIONS

The present research provided information that was previously lacking in the study area. Results showed the importance of the Caribbean Sea and adjacent areas as habitat for several species of oceanic sharks. Trends in relative abundance reported in this study might not be considered as definitive. Moreover, differences in abundance patterns between studies might be consequence of several factors such as sample size, data source (logbooks, observer programs, and research surveys), fishing characteristics (effort, areas, and target species), and distinct approaches

for data analysis. Our results also revealed that the Venezuelan longline fishery captured a large numbers of juvenile sharks, and in some cases, considerable percentages of pregnant females. Among the reasons that have led to the reduction of shark populations worldwide, the most important are the degradation of nursery areas and the excessive capture of juveniles by commercial fisheries. Both features interfere directly with recruitment which is normally subject to high fishing mortalities. Major efforts will be needed to generate steady scientific information required for stock assessment. Therefore, considering the highly migratory behavior of oceanic sharks that are harvested by several nations in the Atlantic Ocean, international cooperation is essential to create the mechanisms to ensure shark research and fishery monitoring programs between regions.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was partially financed by the Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT) and the Venezuelan's Enhanced Research Program for Billfish (ERPB) sponsored by the International Commission for the Conservation of the Atlantic Tuna (ICCAT). Special thanks to the scientific observers of the Venezuelan Pelagic Longline Observer Program (VPLOP). We also thank the anonymous referees for constructive comments on the manuscript.

LITERATURE CITED

- Alió J., L. Marcano, and X. Gutiérrez. 1994. La pesca de tiburones en Venezuela. Nota Informativa, ICCAT, Coll. Doc. Cien., 62(2): 452-453.
- Amorim A.F., C.A. Arfelli, and S. Bacilieri. 2002. Shark data from Santos longliners fishery off southern Brazil (1971-2000). ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap., 54: 1341-1348.
- Arocha F. and L. Marcano. 2001. Monitoreo de grandes peces pelágicos en el Mar Caribe y el Atlántico centro-occidental mediante un programa integrado de monitoreo en Venezuela. Gulf Caribb. Fish. Inst., 52: 557-576.
- Arocha F., R. Tavares, J. Silva, and L. Marcano. 2005. Blue shark, *Prionace glauca*, length composition from the Venezuelan longline fleet in the northwestern Atlantic: Period 1994-2003. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap., 58: 942-950.
- Baum J.K., R.A. Myers, D.G. Kehler, B. Worm., S.J. Harley, and P.A. Doherty. 2003. Collapse and conservation of shark populations in the northwest Atlantic. *Science*, 299:389-392.
- Baum J.K. and R.A. Myers. 2004. Shifting baselines and decline of pelagic sharks in the Gulf of Mexico. *Ecol. Lett.*, 7: 135-145.
- Beerkircher L.R. 2005. Characteristics of blue, *Prionace glauca*, and shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, shark by-catch observed on pelagic longlines in the Northwest Atlantic, 1992-2003. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap., 58: 1019-1033.
- Beerkircher L.R., E. Cortés, and M. Shivji. 2002. Characteristics of shark bycatch observed on pelagic longlines off the southeastern United States. *Mar. Fish. Rev.*, 64: 40-49.
- Bonfil R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO Fisheries Technical Paper 341. FAO, Rome.
- Bonfil R., R. Mena, and D. Anda. 1993. Biological parameters of commercially exploited silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, from the Campeche Bank, Mexico. In Branstetter S. (Ed.). Conservation Biology of Sharks. NOAA, Technical Report 115, pp. 73-86.
- Branstetter S. 1987. Age, growth and reproductive biology of the silky shark, *Carcharhinus falciformis*, and scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, from the northwestern Gulf of Mexico. *Environ. Biol. Fish.*, 19: 161-173.
- Buencuerpo V., S. Ríos, and J. Morón. 1998. Pelagic sharks associated with swordfish, *Xiphias gladius*, fishery in the eastern North Atlantic Ocean and Strait of Gibraltar. *Fish. Bull.*, 96: 667-685.
- Carpenter K.E. 2002. The living marine resources of the Western Central Atlantic, Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes and chimaeras. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes, Special Publication N° 5, FAO, Rome.
- Castellanos P., R. Varela, and F. Muller-Karger. 2002. Descripción de las áreas de surgencia al sur del Mar Caribe examinadas con el censor infrarrojo

- AVHRR. Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle, 154: 55-76.
- Castro J., C.M. Woodley, and R.L. Brudek. 1999. A preliminary evaluation of the status of shark species. FAO Fisheries Technical Report Papers No. 380. FAO, Rome.
- Cervigón F. and A. Alcalá. 1999. Los peces Marinos de Venezuela: Tiburones y Rayas. Fundación Museo del Mar, Nueva Esparta, Venezuela.
- Compagno L.J.V. 1984. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. FAO Fishery Synopsis 125. FAO, Rome. Italy.
- Cortés E. 2002. Catches and catch rates of pelagic sharks for the northwestern Atlantic, Gulf of Mexico and Caribbean. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap., 54: 1164-1181.
- Cortés E., C.A. Brown, and L.R. Beerkircher. 2007. Relative abundance of pelagic sharks in the western North Atlantic Ocean, including the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. Gulf Caribb. Res., 19(2): 37-52.
- FAO. 1999. International plan of action for the conservation and management of sharks. International plan of action for the management of fishing capacity. FAO, Rome. Italy.
- Gonzalez L.W. and D. Gaertner. 1992. Análisis preliminar de las campañas de pesca exploratoria del pez espada en la ZEE de Venezuela. ICCAT, Coll. Vol. Sci. Pap., 39(2): 643-655.
- Hazin F.H.V., C.E. Boeckman, E.C. Leal, R.P.T. Lessa, K. Kihara, and K. Otsuka. 1994. Distribution and relative abundance of the blue shark, *Prionace glauca*, in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. Fish. Bull., 92: 474-480.
- Hazin F.H.V., F.M. Lucena, T.S.A.L. Souza, C.E. Boeckman, M.K. Broadhurst, and R.C. Menni. 2000. Maturation of the night shark, *Carcharhinus signatus*, in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. Bull. Mar. Sci., 66: 173-185.
- Hutchings J.A. and J.K. Baum. 2005. Measuring marine fish diversity: temporal changes in abundance, life history and demography. Philos. Trans. Roy. Soc., 360: 315-338.
- Jennings S. and M.J. Kaiser 1998. The effects of fishing on marine ecosystems. Adv. Marine Biol., 34: 201-235.
- Manly B.F.J. 1997. Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology. Chapman and Hall, London. UK.
- Marcano L., F. Arocha, J. Alió, J. Marcano and A. Larez. 2004. Actividades desarrolladas en el programa de investigación intensiva sobre marlines en Venezuela, periodo 2001-2003. ICCAT, Col. Vol. Sci. Pap., 56: 230-242.
- Marín Y.H., F. Brum, L.C. Barea, and J.F. Chocca. 1998. Incidental catch associated with swordfish longline fisheries in the south-west Atlantic Ocean. Mar. Freshw. Res., 49: 633-639.
- Megalofonou P., D. Damalas, and C. Yannopoulos. 2005. Composition and abundance of pelagic shark by-catch in the eastern Mediterranean Sea. Cybium, 29: 135-140.
- Mollet H.F., G. Cliff, L. Harold, and J.D. Stevens. 2000. Reproductive biology of the female shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* Ranisquie, 1810, with comments on the embryonic development of lamnoids. Fish. Bull., 98: 299-318.
- Muller-Karger F. and R.J. Varela. 1990. Influjo del Río Orinoco en el Mar Caribe: Observaciones con el CZCS desde el espacio. Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle, 50: 361-390.
- Myers R.A. and B. Worm. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. Nature, 423: 280-283.
- Petitgas P. 1996. Geostatistics and their applications to fisheries survey data. In Megrey B.A. and E. Moksness (Eds.). Computers in Fisheries Research. Chapman and Hall, London, UK. pp. 114-142.
- Pratt H.L. 1979. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. Fish. Bull., 77: 445-469.
- Simpfendorfer C.A., R.E. Hueter, U. Bergman, and S.M.H. Connett. 2002. Results of a fishery independent survey for pelagic sharks in the

- western North Atlantic, 1977-1994. *Fish. Res.*, 55: 175-192.
- Stevens J.D., R. Bonfil, N.K. Dulvy, and P.A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, and chimaeras (Chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *J. Mar. Sci.*, 57: 476-494.
- Tavares R. 1997. Alimentación de *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes, 1839) (Pisces: Carcharhinidae) y datos sobre la dieta de otras especies de tiburones presentes en el Parque Nacional Archipiélago Los Roques. Tesis Licenciatura. Universidad de Lisboa, Portugal.
- Tavares R. 2005. Abundance and distribution of sharks in Los Roques Archipelago National Park and other Venezuelan oceanic islands, 1997-1998. *Cienc. Mar.*, 31: 441-454.
- Wetherbee B.M. and E. Cortes. 2004. Food consumption and feeding habits. In Carrier, J.C., J.A. Musick and M.R. Heithaus (Eds). *Biology of Sharks and their Relatives*. CRC Press, New York, USA. pp. 225-246.
- Worm B., H.K. Lotze, and R.M. Myers. 2003. Predator diversity hotspots in the blue ocean. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 100: 9884-9888.
- Yegres H., J.J. Alió, L. Marcano, and J. Marcano. 1996. Análisis preliminar de la pesquería y biología de tiburones en Venezuela. ICAAT, Col. Vol. *Sci. Pap.*, 45(3): 309-315

Prevalencia de *Staphylococcus aureus*, *Vibrio* spp. y enterobacterias en carne de pepitona, *Arca zebra*, comercializada en Cumaná, Venezuela

Daniel Muñoz^{1*}, Crucita Graü de Marín², Carlos Martínez¹, Hilda Marval² y Aracelis Zerpa²

¹ Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre. Cumaná, Sucre. Venezuela.
*Correo electrónico: d_josem77@hotmail.com

² Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro de Investigaciones Agrícolas de los estados Sucre/Nueva Esparta. Laboratorio de Microbiología de Alimentos. Cumaná, Sucre. Venezuela.

RESUMEN

La pepitona, *Arca zebra*, (Mollusca: Bivalvia: Arcidae) es un producto de consumo masivo en el oriente de Venezuela. Se recolectaron mensualmente (marzo a septiembre 2004), muestras de pepitonas provenientes de expendios del Mercado Municipal de Cumaná, con el fin de determinar su condición higiénico-sanitaria. Se efectuaron recuentos en placa de *Staphylococcus aureus*, enterobacterias y detección de *Vibrio* spp. La identificación se realizó utilizando pruebas bioquímicas diferenciales basadas en la actividad metabólica de cada cepa aislada. Los análisis revelaron contaminación por *S. aureus* y enterobacterias en las muestras de carne de pepitonas, con valores promedio de $1,8 \times 10^2$ a $6,4 \times 10^3$ y $2,5 \times 10^2$ a $5,4 \times 10^3$ UFC/g, respectivamente. Se aislaron 61 cepas de *S. aureus*, de las cuales 37,7% resultaron ser positivas a la prueba de coagulasa y 42,6% a la DNAsa. Se identificaron diez especies pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, siendo la predominante *Escherichia coli* con 25% de prevalencia. También fueron identificadas las siguientes especies de *Vibrio*: *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. metchnikovii*, *V. fluvialis* y *V. mimicus*. Se demostró la presencia de patógenos en carne de pepitona libremente expendida en el Mercado Municipal de Cumaná.

Palabras clave: *Arca zebra*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio* spp., enterobacterias

Prevalence of *Staphylococcus aureus*, *Vibrio* spp., and enterobacteria in pepitona, *Arca zebra*, commercialized in Cumaná, Venezuela

ABSTRACT

Pepitona or turkey wing, *Arca zebra* (Mollusca: Bivalvia: Arcidae), is a product of massive consumption in eastern Venezuela. Monthly samples (march to september 2004) of pepitona meat were taken from vending places in the Cumana Municipal Market, in order to determine their hygienic conditions. Plate cultures of *Staphylococcus aureus* and enterobacteriae, and detection of *Vibrio* spp. were made. The identification was made using differential biochemical tests based upon the metabolic activity of each isolated strain. The analyses showed a high degree of contamination by *S. aureus* and enterobacteria in samples of pepitona meat, with average values 1.8×10^2 to 6.4×10^3 , and 2.5×10^2 to 5.4×10^3 CFU/g, respectively. A total number of 61 strains of *S. aureus* were isolated, of which 39.1% yielded positive to the coagulase test and 41.7% to the DNase test. Ten species of the family Enterobacteriaceae were identified, being *Escherichia coli* the most predominant with 25% prevalence. The following *Vibrio* species were identified: *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. metchnikovii*, *V. fluvialis* and *V. mimicus*. The presence of pathogens in pepitona meat freely sold to the public in the Municipal Market of Cumaná was demonstrated.

Keywords: *Arca zebra*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio* spp., enterobacteria.

INTRODUCCIÓN

La pepitona, *Arca zebra* (Mollusca: Bivalvia: Arcidae), es un molusco bivalvo que habita en el fondo marino adherida a sustratos areno-rocosos. Los principales bancos naturales de este recurso se encuentran en la región nororiental de Venezuela (estados Nueva Esparta y Sucre). El banco más importante en producción es el de Coche-Chacopata (ubicado al norte de la Península de Araya) y aporta alrededor del 95% de la producción total de pepitonas del país. Asimismo, forma parte de un complejo de bancos naturales de pepitonas considerado como uno de los más productivos a nivel mundial (Jiménez, 1986; Lodeiros *et al.*, 1999).

La explotación de la pepitona se lleva a cabo con un sistema de pesca extractiva que consiste en el barrido del fondo mediante una rastra manipulada desde botes con motores fuera de borda. El producto de la pesca es trasladado en sacos de yute a las “sancochadoras” donde son sometidas a cocción en agua durante 20 min. Una vez terminado este proceso, las pepitonas son distribuidas a las distintas familias de la zona quienes se encargan de desconcharlas. Esta operación se realiza sin ningún control higiénico sanitario, lo que sugiere que las pepitonas sufren un proceso de reinfección y proliferación de microorganismos desde que son extraídas de los bancos naturales hasta llegar a las diferentes empresas que procesan y a los centros de venta del país. La pepitona suele consumirse en forma fresca y son expandidas en mercados municipales y en sitios a la orilla de las playas. Existen muchos puntos críticos en la comercialización en fresco y parcialmente cocidas, vendida en estos lugares.

Estudios realizados confirman la existencia de una gran variedad de patógenos bacterianos involucrados en toxiinfecciones alimentarias asociadas al consumo de mariscos, de los cuales 4% de los brotes se vinculan a patógenos asociados a la contaminación fecal y 20% de las afecciones a una flora endógena que incluye miembros de la familia Vibrionaceae, la cual comprende los géneros *Vibrio*, *Aeromonas* y *Plesiomonas* (Leyva *et al.*, 1996).

Las bacterias del género *Vibrio* se caracterizan por ser miembros autóctonos de la biota bacteriana de los mares y estuarios, constituyendo desde 0,1 al 60% del total de las bacterias heterotróficas. Muchas especies de este género son patógenas al hombre, llegan a causar diarreas, infecciones en la piel y

septicemias generalizadas graves (Graü *et al.*, 2004; Fontáñez, 2005). También están involucrados en afecciones de organismos marinos y se asocian al deterioro de las aguas (Figuroa y Fernández, 1999). La patogenicidad relativa de cada especie difiere considerablemente, siendo moderada para el caso de *V. parahaemolyticus*, mientras que para *V. cholerae* y *V. vulnificus* es extremadamente elevada (Blake *et al.*, 1980).

Por otro lado, la manipulación de los alimentos es una de las vías más expeditas para que estos se contaminen, especialmente aquellos que se consumen crudos o parcialmente cocidos y se mantienen a temperatura ambiente. Cualquier alimento que requiera manipulación en su preparación se puede contaminar fácilmente con heridas infectadas y secreciones nasales o respiratorias de individuos enfermos (Villalobos y Eleguezábal, 2001; Carbajal-Mendoza *et al.*, 2003).

Staphylococcus aureus es un componente normal de la microflora humana autóctona y es transportado en forma asintomática en varias partes del cuerpo. Su transmisión desde estos sitios provoca enfermedad endémica y epidémica. Koneman *et al.* (1999) señalan que los determinantes de la patogenicidad están relacionados con la producción de enzimas extracelulares (coagulasas, lipasas, hialuronidasas, estafiloquinasas), toxinas citolíticas y enterotoxinas. La ubicuidad de los estafilococos en los humanos, ambiente y animales hace necesario que se tomen medidas sanitarias en las operaciones de procesamiento y manipulación del alimento, así como un estricto control de las medidas de prevención para evitar el crecimiento bacteriano y la consiguiente producción de toxinas.

El estado Sucre basa su economía principalmente en la actividad pesquera, por lo que la comercialización de estos productos se puede hacer de manera industrial y de manera artesanal. Es en esta última, donde el expendio de mariscos representa un ingreso adicional al pescador, ya que son consumidos en grandes cantidades tanto por la población local como foránea, pero lamentablemente no se lleva ningún control higiénico sanitario, por lo que los consumidores se ven expuestos a sufrir enfermedades toxiinfecciosas.

Por tal razón, se hizo necesario realizar un estudio donde se lograra poner en evidencia la presencia de patógenos, tanto de origen marino como de aquellos

que pudiesen contaminar el producto durante su tratamiento poscosecha, en el bivalvo *Arca zebra* proveniente de expendios del Mercado Municipal de Cumaná, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección y preparación de la muestra

Las muestras de carne de pepitonas se recolectaron tres veces al mes en diferentes sitios de expendio del Mercado Municipal de Cumaná, de marzo a septiembre de 2004, tal como se venden al público. Las muestras fueron colocadas en bolsas plásticas de cierre hermético y transportadas en una cava de poliestireno con hielo. El tratamiento de las muestras se realizó de acuerdo a las recomendaciones de la norma Covenin 1126-89 (Covenin, 1989).

Detección y recuento de *S. aureus*

Se estableció el recuento en placa y detección de este microorganismo de acuerdo a la norma Covenin 1292-89 (Covenin, 1989), utilizando agar Baird Parker (E. Merck) con adición de yema de huevo y telurito de potasio al 1% como indicador. Las colonias una vez aisladas en agar Infusión Cerebro Corazón (BHI, Merck) fueron identificadas presuntivamente en base a la tinción de Gram. La identificación bioquímica completa fue realizada con las pruebas de coagulasa con plasma de conejo liofilizado, catalasa, utilización anaeróbica del manitol y la glucosa, tolerancia a 10% de NaCl y producción de la nucleasa termoestable (Mac Faddin, 1980). Los resultados fueron expresados en Unidades Formadoras de Colonias por gramo de muestra (UFC/g).

Recuento e identificación de enterobacterias

Se determinó utilizando agar Cristal Violeta Rojo Neutro Bilis y Dextrosa (VRBGL) para el conteo en placas según la norma Covenin 1086 (Covenin, 1984). Se contaron las colonias púrpuras, rodeadas por una zona también púrpura. Los resultados fueron expresados en UFC/g. Las colonias desarrolladas fueron aisladas en caldo Infusión Cerebro Corazón (BHI, Merck) y se repicaron en agar Nutritivo (Merck). Para la identificación bioquímica se realizaron las siguientes pruebas: siembra en agar Tres Azúcares y Hierro (TSI), descarboxilación y desaminación de aminoácidos (lisina, ornitina y arginina), ureasa, citrato, Rojo Metilo-Voges Proskauer, malonato,

fermentación de carbohidratos (glucosa, manitol y arabinosa), producción de indol, hidrólisis de la gelatina, oxidasa y motilidad (Mac Faddin, 1980).

Detección, aislamiento e identificación de especies de *Vibrio*

En la detección de las especies de *Vibrio* presentes se siguieron las pautas señaladas por la Food and Drug Administration (Kaysner y De Paola, 1998). Se preparó un homogeneizado con 25 g del molusco en 225 mL de agua peptonada alcalina (pH 8,5) con 3% NaCl, dejándose incubar durante 6 a 7 h a 37°C. La técnica de siembra se realizó por agotamiento en placas de Petri con agar TCBS (Tiosulfato Citrato Sales Biliares Sacarosa, Merck). Las placas fueron incubadas a 37°C durante 24 a 48 h. Las colonias desarrolladas se aislaron en agar Trypticase Soya (Merck) con NaCl al 1,5%. Una vez realizada la tinción de Gram, se les realizó las siguientes pruebas bioquímicas: oxidasa, crecimiento en agar TSI, hidrólisis de la gelatina, ureasa, Voges-Proskauer, reducción de nitratos a nitritos, halotolerancia (0, 3, 6, 8 y 10% de NaCl), descarboxilación de la lisina, arginina y ornitina, fermentación de carbohidratos (glucosa, manitol y arabinosa), motilidad y crecimiento a 42°C. Adicionalmente, se complementaron estas pruebas con el test de susceptibilidad al vibriostato O/129 (discos de 10 y 150 mg). La patogenicidad de las cepas de *V. parahaemolyticus* asociada con la habilidad de producir una hemolisina directa termoestable (Hemolisina Kanagawa, TDH) fue confirmada en agar Wagatsuma preparado con eritrocitos humanos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la cuantificación de *S. aureus* en las muestras analizadas se muestran en el Cuadro 1. Se observaron valores relativamente elevados para este microorganismo, oscilando entre $1,8 \times 10^2$ a $6,4 \times 10^3$ UFC/g. El 42,9% de las muestras sobrepasó el máximo permitido por la legislación sanitaria de Venezuela (MSAS, 1996; Covenin, 1998) para este tipo de alimento (1×10^3 UFC/g). Es posible que la alta densidad de *S. aureus* obtenida en las muestras se deba a las condiciones de manipulación, conservación inadecuada del producto durante el expendio, características de los medios empleados para su transporte y estructura de los locales donde se manipulan las pepitonas, lo cual incide en la exacerbación de la microflora presente. Se adiciona,

Cuadro 1. Valores promedios del recuento de *Staphylococcus aureus* y enterobacterias en muestras de carne de pepitonas expandidas en el Mercado Municipal de Cumaná.

Mes	Recuento	
	<i>S. aureus</i>	Enterobacterias
	----- UFC/g -----	
Marzo	2,1x10 ³	3,2x10 ²
Abril	1,8x10 ²	1,6x10 ³
Mayo	1,5x10 ³	3,2x10 ³
Junio	1,5x10 ²	5,4x10 ⁴
Julio	6,4x10 ³	2,6x10 ³
Agosto	2,4x10 ²	2,5x10 ²
Septiembre	2,1x10 ³	3,2x10 ²

además, una carga microbiana por el uso de aguas, utensilios y manejo en condiciones poco higiénicas, factores que deberían ser vigilados y controlados a lo largo del proceso de obtención y manipulación del alimento.

S. aureus se encuentra comúnmente en el vestíbulo nasal anterior y garganta y de esta manera pasa a las manos. Al respecto, Torres y Fernández (1998) y Carbajal-Mendoza *et al.* (2003) señalan que cualquier alimento que requiera una manipulación en su preparación puede fácilmente ser contaminado por este microorganismo. A pesar que *S. aureus* es normalmente indicador de contaminación por manipulación deficiente en los alimentos, se puede encontrar con facilidad en el medio marino, ya que soporta altas concentraciones de sal, por lo que su aislamiento en este caso nos puede indicar la calidad de las aguas donde se cosechan los bivalvos, sin menospreciar el efecto del manejo poscosecha (Carrillo *et al.*, 1988; Villalobos y Elguezábal, 2001).

La importancia de la detección de este coco Gram-positivo radica en la propiedad que tienen algunas cepas de producir enterotoxinas. Esta propiedad se relaciona con la presencia de ciertas enzimas como la DNAsa y la coagulasa. Para estudiar la posible producción de estas enterotoxinas, por parte de las cepas aisladas, se investigó la presencia de estas enzimas. Se aislaron 61 cepas a partir del agar Baird Parker, presentando todas el aspecto típico de las colonias de *S. aureus* en este medio. Del total de cepas aisladas, 26 (42,6%) fueron DNAsa positivas, la coagulasa fue positiva en 23 (37,7%) de las 26 DNAsa positivas, formando coágulos tipo 2+ y 3+, según

la tipificación de Sperber y Tatini (1975). De todos modos, no se puede asegurar con toda confiabilidad que se trate de cepas enterotoxigénicas, pero existe una alta posibilidad. Betancourt *et al.* (2005) señalan que la propiedad de coagular el plasma descalcificado se conoce como una reacción coagulasa positiva y es típica de algunas cepas de *S. aureus*, debido a la producción de una enzima denominada coagulasa libre (estafilicoagulasa). La mayoría del resto de las especies del género no tienen la capacidad de producirla y son conocidas como coagulasa negativas, por lo que usualmente no son patógenas. Esta especie está asociada a una gastroenteritis que se manifiesta clínicamente por un cuadro caracterizado por náuseas, dolores de cabeza, dolores abdominales, vómitos, a menudo acompañado de diarrea.

El recuento de Enterobacterias, al igual que *S. aureus*, también fue relativamente alto, oscilando los valores entre $2,5 \times 10^2$ y $5,4 \times 10^4$ UFC/g (Cuadro 1). La Comunidad Económica Europea ha establecido para estos tipos de alimentos, frescos, refrigerados, salpessos, congelados y cocidos un valor de hasta $1,0 \times 10^3$ UFC/g (CEE, 1991). En nuestro estudio, 57,14% de las muestras estuvo por encima de este valor. Mossel y Moreno (1985) establecieron los aspectos prácticos de este tipo de examen cuando se aplica de manera paralela a otros procedimientos similares, en especial a la detección de organismos coliformes que fermenten débilmente la lactosa. Este tipo de prueba detecta la presencia de géneros que son habituales en la flora intestinal, tal como los encontrados en este tipo de estudio. En total, se aislaron 119 cepas a partir del agar VRBGL, distribuidos en 10 especies. En la Figura 1 se muestra la prevalencia de los distintos

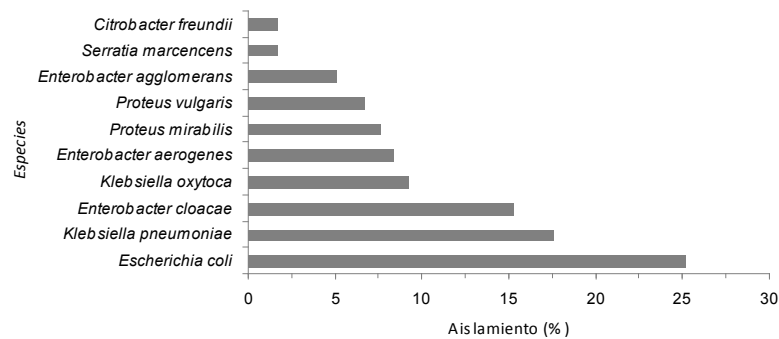


Figura 1. Prevalencia de las distintas especies bacterianas pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae presentes en carne de pepitona *Arca zebra*, comercializado en el Mercado Municipal de Cumaná.

géneros y especies identificados. La proporción elevada de enterobacterias está indicando una posible contaminación de las pepitonas, la cual aumenta considerablemente con el desbullado y el manipuleo por parte de los expendedores que hacen posible la introducción y proliferación de patógenos, aunado al almacenamiento a temperaturas inadecuadas que permiten el crecimiento microbiano.

Cabe destacar que la especie bacteriana encontrada con mayor frecuencia fue *E. coli*, microorganismo que tiene un significado especial desde el punto de vista sanitario, ya que su recuperación a partir de alimentos implica que otros microorganismos de origen fecal, incluyendo patógenos, puedan estar presentes. Actualmente se reconoce la existencia de especies patógenas que causan diferentes síntomas diarreicos. Las cepas de *E. coli* productoras de diarrea, que han sido asociadas con enfermedades transmitidas por alimentos, han sido clasificadas en cinco categorías: enterotoxigénica, enteroinvasiva, enteroagregativa, enterohemorrágica y enteropatógena (Koneman *et al.*, 1999). Trabajos publicados por Villalobos y Elguezabal (2001) y Martínez y Villalobos (2005), demuestran la presencia de *E. coli* enteropatógena en moluscos bivalvos que son consumidos en Cumaná.

Otros géneros de enterobacterias como *Enterobacter agglomerans*, *Serratia marcescens* y *Citrobacter freundii* fueron aislados con poca frecuencia durante los diferentes muestreos y probablemente se encuentren en bajo número; sin embargo, su presencia debe servir de advertencia,

puesto que su número puede estar asociado con la incidencia de infección en la población.

En lo que respecta a las siembras realizadas en agar TCBS, se aislaron diversas cepas bacterianas pertenecientes al género *Vibrio*. Las especies identificadas fueron *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. metschnikovii*, *V. fluvialis* y *V. mimicus* (Cuadro 2). Es importante señalar que muchos de los aislamientos obtenidos no correspondían al género *Vibrio*, lo cual también fue observado por Carrillo *et al.* (1988) y Arévalo *et al.* (2003) quienes señalan que el medio empleado (TCBS) no resultó todo lo selectivo que era de esperar, ya que en el pueden crecer microorganismos pertenecientes a los géneros *Aeromonas*, *Plesiomonas* y algunas enterobacterias, y estos fueron los que se obtuvieron en algunos casos. Colwell y Huq (1984), Borroto (1997) y Jorquera *et al.* (2001) mencionan que los vibrios se encuentran en el medio ambiente marino asociados a la distribución de animales invertebrados donde toman formas que no los hacen fácilmente viables en medios de cultivos y de ahí su dificultad de aislamiento.

La tolerancia a la sal (NaCl) permitió en forma definitiva la diferenciación entre las distintas especies aisladas, evidenciándose el carácter de halófila extrema de *V. alginolyticus*, capaz de crecer a la concentración de 10% de NaCl en el medio utilizado. Janda *et al.* (1988) reporta a *V. alginolyticus* como agente causal de infecciones gastrointestinales en el hombre y ocasionalmente extraintestinales. Posee escasa virulencia y se asocia con frecuencia a otros

Cuadro 2. Especies bacterianas pertenecientes al género *Vibrio* aisladas de muestras de carne pepitonas expandidas en el Mercado Municipal de Cumaná.

Especies bacterianas	Cepas	Frecuencia
	Número	%
<i>V. alginolyticus</i>	5	41,6
<i>V. parahaemolyticus</i>	4	33,3
<i>V. metschnikovii</i>	1	8,3
<i>V. fluvialis</i>	1	8,3
<i>V. mimicus</i>	1	8,3
Total	12	100

patógenos, su poder invasivo es bajo y las infecciones que origina suelen ser benignas y autolimitadas.

V. parahaemolyticus ha sido una de las especies que más se ha considerado como agente causal de gastroenteritis asociadas al consumo de mariscos. Si bien su distribución es universal, algunos autores señalan que este vibrio no se encuentra en aguas marítimas frías (De Paola *et al.*, 2000). La baja recuperación de la especie pudo haber estado influenciada por la composición de la microflora del bivalvo en el momento del análisis, como podría ser el caso de la predominancia de los vibrios sacarosa positivos en el agar TCBS, especialmente *V. alginolyticus*, el cual aparentemente compite muy bien en este medio con *V. parahaemolyticus*. Los mecanismos de patogenicidad que presenta *V. parahaemolyticus* aún son desconocidos, pero entre sus factores de virulencia se han identificado mecanismos de invasión con toxinas, enzimas de adherencia y la producción de una hemolisina termoestable directa que es codificada por el gen *tdh*, la cual es detectada casi exclusivamente en los aislados clínicos y raras veces es producida por aislados ambientales (Nishibuchi *et al.*, 1992; Arevalo *et al.*, 2003; Balakrish y Hormazabal, 2005). De todos los factores de virulencia que presenta *V. parahaemolyticus* la producción de *tdh* se considera el más importante. Varios investigadores (Miyamoto *et al.*, 1969; Nijkawa *et al.*, 1972; De Paola *et al.*, 2000) aislaron la *tdh* directamente de los filtrados de cultivos de cepas de *V. parahaemolyticus* capaces de producir hemólisis en agar Wagatsuma (un medio

de cultivo que contiene sangre fresca humana o de conejo). Investigaciones epidemiológicas revelaron una asociación entre el fenómeno de Kanagawa (una hemólisis tipo beta en el medio Wagatsuma, KP) y la capacidad del microorganismo para causar gastroenteritis. El fenómeno KP es inducido por la *tdh* que producen exclusivamente algunas cepas de *V. parahaemolyticus*. Dileep (2003), Heitmann *et al.* (2005) y Mancilla (2005) mencionan que una pequeña porción de las cepas ambientales de *V. parahaemolyticus* son virulentas y 1% de estas exhiben una hemólisis tipo β . Al respecto, esta capacidad de hemólisis no fue observada en los aislados *V. parahaemolyticus* en este estudio, concordando con trabajos previos (Grau *et al.*, 2004; Villalobos y Elguezábal, 2001).

La recuperación de *V. metschnikovii*, *V. fluvialis* y *V. mimicus* fue bastante baja en comparación con las descritas anteriormente, quizás debido a fenómenos de competencia con la flora contaminante o posiblemente se encuentren presentes en las muestras algunas cepas en estado viable no cultivable (VBNC). El estado VBNC es una respuesta de sobrevivencia de las bacterias asporógenas a cambios de factores externos como temperatura, humedad, salinidad y nutrientes. Es probable que al estudiar las interrelaciones ecológicas entre estas especies y los factores que los afectan, nos puede aportar información interesante de cómo estos vibrios, considerados como patógenos, pueden prevalecer en un momento dado. Al igual que *V. alginolyticus* y *V. parahaemolyticus*, se les debe reconocer la importancia en su detección tanto en las aguas como en los moluscos que se consumen en la

zona, para que así se puedan identificar y determinar su patogenicidad .

Stamsby (1986), Arias-Echandi y Antillón (2000) y Franco-Monsreal *et al.* (2003) señalan que en los productos marinos precocidos la flora bacteriana, que es en extremo sensible al calor, resulta destruida en elevada proporción, pudiendo en condiciones de higiene deficientes verse reemplazada por otra flora contaminante. Esta flora puede ser incluida en el alimento por la contaminación mecánica ocasionada por las moscas, la contaminación directa por microorganismos presentes en el aire y la constante manipulación del producto, lo cual propicia una contaminación cruzada de los alimentos marinos crudos a los cocidos. En este sentido, no hay razón justificable para encontrar bacilos termolábiles después que el alimento ha recibido un tratamiento térmico. Además, es importante señalar los efectos desfavorables de la congelación y descongelación del producto, ya que una gran parte o incluso la totalidad de las alteraciones microbiológicas de los alimentos tienen lugar durante esta fase.

La distribución porcentual por familias en el bivalvo en estudio mostró que la Familia predominante fue la Enterobacteriaceae con 59,5%, seguida por la Micrococaceae (*S. aureus*) con 30,5%, Vibrionaceae 6%, manteniéndose los géneros de otras ubicaciones taxonómicas, no consideradas para este estudio, con 4%.

CONCLUSIONES

- Los resultados del presente estudio revelan que a pesar de la existencia en Venezuela de normas que favorecen la producción de un alimento con características ideales, estas no llegan a cumplirse ya que la mayoría de nuestra producción es artesanal y los pescadores carecen del conocimiento y de los instrumentos para efectuar un trabajo más técnico. Sin embargo, es posible que se implementen planes educativos que les ayude a tomar conciencia del problema y de la necesidad de guardar normas higiénico-sanitarias básicas.
- Alto número de muestras (42,9%) analizadas para el recuento de *S. aureus* se mantuvieron fuera del límite máximo permitido ($1,0 \times 10^3$).
- Los resultados obtenidos han demostrado la presencia de las especies *Vibrio parahaemolyticus* y *V. alginolyticus*, considerados como patógenos, los cuales podrían significativamente contribuir en la aparición de brotes de gastroenteritis y otras afecciones entéricas, asociadas al consumo de moluscos bivalvos crudos o parcialmente cocidos.
- Las especies de la familia Enterobacteriaceae aisladas e identificadas están asociadas a diversos procesos infecciosos, por lo que su presencia debe alertar sobre posibles riesgos para la salud pública.

LITERATURA CITADA

- Arévalo Z., A. Clavijo, M. de Rolo, M. Álvarez, D. Conroy, D. Infante y J. Santander. 2003. Aislamiento de *Vibrio cholera* a partir de lisas y tilapias en Venezuela. Rev. Soc. Ven. Microbiol., 23: 127-130.
- Arias-Echandi M. y F. Antillón. 2000. Contaminación microbiológica de los alimentos en Costa Rica. Una revisión de 10 años. Rev. Biomed., 11: 113-122.
- Balakrish G. y J.C. Hormazabal. 2005. The *Vibrio parahaemolyticus* pandemic. Rev. Chil. Infectol., 22(2): 25-130.
- Betancourt O., D. Del Río Méndez, B. Santana, Y. Falcón, I. Casado-Hernández y C. Galdos. 2005. Plasma equino como sustituto del plasma humano en la identificación del *S. aureus* en los laboratorios de Microbiología. Rev. Cubana Invest. Biomed., 24(2): 112-120.
- Borroto R. J. 1997. Ecology of *Vibrio cholerae* serogroup 01 in aquatic environments. Rev. Panam. Salud Pública, 1(1): 3-8.
- Blake P., R. Weaver y D. Hollis. 1980. Disease of humans (other than cholera) caused by vibrios. Ann. Rev. Microb., 34: 341-367.
- Carrillo C., M. Sánchez-Manjavacas y M. González. 1988. Estudio comparado de la microflora contaminante presente en *Cerastoderma edule* L. en estado fresco y congelado. Bol. Inst. Esp. Oceanogr., 5(1): 119-134.

- CEE (Comunidad Económica Europea). 1991. Normas microbiológicas para productos frescos, salpseudados, refrigerados y congelados de la pesca y acuicultura. Directiva 91/20734/CEE, Comunidad Económica Europea, Madrid. España. pp. 27153-27155.
- Colwell R. y A. Huq. 1994. Vibrios in the environment: Viable but non-culturable *Vibrio cholerae*. En Kaye Wachsmuth I., P. Blake y O. Olsvik (Eds). *Vibrio cholerae* and Cholera: Molecular to Global Perspectives. American Society for Microbiology, Washington, EUA. pp. 117-133.
- Carbajal-Mendoza M., P. Rabelo, C. González y M. Ayala. 2003. Evaluación microbiológica de productos adquiridos en el mercado mayorista pesquero de Ventanilla-Perú. Rev. Cub. Salud Pública, 29(2): 121-123.
- Covenin. 1984. Alimentos. Métodos para recuentos de bacterias coliformes en placas de Petri. Norma 1086. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento, Caracas. Venezuela.
- Covenin. 1989. Alimentos. Codificación y preparación de muestras para el análisis microbiológico. Norma 1126. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento, Caracas. Venezuela.
- Covenin. 1989. Alimentos. Aislamiento y recuento de *Staphylococcus aureus*. Norma 1292. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela.
- Covenin. 1998. Alimentos. Principios generales para el establecimiento de criterios microbiológicos. Norma 409. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento, Caracas. Venezuela.
- De Paola A., C. Kaysner, J. Bowers y D. Cook. 2000. Environmental investigations of *Vibrio parahaemolyticus* in oysters after outbreaks in Washington, Texas, and New York (1997-1998). Appl. Environ. Microbiol., 66(11): 4649-4654.
- Dileep V., Y. Kumar, M. Nishibuchi y I. Karunasagar. 2003. Application of polymerase chain reaction for detection of *Vibrio parahaemolyticus* associated with tropical sea food and coastal environment. Lett. Appl. Microbiol., 36: 423-427.
- Figueroa Y. y E. Fernández. 1999. Presencia del género *Vibrio* en agua y sedimentos marinos de la Bahía de Mochima. Bol. Inst. Oceanogr. UDO, 38(1): 147-148.
- Fontáñez Y. 2005. Determinación del perfil microbiológico de la almeja (*Lucina pectinata* Gmelin, 1791), del ostión de mangle (*Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828) y las aguas de extracción de bivalvos en la zona suroeste de Puerto Rico. Tesis Maestría en Ciencias y Tecnología de Alimentos. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez. Puerto Rico.
- Franco-Monsreal J., J. Flores-Abuxapqui, G. Suárez-Hoil, M. Puc-Franco, M. Heredia-Navarrete y M. Vivas-Rosel. 2003. Prevalencias de las especies *Vibrio hollisae*, *Vibrio mimicus* y *Vibrio vulnificus* en alimentos marinos de origen animal de marisquerías de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo, México. Rev. Salud Pub. Nutr., 14(1): 9-16.
- Graü De Marín C., A. La Barbera, A. Zerpa, S. Silva y O. Gallardo. 2004. Aislamiento de *Vibrio* spp. y evaluación de la condición sanitaria de los moluscos bivalvos *Arca zebra* y *Perna perna* procedentes de la costa nororiental del estado Sucre, Venezuela. Rev. Cien. Fac. Cien. Vet. LUZ, 14(6): 513-521.
- Heitmann I., L. Jofré, C. Hormázabal, A. Olea, C. Vallebuona y C. Valdés. 2005. Revisión y recomendaciones para el manejo de diarrea por *Vibrio parahaemolyticus*. Rev. Chil. Infect., 22(2): 131-140.
- Janda J., C. Powers, R. Bryant y S. Abbott. 1988. Current perspectives on the epidemiology and pathogenesis of clinically significant *Vibrio* spp. Clin. Rev., 1: 245-267.
- Jiménez M.R. 1986. La pepitona (*Arca zebra*): Su explotación y aprovechamiento. Fonaiap Divulga, 21: 25-28.
- Jonquera M., F. Silva y C. Riquelme. 2001. Bacteria in the culture of the scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819). Aquacult. Int., 9: 285-303.

- Kaysner C. A. y De Paola A. 1998. *Vibrio cholera*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus* and other *Vibrio* spp. En FDA (Ed). Bacteriological Analytical Manual. Food and Drug Administration. 8^{va} ed, Washington, DC. pp. 1-27.
- Koneman E., S. Allen, V. Dawell, W. Janda, H. Sommers y W. Winn. 1999. Diagnóstico Microbiológico. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires, Argentina.
- Leyva C., A. Valdés, D. Cisnero y S. Pérez. 1996. Aislamiento de vibrios patógenos y valoración de la calidad sanitaria de ostiones frescos cosechados en Cuba. Rev. Cubana Aliment. Nutr., 10: 189-198.
- Lodeiros C., B. Marín y A. Prieto. 1999. Catálogo de moluscos marinos de las costas nororientales de Venezuela: Clase Bivalvia. Edición APUDONS. Cumana, Venezuela.
- Mac Faddin J. 1980. Pruebas Bioquímicas para la Identificación de Bacterias de Importancia Clínica. Editorial Panamericana. Buenos Aires, Argentina.
- Mancilla E. 2005. Intoxicación por *Vibrio parahaemolyticus*. Cuad. Med. Soc. Chile, 45: 43-47.
- Martínez N. R. y L. Villalobos. 2005. Ocurrencia de *Escherichia coli* enteropatógena en moluscos bivalvos en Cumaná, Venezuela. Rev. Cien. Fac. Cien. Vet. LUZ, 15(2): 163-167.
- MSAS (Ministerio de Sanidad y Asistencia Social). 1996. Buenas prácticas de fabricación, almacenamiento y transporte de alimentos para consumo humano. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36.081. Caracas, Venezuela.
- Miyamoto Y., Y. Obara, S. Akiyama, K. Takizawa y S. Yamai. 1969. *In vitro* hemolytic characteristic of *Vibrio parahaemolyticus*: its close correlation with human pathogenicity. J. Bacteriol., 100: 1147-1149.
- Mossel D. y G. Moreno. 1985. Microbiología de Alimentos. Ed. Acirbia- Zaragoza, España.
- Nijkawa T., Y. Obara, S. Yamai y Y. Miyamoto. 1972. Purification of a hemolysin from *Vibrio parahaemolyticus*. Jap. J. Med. Sci. Biol., 25: 197-200.
- Nishibuchi, M., A. Fasano, R. Rusell y J. Koper. 1992. Enterotoxigenicity of *Vibrio parahaemolyticus* with and without genes encoding thermostable direct hemolysin. Infect. Immun., 60: 3539-3545.
- Sperber W. y S. Tatini. 1975. Interpretation of the tube coagulase test for identification of *Staphylococcus aureus*. Appl. Microbiol., 29: 502-504.
- Stamsby M. 1986. Tecnología de la Industria Pesquera. Ed. Acirbia. Zaragoza, España.
- Torres A. y E. Fernández. 1998. Causas más frecuentes de problemas sanitarios en alimentos. Rev. Cubana Aliment. Nutr., 12 (1): 20-23.
- Villalobos L. y L. Elguezabal. 2001. Microbiological quality of the bivalve *Pinctada imbricata* commercialized in Cumaná, Venezuela. Acta Cient. Ven., 52(1): 55-61.

Caracterización genética de lotes de peces usados en programas de repoblamiento y su importancia en la conservación genética en la piscicultura

Nelson M. Lopera Barrero^{1*}, Ricardo Pereira Ribeiro¹, Jayme A. Povh², Patrícia C. Gomes¹, Lauro Vargas¹ y Sheila Nogueira de Oliveira¹

¹ Universidade Estadual de Maringá, Grupo de Pesquisa PeixeGen, Centro de Ciências Agrárias, Av. Colombo, 5790, Bloco J45, CEP 87020-900, Maringá, PR, Brasil. *Correo electrónico: nelson.peixegen@gmail.com.

² Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e Naturais. Rodovia Rondonópolis-Guiratinga, km 06. CEP 78735-910. Rondonópolis, MT. Brasil.

RESUMEN

En las últimas décadas se ha verificado la desaparición de varias especies de peces debido principalmente a impactos generados por acciones humanas. Programas de repoblamiento vienen siendo cada vez más usados como métodos de conservación de la ictiofauna. Sin embargo, sin una correcta orientación genética y reproductiva de los lotes utilizados en estos programas, poblaciones naturales de peces y el ecosistema pueden ser afectados. El objetivo del siguiente estudio fue determinar la variabilidad genética de seis lotes de peces usados en programas de repoblamiento, mediante el marcador molecular RAPD. Se analizaron 180 alevines de tres especies de peces (*Leporinus elongatus*, *Piaractus mesopotamicus* y *Prochilodus lineatus*) en tres estaciones piscícolas, ubicadas en las ciudades de Rolândia, Andirá y Palotina en el estado de Paraná, Brasil. Los valores de variabilidad genética estimados por el porcentaje de fragmentos polimórficos y por el índice de diversidad de Shannon mostraron una alta variabilidad genética entre los lotes de *L. elongatus* y *P. lineatus*, debido posiblemente al efecto fundador y al manejo reproductivo adoptado en cada piscícola. Se determinó que existió baja diferenciación genética entre los lotes de *P. mesopotamicus*. Los resultados de este estudio posibilitarán el correcto manejo reproductivo y genético de los lotes de cada piscícola y la orientación objetiva de programas de repoblamiento, permitiendo la conservación de la variabilidad genética, factor de gran importancia en ambientes en cautiverio.

Palabras clave: *Leporinus elongatus*, *Piaractus mesopotamicus*, *Prochilodus lineatus*, repoblamiento, variabilidad genética.

Genetic characterization of fish stocks used in stocking programs and their importance in the fish farm genetic conservation

ABSTRACT

In the last decades it has been verified the decrease and extinction of fish several species mainly to impacts generated by human actions. Stocking programs are being used as conservation methods of the ichthyofauna. However, without a correct genetic and reproductive orientation of the stocks used in these programs, natural fish populations and the ecosystem can be affected. The objective of the following study was to determine the genetic variability of six fish stocks used in stocking programs, by means of the RAPD molecular marker. There were analyzed 180 juveniles of three fish species (*Prochilodus lineatus*, *Piaractus mesopotamicus*, and *Leporinus elongatus*) from three fish farms, located in the Rolândia, Andirá, and Palotina cities in Paraná state, Brazil. The genetic variability values estimated by the percentage of polymorphic fragments and by the Shannon diversity index showed a high genetic variability between the *P. lineatus* and *L. elongatus* stocks, due possibly

to the founder effect and the reproductive management adopted in each fish farm. It was determined that low genetic differentiation existed among the *P. mesopotamicus* stocks. The results of this study facilitated the correct reproductive and genetic management of the stocks of each fish farm and the objective orientation of stocking programs, allowing the conservation of the genetic variability, factor of great importance in captivity environments.

Keywords: genetic variability, *Leporinus elongatus*, *Piaractus mesopotamicus*, *Prochilodus lineatus*, stocking.

INTRODUCCIÓN

La deforestación y su consecuente reducción de las fuentes de alimento, la construcción de hidroeléctricas y drenajes para el área agrícola (Hatanaka *et al.*, 2006), la degradación de la calidad del agua en función de la contaminación (Hori *et al.*, 2006), el ecoturismo mal planeado (Sabino y Andrade, 2003) y la falta de conocimiento taxonómico (Agostinho *et al.*, 2005) han llevado a la disminución y extinción de varias especies de peces en los últimos años.

Entre esas especies, *Leporinus elongatus*, *Piaractus mesopotamicus* y *Prochilodus lineatus*, peces migratorios nativos brasileños conocidos regionalmente como piapara, pacu y curimba (Furuya, 2001), vienen presentando una reducción progresiva de sus poblaciones naturales en consecuencia de las mudanzas ambientales generadas principalmente por acciones humanas.

De las diversas herramientas empleadas para reducir esos impactos sobre las poblaciones de peces, la practica de repoblamiento de los ríos viene tornándose cada vez más común (Hilsdorf *et al.*, 2006; Agostinho y Gomes, 2006). Sin embargo, sin un apoyo científico que permita su correcta orientación, estos programas pueden tornarse en una amenaza mayor para los ecosistemas y para las poblaciones naturales de peces (Agostinho *et al.*, 2005).

Los análisis genéticos de lotes de pisciculturas representan informaciones de gran importancia para conseguir resultados expresivos en la producción y en la conservación de peces (Lopera Barrero, 2007), ya que la pérdida de variabilidad genética en lotes de estaciones piscícolas debido al inadecuado manejo reproductivo (Frost *et al.*, 2006) o por deficiencias en el número efectivo de reproductores (Aho *et al.*, 2006) puede producir problemas de endogamia, adaptabilidad y supervivencia de progenies usadas en programas de repoblamiento (Povh *et al.*, 2008). Esos problemas pueden consecuentemente afectar

las poblaciones naturales de peces (Sønstebo *et al.*, 2007) y el ecosistema en general, pudiendo conducir la especie a la extinción (Agostinho *et al.*, 2005).

Por tanto, el objetivo de este estudio fue analizar la variabilidad genética de seis lotes de peces usados en programas de repoblamiento, mediante el marcador molecular RAPD. Los resultados permitirán orientar objetivamente estos programas realizados en ríos brasileños y así evitar la pérdida de variabilidad genética en los lotes de reproductores, en las progenies usadas en programas de repoblamiento y en las poblaciones naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico

Muestras de aleta caudal (30 de cada lote) fueron recolectadas en seis lotes de alevinos de piscícolas ubicadas en las ciudades de Rolândia (dos lotes de *L. elongatus* y uno de *P. mesopotamicus* y *P. lineatus*), Palotina (un lote de *P. mesopotamicus*) y Andirá (un lote de *P. lineatus*), en el estado del Paraná, Brasil, los cuales son usados en programas de repoblamiento de los ríos Paraná y Paranapanema (Figura 1).

Extracción de ADN

Para la extracción de ADN se utilizó la metodología descrita por Lopera-Barrero *et al.* (2008). En microtubos conteniendo las aletas, se adicionaron 550 μ L de tampón de lisis (50 mM Tris-HCl, 50 mM EDTA, 100 mM NaCl y 1% SDS) y 7 μ L de proteinasa K (200 μ g/mL). Se incubaron en baño-maría a 50°C por 12 h. El ADN se lavó con 600 μ L de solución de NaCl (5 M) y se centrifugó por 10 min a 12.000 rpm. El sobrenadante conteniendo el ADN se transfirió para nuevos micro-tubos, se precipitó con 700 μ L de alcohol etílico absoluto e se incubó por 1 h a -20°C. El ADN se centrifugó, se lavó con 700 μ L de alcohol etílico 70%, se suspendió en 80 μ L de tampón TE (10 mM Tris pH 8,0 y 1 mM EDTA) y se trató con

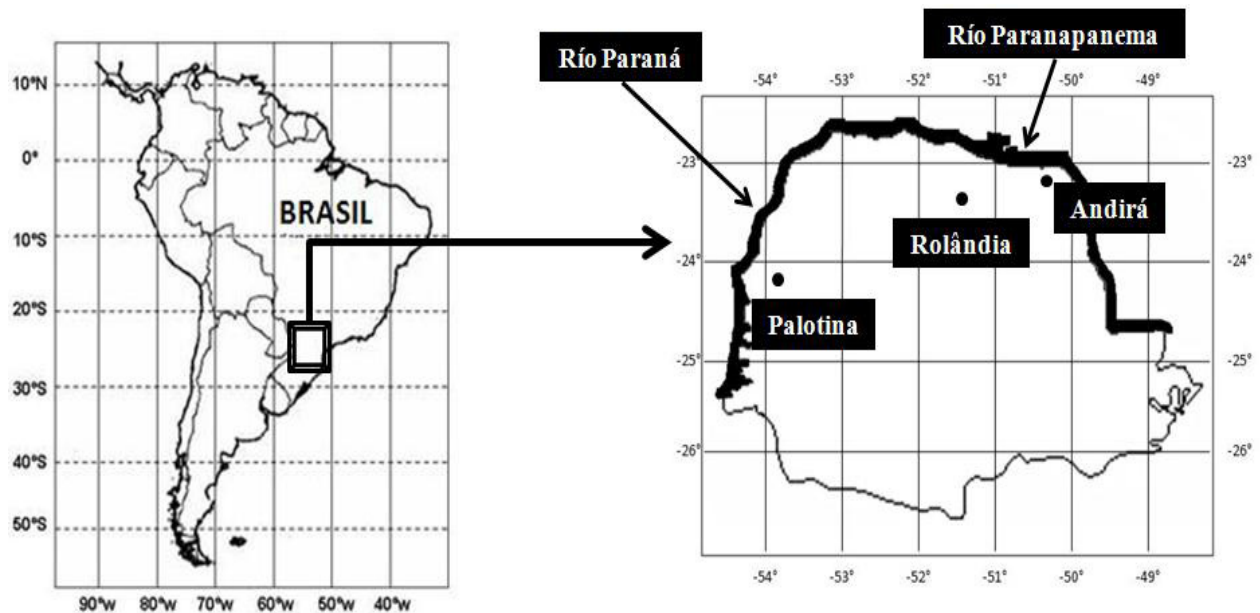


Figura 1. Ubicación de las piscícolas de las ciudades de Rolândia, Andirá y Palotina y de los ríos Paraná y Paranapanema (Paraná, Brasil).

7 μL de RNAsa (30 $\mu\text{g}/\text{mL}$) en baño-maría a 37°C por 1 h. Se guardó en el congelador a -20°C.

Cuantificación y amplificación del ADN

El ADN se cuantificó en espectrofotómetro Shimadzu (UV 1601, EE.UU.) con amplitud de onda de 260 nm. Las muestras se diluyeron para una concentración de 10 $\text{ng}/\mu\text{L}$. Para confirmar la calidad del ADN, se realizó una electroforesis en gel de agarosa 1%, conducida en tampón TBE 1X (500 mM Tris-HCl, 60 mM ácido bórico y 83 mM EDTA) por 1 h a 70 V.

Las condiciones de amplificación se basaron en los procedimientos descritos por Williams *et al.* (1990), con modificaciones. El ADN genómico se amplificó en un volumen de reacción de 15 μL , en el cual se utilizó tampón 1X Tris-KCl, 2,5 mM de MgCl_2 , 0,46 μM de iniciador, 0,2 mM de cada dNTP, una unidad de Platinun Taq ADN Polimerasa (Invitrogen®, EE.UU.) y 10 ng de ADN. El ADN se desnaturó a 94°C por 4 min y enseguida se realizaron 40 ciclos, cada uno consistiendo de 1 min de desnaturación a 94°C, 90 seg de anelamiento del iniciador a 40°C y 2 min para extensión a 72°C. Después se realizó una extensión final a 72°C por 5 min. Las reacciones de RAPD

se amplificaron en un termociclador (Eppendorf Mastercycler Gradient, EE.UU.).

Se evaluó la amplificación de 60 diferentes iniciadores de 10 bases de los kits OPA OPX y OPW (Operon Technologies Ltd., EE.UU.) siendo escogidos los que presentaron mejor definición y reproductibilidad. Los productos de amplificación se separaron en gel de agarosa 1,5%. Se utilizaron 15 μL del producto amplificado y 2 μL de tampón de muestra (40% sacarosa y 0,25% azul de bromofenol) en electroforesis horizontal. La electroforesis se condujo en tampón TBE 0,5X (45 mM Tris-Borato y 1 mM EDTA) por 4 h a 70 V. Los geles de cuantificación y amplificación se visualizaron sobre radiación UV, después de su exposición con bromuro de etidio (0,5 $\mu\text{g}/\text{mL}$) por 1 h. La imagen se fotografió utilizando el programa Kodak EDAS (Kodak 1D Image Analysis 3.5, EE.UU.).

Análisis estadístico

El tamaño de los fragmentos obtenidos con las amplificaciones se estimó por comparación con el padrón ladder 100 pb (Invitrogen®, EE.UU.). La presencia o ausencia de fragmentos de tamaños moleculares idénticos se usó para la construcción de una matriz con base en el cálculo del coeficiente de

similitud de Jaccard, codificando 1 como presencia de fragmento y 0 como su ausencia. La variabilidad genética se determinó por el porcentaje de fragmentos polimórficos y por el índice de diversidad genética de Shannon a través del programa PopGene 1.31 (Yeh *et al.*, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ocho iniciadores seleccionados OPA16 (5'-AGCCAGCGAA-3'), OPW01 (5'-CTCAGTGTC-3'), OPW02 (5'-ACCCCGCCAA-3'), OPW03 (5'-GTCCGGAGTG-3'), OPW08 (5'-GACTGCCTCT-3'), OPW19 (5'-CAAAGCGCTC-3'), OPX01 (5'-CTGGGCACGA-3') y OPX03 (5'-TGCGCAGTG-3') produjeron un total de 70 fragmentos, con tamaños entre 200 a 1200 pb.

La variabilidad genética, estimada por el valor de fragmentos polimórficos (FP) y por el índice de diversidad genética de Shannon (IS), fue alta entre los lotes de *L. elongatus* y de *P. lineatus*. Por otro lado, fue encontrada baja diferenciación genética entre los lotes de *P. mesopotamicus* de las ciudades de Rolândia y Palotina (Figura 2 y 3).

Según Moreira *et al.* (2007), una pérdida de variabilidad genética en la piscicultura siempre es esperada cuando existe un mal manejo reproductivo debido al cruzamiento de individuos emparentados, lo que consecuentemente aumenta el coeficiente de endogamia (Kang *et al.*, 2006) y reducirá el número efectivo de reproductores (Frost *et al.*, 2006). Esta situación es bastante común en piscícolas, ya que el método más ampliamente usado en la formación de nuevos lotes es la selección de individuos con características visuales favorables (de mayor tamaño y con mejores condiciones reproductivas), involucrando de esa forma el efecto boca de botella (bottleneck effect) donde debido a esa selección intencional pueden presentarse problemas de endogamia por el alto relacionamiento genético entre los individuos, ocasionando pérdida de la variabilidad genética en los reproductores (Aho *et al.*, 2006) y en sus progenies.

En nuestros resultados observamos que este efecto no influenció los lotes de *L. elongatus* a pesar de pertenecer a la misma piscícola, siendo encontrados altos valores de variabilidad genética entre ellos (%FP = 86,96 y 76,74; IS = 0,444 y 0,425). Esto demuestra que hubo un buen manejo reproductivo, donde la formación de lotes con suficiente variabilidad genética

(efecto fundador), la introducción de reproductores genéticamente divergentes y de diferentes orígenes (Freitas y Galetti Jr, 2005) y la utilización de sistemas reproductivos y de cruzamientos eficientes (Lopera Barrero, 2007; Povh, 2007) posiblemente permitió mantener el pool genético de lotes mantenidos en ambientes controlados y así poder usarlos correctamente con fines de repoblamiento.

Igualmente, al analizar los lotes de *P. lineatus* de las piscícolas de las ciudades de Rolândia y Andirá se observó que hubo una alta diferenciación genética entre ellos (%FP=85,71 y 80; IS=0,498 y 0,448). Este resultado puede ser atribuido al efecto fundador, ya que las piscícolas fueron formadas a partir de poblaciones naturales de peces recolectadas en el río Paraná y Paranapanema, respectivamente, existiendo una diferenciación geográfica y de manejo. Gomes (2007) al analizar tres lotes de *L. elongatus* usados en programas de repoblamiento, encontró igualmente una alta variabilidad genética entre ellos debida principalmente al efecto fundador y al eficiente manejo reproductivo de los lotes.

Por otro lado, al analizar los lotes de *P. mesopotamicus* de las piscícolas de Rolândia y Palotina no fue verificada una alta variabilidad genética entre ellos (%FP=76,12 y 75; IS=0,438 y 0,425). Caso contrario al observado en los lotes de *P. lineatus*, los lotes de *P. mesopotamicus* fueron formados a partir de poblaciones naturales de peces recolectados en diferentes localidades del río Paraná, siendo posible que exista una similitud genética entre ellos por la existencia de flujo génico. Esta situación es común en poblaciones naturales, como fue verificado por Leuzzi *et al.* (2004), los cuales al analizar poblaciones de *Astyanax altiparanae* de dos reservorios del río Paranapanema encontraron que hubo flujo génico entre poblaciones separadas geográficamente. Entre tanto, no es posible hacer inferencias al respecto de la validez de esta teoría ya que no hay registros sobre el lugar exacto donde los reproductores fueron capturados. Otra explicación a estos resultados puede ser la pérdida de variabilidad genética que para algunos autores es normalmente irreversible (Wasko *et al.*, 2004; Sekino *et al.*, 2004), lo que consecuentemente aumentó la similitud genética entre los individuos de los dos lotes.

Los resultados encontrados en este estudio son de gran importancia, ya que a partir de ellos el manejo

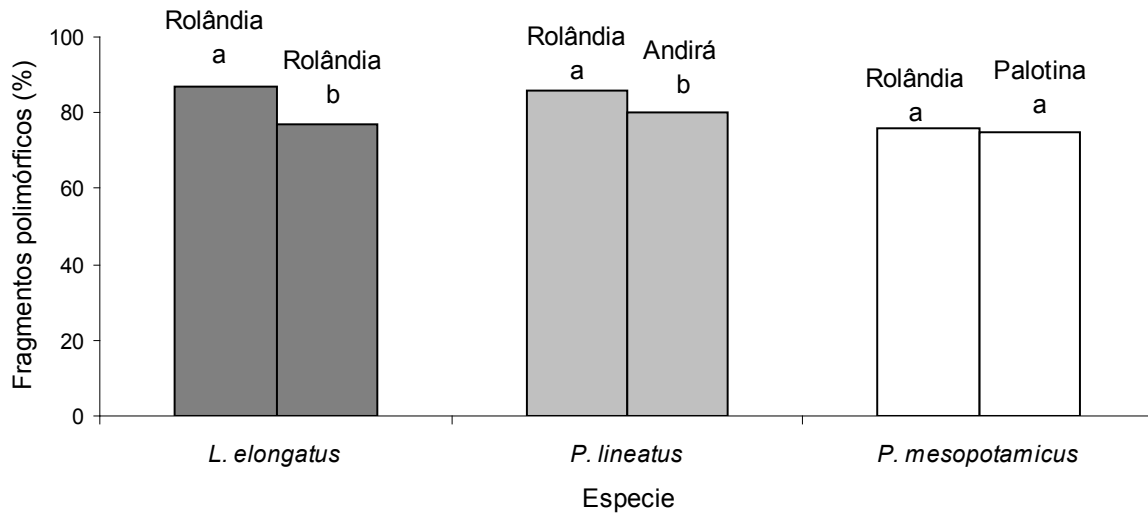


Figura 2. Fragmentos polimórficos obtenidos para los lotes de alevines de *L. elongatus* (Rolândia), *P. lineatus* (Rolândia y Andirá) y *P. mesopotamicus* (Rolândia y Palotina).

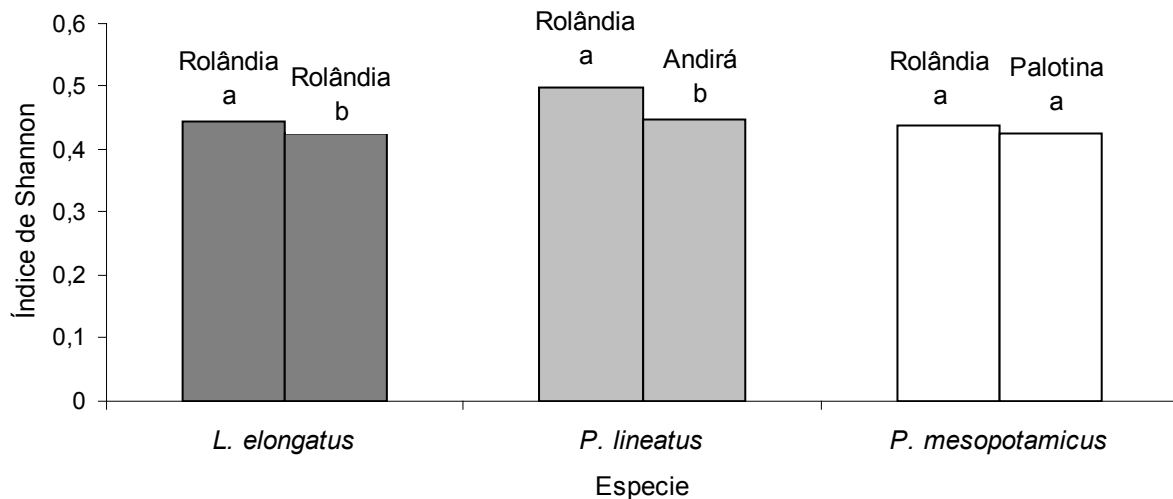


Figura 3. Índice de diversidad genética de Shannon obtenido para los lotes de alevines de *L. elongatus* (Rolândia), *P. lineatus* (Rolândia y Andirá) y *P. mesopotamicus* (Rolândia y Palotina).

reproductivo de esos lotes utilizados en programas de repoblamiento pueden ser orientados correctamente y con mayor objetividad. Las especies de importancia comercial y especialmente aquellas amenazadas de extinción como es el caso de las analizadas en este estudio, requieren un constante monitoreo genético de sus lotes mantenidos en las piscícolas y de sus poblaciones naturales. La disminución de la

variabilidad genética puede tornar un programa de repoblamiento ineficiente (baja supervivencia de los juveniles en el ambiente acuático) y proporcionar impactos genéticos irreversibles en las poblaciones nativas (Povh *et al.*, 2008) que pueden llegar a la extinción de especies. Según Sønstebø *et al.* (2007) y Melo *et al.* (2006), el cruzamiento de individuos genéticamente distintos a aquellos encontrados en

una población natural puede promover la pérdida de genes importantes de adaptabilidad al ambiente, que puede influenciar en la supervivencia de progenies en el ambiente natural.

A partir de estas evidencias y de los resultados de variabilidad genética, podemos sugerir que el manejo reproductivo, genético y de mejoramiento de los lotes de *P. mesopotamicus* de la región de Rolândia y Palotina deben ser realizados de manera homogénea, como unidades genéticamente iguales y no como lotes separados. Así mismo, para aumentar la variabilidad genética de esos lotes, es necesaria la introducción de nuevo material genético (reproductores), los cuales pueden ser capturados a partir de poblaciones naturales genéticamente diferentes de los ríos Paraná o Paranapanema o también con el intercambio de reproductores entre otras estaciones piscícolas, pudiendo contribuir con un pool genético que permita la preservación de la variabilidad genética. Es recomendable realizar esta introducción e intercambio de reproductores siempre basado en análisis genéticos, ya que puede ocurrir depresión exogámica cuando los individuos son muy diferentes. De esta forma, la correcta selección de los reproductores que serán usados en la formación del lote de una piscícola y el monitoreo genético de estos pueden ofrecer bases importantes para formular estrategias de manejo reproductivo (Sønstebø *et al.*, 2007), las cuales permitirán un intercambio de reproductores entre las estaciones piscícolas y de esa forma fragmentar ciclos de endogamia que son comunes en ambientes controlados (Moreira *et al.*, 2007) y que pueden definir la conservación de una especie y su futuro potencial biológico (Melo *et al.*, 2006). Por esta razón, la primera providencia a ser tomada en la implantación de una piscícola o de programas de repoblamiento, como es el caso para los lotes de *L. elongatus*, *P. lineatus* y *P. mesopotamicus* analizados en este estudio, es verificar la diversidad genética de ellos, de las progenies y de las poblaciones naturales en todos los periodos del año, evitando la pérdida de variabilidad genética y de adaptabilidad en los lotes y poblaciones naturales de peces y al mismo tiempo verificando la eficacia de este tipo de programa de conservación y sus posibles efectos adversos en la ictiofauna y en el ecosistema. Con ese objetivo, se recomienda la participación multidisciplinar junto con la participación de la sociedad, que permita

direccionar científicamente la conservación (Lopera-Barrero *et al.*, 2007).

De la misma forma, Sirol y Britto (2006) enfatizan también que la definición de cuales especies deben ser repobladas debe basarse en su importancia socio-cultural en el ambiente y principalmente en la capacidad de formar una población sustentable, que no afecte el ciclo de vida de otras especies y la biodiversidad presente en el ecosistema. Entre tanto, además del monitoreo de la variabilidad genética y de la estructura genética de todas las poblaciones de peces presentes en condiciones de cautiverio y en el ambiente natural, factores como la preservación de los bosques, la protección de los ríos, el control de la pesca y la participación de la sociedad y de las entidades publicas y privadas deben ser considerados para alcanzar la conservación del ecosistema y el éxito de los programas de repoblamiento (Lopera-Barrero *et al.*, 2007).

Con los resultados de este estudio fue posible obtener un perfil de los lotes de alevinos de estas piscícolas, su caracterización genética y la objetiva orientación genética y reproductiva que permitirá la correcta conservación de la variabilidad genética del *L. elongatus*, *P. lineatus* y *P. mesopotamicus*. Para eso, el marcador molecular RAPD se mostró eficaz y ofreció buenos resultados.

CONCLUSIONES

Los valores de variabilidad genética mostraron una alta variabilidad genética entre los lotes de *L. elongatus* y *P. lineatus*, debido posiblemente al efecto fundador y al manejo reproductivo adoptado en cada piscícola. Se determinó igualmente que existió baja diferenciación genética entre los lotes de *P. mesopotamicus*. Los resultados permitirán orientar objetivamente estos lotes de peces utilizados en programas de repoblamiento y así evitar la pérdida de variabilidad genética en los reproductores y en las progenies.

LITERATURA CITADA

- Agostinho A.A., S.M. Thomaz y L.C. Gomes. 2005. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. *Conserv. Biol.*, 19(3): 646-652.
- Agostinho A.A. y L.C. Gomes. 2006. O manejo da pesca em reservatórios da bacia do alto rio Paraná: avaliação e perspectivas. *En Nogueira*

- M.G., R. Henry y A. Jorcin. (Eds). Ecologia de Reservatórios: Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascatas. RiMA, São Carlos, Brasil. pp. 23-55.
- Aho T., J. Rönn, J. Piironen y M. Björklund. 2006. Impacts of effective population size on genetic diversity in hatchery reared Brown trout (*Salmo trutta* L.) populations. *Aquaculture*, 253(1-4): 244-248.
- Freitas P.D. y P.M. Galetti Jr. 2005. Assessment of the genetic diversity in five generations of commercial broodstock line of *Litopenaeus vannamei* shrimp. *Afr. J. Biotechnol.*, 4(12): 1362-1367.
- Frost L.A., B.S. Evans y D.R. Jerry. 2006. Loss of genetic diversity due to hatchery culture practices in barramundi (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*, 261(3): 1056-1064.
- Furuya W.M. 2001. Espécies nativas. *En* Moreira H.L.M., L. Vargas, R.P. Ribeiro y S. Zimmermann (Eds). Fundamentos da Moderna Aqüicultura. ULBRA, Canoas, Brasil, pp. 83-90.
- Gomes P.C. 2007. Diversidade genética de três populações de piapara (*Leporinus elongatus*), utilizando marcadores moleculares. Tesis M. Sc. Univ. Esta. Maringá. Maringá, Brasil.
- Hilsdorf A.W.S., E.K. Resende y D.K.S. Marques. 2006. Genética e Conservação de Estoques Pesqueiros de Águas Continentais no Brasil: Situação Atual e Perspectivas. Embrapa Pantanal, Brasil.
- Hori T.S.F., I.M. Avilez, L.K. Inoue y G. Moraes. 2006. Metabolical changes induced by chronic phenol exposure in matrinxã *Brycon cephalus* (Teleostei: Characidae) juveniles. *Comp. Biochem. Physiol.*, 143 (1): 67-72.
- Hatanaka T., F. Henrique-Silva y P.M. Galetti Jr. 2006. Population substructuring in a migratory freshwater fish *Prochilodus argenteus* (Characiformes, Prochilodontidae) from the São Francisco River. *Genetica*, 126(1-2): 513-517.
- Kang J.H., J.K. Noh, J.H. Kim, J.H. Lee, H.C. Kim, K.K. Kim, B.S. Kim y W.J. Lee. 2006. Genetic relationship between broodstocks of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck and Schlegel) using microsatellite markers. *Aquac. Res.*, 37(7): 701-707.
- Leuzzi M.S.P., F.S. Almeida, M.L. Orsi y L.M.K. Sodré. 2004. Analysis by RAPD of the genetic structure of *Astyanax altiparanae* (Pisces, Characiformes) in reservoirs on the Paranapanema River, Brazil. *Genet. Mol. Biol.*, 27(3): 355-362.
- Lopera Barrero N.M. 2007. Diversidade genética de *Brycon orbignyanus* em sistema reprodutivo seminatural. Tesis PhD. Univ. Est. Maringá. Maringá, Brasil.
- Lopera-Barrero N.M., R.P. Ribeiro y J.A. Povh. 2007. O repovoamento de peixes: uma estratégia multidisciplinar?. *Pesca & Aqüicult.*, 30(1): 71-74.
- Lopera-Barrero N.M., J.A. Povh, R.P. Ribeiro, P.C. Gomes, C.B. Jacometo y T.S. Lopes. 2008. Comparación de protocolos de extracción de ADN con muestras de aleta y larva de peces: extracción modificada con cloruro de sódio. *Cien. Inv. Agr.*, 35(1): 77-86.
- Melo D.C., D.A.A. Oliveira, L.P. Ribeiro, C.S. Teixeira, A.B. Souza, E.G.A. Coelho, D.V. Crepaldi y E.A. Teixeira. 2006. Caracterização genética de seis plantéis comerciais de tilápia (*Oreochromis*) utilizando marcadores microssatélites. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 58(1): 87-93.
- Moreira A.A., A.W.S. Hilsdorf, J.V. Silva y V.R. Souza. 2007. Variabilidade genética de duas variedades de tilápia nilótica por meio de marcadores microssatélites. *Pesqui. Agrope. Bras.*, 42(4): 521-526.
- Povh J.A. 2007. Avaliação da diversidade genética e do manejo reprodutivo do pacu, *Piaractus mesopotamicus*. Tesis PhD. Univ. Est. Maringá. Maringá, Brasil.
- Povh J.A., N.M. Lopera Barrero, R.P. Ribeiro, E. Lupchinski Jr, P.C. Gomes y T.S. Lopes. 2008. Monitorio genético en programas de repoblamiento de peces mediante marcadores moleculares. *Cien. Inv. Agr.*, 35(1): 5-15.
- Sabino J. y L.P. Andrade. 2003. Uso e conservação da ictiofauna no ecoturismo na região de Bonito, Mato Grosso do Sul: o mito da sustentabilidade

- ecológica no rio Baía Bonita (Aquário natural de Bonito). *Biota Neotrop.*, 3(2): 1-9.
- Sekino M., T. Sugaya, M. Hara y N. Taniguchi. 2004. Relatedness inferred from microsatellite genotypes as a tool for broodstock management of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquacult.*, 233(1-4): 163-172.
- Sirol R.N. y S.G. Britto. 2006. Conservação e manejo da ictiofauna: repovoamento. *En* Nogueira M.G., R. Henry y A. Jorcin (Eds.). *Ecologia de Reservatórios: Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascatas*. RiMA, São Carlos, Brasil, pp. 275-284.
- Sønstebø J.H., R. Borgstrøm y M. Heun. 2007. Genetic structure of brown trout (*Salmo trutta* L.) from the Hardangervidda mountain plateau (Norway) analyzed by microsatellite DNA: a basis for conservation guidelines. *Conserv. Genet.*, 8(1): 33-44.
- Wasko A.P., C. Martins, C. Oliveira, J.A. Senhorini y F. Foresti. 2004. Genetic monitoring of the Amazonian fish matrinhã (*Brycon cephalus*) using RAPD markers: insights into supportive breeding and conservation programmers. *J. Appl. Ichthyol.*, 20(1): 48-52.
- Williams J.G.K., J.A. Rafalski, A.R. Kubelik, K.J. Livak y S.V. Tingey. 1990. DNA polymorphism amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res.*, 18(22): 6531-6535.
- Yeh F.C., T.Y.Z. Boyle y J.M. Xiyan. 1999. PopGene Version 131: Microsoft Window-based freeware for population genetic analysis. University of Alberta and Center for International Forestry Research. Alberta. Canada.

Diversidad de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponina) en bosque seco tropical en Venezuela

Severiano Rodríguez Parilli*, Antonio Manrique y Mercedes Velásquez

Universidad Rómulo Gallegos. Área de Agronomía. San Juan de los Morros, Guárico. Venezuela. *Correo electrónico: severianopa@hotmail.com

RESUMEN

Las abejas sin aguijón (ASA) cumplen funciones ambientales indispensables mediante la polinización y son susceptibles a ser utilizadas en la producción agrícola. Con el objeto de conocer las ASA presentes en 10.000 m² de bosque seco tropical en San Juan de los Morros, estado Guárico, Venezuela, se procedió a realizar una evaluación de su diversidad, para lo cual se realizaron 24 muestreos distribuidos uniformemente entre los meses de julio a diciembre de 2004. Se obtuvieron 44 individuos pertenecientes a nueve especies, las cuales se ordenaron según su abundancia: *Trigona sp1* > *Nannotrigona testaceicornis* > *Tetragonisca angustula* > *Plebeia sp 2* > *Trigonisca sp* > *Trigona amaltea* > *Plebeia sp 1* > *Trigona sp 2* > *Partamona sp*. *Trigona sp 1* fue la especie más constante y frecuente. *N. testaceicornis* y *T. angustula* fueron las especies frecuentes de ocurrencia accesorias. Los índices faunísticos obtenidos fueron: diversidad de Margalef (8,74), diversidad de Shannon - Wiener (1,92) y equidad de Simpson (0,18). Los meses con mayores riquezas de especies y abundancia de individuos fueron septiembre y octubre. La familia Piperaceae registró el mayor número de visitas por las ASA.

Palabras clave: meliponas, abejas sin aguijón, Apoidea, diversidad, Guárico, Venezuela.

Community's diversity of stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponina) in a Venezuela tropical dry forest

ABSTRACT

The stingless bees (SB) complete environmental indispensable functions by means of the pollination and they are susceptible to be used in the agricultural production. In order to know the SB present in 10,000 m² of tropical dry forest in San Juan de Los Morros, Guárico state, Venezuela; a diversity evaluation was carried out. Twenty four samplings distributed evenly among the months from July to December 2004. Forty four individuals belonging to nine species were accounted for and ordered according to their abundance as: *Trigona sp 1* > *Nannotrigona testaceicornis* > *Tetragonisca angustula* > *Plebeia sp 2* > *Trigonisca sp*. > *Trigona amaltea* > *Plebeia sp1* > *Trigona sp 2* > *Partamona sp*. *Trigona sp 1* was the most constant and frequent species. *N. testaceicornis* and *T. angustula* were the accessory and frequent species in this habitat. The values obtained from index ecology were: Margalef diversity (8.74), Shannon - Wiener diversity (1.92), and Simpson index (0.18). The months with higher richness and individuals' abundance were september and october, and the family Piperaceae registered the biggest number of visits by the SB.

Keywords: meliponinae, stingless bee, pollination, Venezuela

INTRODUCCIÓN

Las abejas son los principales agentes responsables de la polinización de las plantas con flores, exceptuando a aquellas que se autopolinizan, aunque cuando son polinizadas por estos insectos, su producción mejora, tal como lo reportan Manrique y Thimann (2002) para el cultivo de café. El aporte al ambiente es difícil de contabilizar; sin embargo, los servicios de polinización realizados por las abejas a los ecosistemas, los cuales abarcan los agroecosistemas, se estiman en términos económicos en 40 billones de dólares por año (Biesmeijer *et al.*, 2006). El mismo autor señala que en Europa hay indicios que la diversidad de flores y abejas han disminuido significativamente a niveles peligrosos para su recuperación.

Silveira (1989) y Kerr (1997) reportan que alrededor de 320 especies de abejas sin aguijón (ASA) han disminuido a consecuencia de los cazadores de miel, la quema, la utilización irracional de las ASA y la fragmentación de áreas boscosas; mientras que Cardozo y Moreno (1995) señalaron los procesos continuos y crecientes de urbanización, la ocupación de áreas vegetales naturales para actividades agrícolas y la introducción de especies exóticas. Estos aspectos han reducido las fuentes de alimento y los lugares de anidación en detrimento de las abejas silvestres y de las ASA en particular. En Colombia algunas especies del género *Melipona* están incluidas en el libro rojo de especies en peligro de extinción.

Algunas de las especies más comunes para Venezuela son *Trigona* sp., *T. angustula*, *N. testaceicornis*, *Plebeia* sp., *Partamona* sp., *Trigonisca* sp., *T. angustula* y *N. testaceicornis* son comunes y tienen una amplia distribución en todo el país y son utilizadas con fines productivos para obtener miel y polen, que son alimentos o medicina según el caso. Apicultores del estado Táchira, Venezuela, las capturan y trasladan a sus apiarios y/o casas, en sus nidos naturales principalmente. *N. testaceicornis* y *Plebeia* sp. son llamadas lamesudor, por sus hábitos de pecorear sobre el cuerpo de animales. *Trigonisca* sp. es una de las especies más pequeñas que existen y tienen el hábito de volar cerca de la cara y, a veces, se introducen en los ojos. *Partamona* spp. es considerado un grupo bastante defensivo, exclusivo neotropical, de amplia distribución, desde el sur de Brasil hasta México (Camargo y Pedro, 2003).

Nates-Parra (2005) encontró que el número de especies en hábitats conservados, agrícolas y urbanos se mantienen entre 12 y 15 especies, con una concentración mayor de nidos en áreas urbanas. Por otro lado la misma autora, señala que los meliponinos más comunes en diversos paisajes del piedemonte colombiano son *M. fasciata*, *T. amalthea*, *T. angustula* y el género *Nannotrigona*. Souza *et al.* (2005) realizaron estudios en ASA en Salvador, Brasil, en una área intervenida, donde predominaban especies graminiformes y sus resultados establecieron la presencia de *T. angustula* y de los géneros *Nannotrigona*, *Trigona* y *Oxytrigona*.

Debido al desconocimiento de la diversidad de abejas es necesario el monitoreo de las especies de ASA, lo cual nos permitirá cuantificar las fluctuaciones estacionales más frecuentes de los individuos, identificar las especies claves, determinar las preferencias florales, y también el modo de organización de las comunidades (Viana, 1999). Smith-Pardo y González (2007) señalan que en Venezuela no se conoce la lista de especies, ni estudios intensivos y sistematizados de la diversidad de abejas que aporten información, con aplicabilidad en la toma de decisiones, manejo y conservación adecuada de los ecosistemas.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la diversidad de la comunidad de abejas nativas (Hymenoptera: Apoidea) en un área de bosque seco tropical, ubicado en la Universidad Rómulo Gallegos (UNERG), San Juan de los Morros, Guarico, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El muestreo se realizó en el sistema de producción con rumiantes de la UNERG, vía Camburito, Municipio Juan Germán Roscio, Guárico, Venezuela. El bosque de galería se extiende en forma natural a lo largo de los cuerpos de aguas temporales o permanentes y en las áreas abiertas la cobertura principal es el pastizal, con predominancia del yaraguá (*Hyparrhenia rufa*) y aisladamente se presentan especies arbóreas de chaparros (*Curatella americana*).

Según la clasificación de zonas de vida de Ewel y Madriz (1968), el área de estudio es un bosque seco tropical que comprende dos períodos climáticos

bien definidos: seco y lluvioso. Según datos de FAV (2006), el período seco comprende desde el mes de noviembre y hasta el mes de abril, mientras que el lluvioso se extiende desde el mes de mayo hasta el mes de octubre, considerando abril y noviembre como meses de transición. Los meses más húmedos son agosto, septiembre y octubre, con un promedio anual de humedad relativa de 70% y los vientos predominantes tienen dirección noreste. La media de precipitación anual oscila entre 600 y 1.500 mm y la temperatura media anual es de 25°C (FAV, 2006).

Muestreo

Se estableció una transecta de 500 m y con desplazamientos de 10 m a cada lado, abarcando un área de 10.000 m², ubicada en las coordenadas 9° 53' 05" N y 67° 24' 43" E, a 530 msnm, aproximadamente. Esta transecta se realizó para facilitar tanto el desplazamiento como las colectas y aumentar las posibilidades de capturas de abejas usuarias de las especies botánicas.

Se realizaron cuatro colectas mensuales sumando un total de 24, las cuales se realizaron entre las 8 y las 17 h, período de máxima actividad de estas especies de abejas (Cure *et al.*, 1993), entre julio y diciembre de 2004. Todas las abejas observadas fueron colectadas con redes entomológicas (Cure *et al.*, 1993; Santos *et al.*, 2004).

Siguiendo la metodología de captura y referencia de Laroca (1974) y Cure *et al.* (1993), las abejas colectadas se conservaron en frascos de vidrios individuales con alcohol etílico al 70%, etiquetadas con los siguientes datos: fecha, hora y nicho funcional y un número de referencia que permita relacionar con los demás datos ambientales recopilados en campo.

Las abejas se clasificaron e identificaron mediante el uso de la clave propuesta por Silveira *et al.* (2002) y los especímenes conservados fueron depositados en la colección regional de insectos de la UNERG. Para el análisis de los datos se realizó un análisis descriptivo y las variables consideradas para evaluar la comunidad de ASA fueron constancia (C), abundancia (a) frecuencia (F), dominancia, predominancia, diversidad de Margalef (Dmg), diversidad de Shannon-Wiener (H²) y equidad de Simpson (S).

Para la constancia C de especies se utilizó la clasificación de Bödenheimer (1955) que clasifica las especies que tengan una ocurrencia mayor a 50%

como constantes (W), entre 25 y 50% accesorias (Y) y accidentales (Z), menor a 25%.

La abundancia es el número de individuos de una especie capturados por esfuerzo de muestreo en un tiempo dado. Para medir la frecuencia (F) de especies se utilizó el método citado por Thomazini y Thomazini (2002), Santos *et al.* (2004) y Anacleto y Marchini (2005), en el cual clasifican la frecuencia en tres niveles: muy frecuente (MF), frecuente (F) y poco frecuente (PF); utilizando el intervalo de confianza IC5% límite superior y el inferior de IC5% son F.

La dominancia D consiste en la capacidad de una especie en modificar en su beneficio el impacto recibido del ambiente y puede causar aparición o desaparición de otras especies (Anacleto y Marchini, 2005). La dominancia de una determinada especie se identificó cuando el límite inferior de su intervalo de confianza (Kato *et al.*, 1952) era mayor que el inverso del número total de especies multiplicado por 100 (Cure *et al.*, 1993; Thomazini y Thomazini, 2002; Santos *et al.*, 2004; Anacleto y Marchini, 2005).

Las especies predominantes fueron aquellas que se destacaron por poseer los mayores índices faunísticos de constancia, abundancia, frecuencia y dominancia (Silveira Neto *et al.*, 1976; Thomazini y Thomazini, 2002; Anacleto y Marchini, 2005).

Para determinar la riqueza de especies se utilizó el índice de Margalef (DMg), usado por Santos *et al.* (2004). Para el cálculo del índice diversidad de Shannon-Wiener (H) y del índice de equidad de Simpson (S) se realizaron siguiendo la metodología descrita por Magurran (1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan las especies de ASA colectadas, donde se observa que *Trigona* sp1 obtuvo el mayor índice de abundancia relativa (31,8%). En segundo y tercer lugar aparecen *N. testaceicornis* (18,2%) y *T. angustula* (15,9%), respectivamente. Estos resultados concuerdan en escala proporcional con los obtenidos por Cure *et al.* (1993), sólo que el número de individuos capturados en el referido estudio fueron 850 en 408 horas de muestreo.

Tres especies fueron clasificadas como poco frecuentes (PF) (*Trigona* sp2, *Plebeia* sp1 y *Partamona* sp) y el resto se agruparon en la clase de frecuente (F). Por otro lado, *Trigona* sp1 es una especie constante

Cuadro 1. Abundancia relativa de ASA colectadas en transecta. Periodo julio-diciembre de 2004.

Especie	Abundancia	Frecuencia		Ocurrencia
		%	Nivel	
<i>Trigona</i> sp1	14	31,8	F	W
<i>N. testaceicornis</i>	8	18,2	F	Y
<i>T. angustula</i>	7	15,9	F	Y
<i>Plebeia</i> sp2	4	9,1	F	Z
<i>Trigonisca</i> sp	3	6,8	F	Z
<i>T. amalthea</i>	3	6,8	F	Z
<i>Plebeia</i> sp1	2	4,6	PF	Z
<i>Trigona</i> sp2	2	4,6	PF	Z
<i>Partamona</i> sp	1	2,3	PF	Z
Total	44	100		

(W) con una ocurrencia de 56,3%, mientras que *T. angustula* y *N. testaceicornis* son accesorias (Y) con 31,3% de ocurrencia cada una y el resto son especies accidentales (Z) para este hábitat.

Los valores de los índices faunísticos obtenidos fueron: índice de Margalef de riqueza específica (8,74), dominancia de Simpson (0,18) y equidad de Shannon y Wiener (1,92). Según el resultado del índice de dominancia de Simpson (0,18) existe 18% de probabilidad de que dos individuos capturados en la transecta sean de la misma especie, es decir, hay una baja dominancia de especies. Como la equidad es inversa a la dominancia, por descarte se obtiene un índice de equidad de 0,82. También, el índice de Shannon-Wiener indica una alta equidad en la proporción de especies.

Los meses con mayor abundancia de individuos fueron septiembre y octubre, mientras que julio fue el mes de menor abundancia. Además, la mayor riqueza de especies (seis) coincidió con el mes de septiembre. En referencia a la dominancia de especie en el mes de julio, agosto, septiembre y diciembre, *Trigona* sp1 fue la especie más abundante, a pesar que es menos evidente en el mes de septiembre. En el mes de octubre las mayores abundancias la comparten *T. angustula*

y *N. testaceicornis* y en noviembre fue *Plebeia* sp2. El mes de mayor equidad entre las especies es septiembre, tal como se muestra en el Cuadro 2.

La ausencia de captura de especies de *Melipona* indican que existe una gran alteración de la cobertura vegetal, dado que estas son ASA que requieren de adecuadas fuentes de alimento y lugares de anidación, especialmente de vegetación arbórea, concordando con lo referido por Pedro y Camargo (2000). Por el contrario, las especies que registraron las mayores frecuencias son aquellas que toleran y se benefician de los ambientes urbanos como *Plebeia*, *N. testaceicornis*, *Partamona* y principalmente, *T. angustula* lo que refleja uniformidad en la riqueza de especies aunque con una menor diversidad en comparación con ecosistemas naturales (Nates-Parra, 2005)

En el Cuadro 3 se presentan las capturas por géneros durante el muestreo. El mayor porcentaje de especímenes fueron obreras (90,9%). Sólo en tres géneros, *Trigona*, *Trigonisca* y *Nannotrigona*, se colectaron cuatro machos durante el muestreo para un total de cuatro individuos. Cure *et al.* (1993) realizaron en Brasil un levantamiento de abejas silvestres, incluyendo ASA, donde identificaron

Cuadro 2. Abundancia mensual de abejas. Período julio a diciembre de 2004.

Especie	Mes						Total
	J	A	S	O	N	D	
	----- Número -----						
<i>Plebeia</i> sp1				1	1		2
<i>T. angustula</i>			1	4	1	1	7
<i>Trigona</i> sp1	1	7	3			3	14
<i>Trigona</i> sp2			2				2
<i>Trigonisca</i> sp.		1		2			3
<i>Partamona</i> sp.			1				1
<i>Plebeia</i> sp2		1			3		4
<i>T. amalthea</i>			2		1		3
<i>N. testaceicornis</i>			2	4		2	8
Total	1	9	11	11	6	6	44

Cuadro 3. Sexo de los individuos ASA capturados en transecta. Período julio a diciembre de 2004.

Género	Hembra	Macho	Total
<i>Nannotrigona</i>	7	1	8
<i>Plebeia</i>	5	1	6
<i>Tetragonisca</i>	7		7
<i>Trigona</i>	17	2	19
<i>Trigonisca</i>	3		3
<i>Partamona</i>	1		1
Total	40	4	44

100% hembras de 850 individuos, es decir, todas las colectas fueron obreras. Las actividades de las obreras (mayores capturas) pueden estar influenciadas por factores externos, tales como temperatura, humedad, luminosidad y disponibilidad de recursos en el ambiente, además de factores internos como tamaño de la población y/o a la necesidad de recursos de la colonia (Pompeu, 2003). Esta tendencia de captura de hembras se corresponde con lo esperado, debido a que las actividades de recolección se realizan por las obreras corbiculadas.

En el Cuadro 4 se observa el lugar de pecoreo donde se realizaron las capturas. El sudor atrajo a nueve individuos de cuatro especies (*Trigonisca* sp,

Plebeia sp1, *Plebeia* sp2 y *N. testaceicornis*) y fue el aspecto con mayor número de capturas, lo que pudiera deberse a la necesidad de recolectar sales y minerales, seguido de *Piper marginatum* (Piperaceae) con seis individuos representados en tres especies (*N. testaceicornis*, *Plebeia* sp y *T. angustula*). En orden decreciente de ambientes ocupados por especies se encontraron *Trigona* sp1>*N. testaceicornis*>*T. angustula*>*Trigona* *amaltea*>*Plebeia* sp1 y *Plebeia* sp2>*Trigona* sp2 y *Partamona* sp. En *Psidium guinensis*, se capturó un sólo individuo de *Partamona* durante todo el muestreo y en todo ese período mantuvo flor, infiriéndose que su captura fue por azar en esta especie vegetal. Sin embargo, Vit *et al.* (2005)

Cuadro 4. ASA colectadas por ubicación en transecta. Período julio a diciembre de 2004.

Lugar de actividad	Especie de abeja†										Total
	Nate	Pl sp2	Pl sp1	Tean	Tram	Tr sp1	Tr sp2	Ts sp1	Pa sp1		
	----- Número -----										
<i>Callisia</i> sp.						4					4
<i>Desmodium</i> sp.	1										1
<i>Gramínea</i>						1					1
<i>Lycoseris</i> sp.	1										1
<i>Mimosa</i> sp.					1	2	2				5
<i>Psidium guinensis</i>						1			1		2
<i>Selaginella</i> sp.					1	1					2
Animal (Sudor)	3	4	1					1			9
Aire (Vuelo)					1	1					2
<i>Piper marginatum</i>	2		1	3							6
<i>Bidens pilosa</i>								2			2
<i>Sida</i> sp.	1			3							4
<i>Hyptis suaveolens</i>				1		3					4
<i>Philodendron</i> sp.						1					1
Total	8	4	2	7	3	14	2	3	1		44

†Nate: *Nannotrigona testaceicornis*, Pl sp2: *Plebeia* sp2, Pl sp1: *Plebeia* sp1, Tean: *Tetragonisca angustula*, Tram: *Trigona amalthea*, Tr sp1: *Trigona* sp1, Tr sp2: *Trigona* sp2, Ts sp1: *Trigona* sp1, Pa sp1: *Partamona* sp1.

y Nates-Parra (2005) reportaron a *Psidium guajava* como alimento importante de meliponinos.

La captura de meliponinos estaría influenciada por la floración de determinadas plantas. *Callisia* sp af. insignis es pecoreada durante los meses de julio y agosto. A partir de septiembre aumentan las capturas de ASA en cuerpo de colector y florece *Mimosa* sp. En octubre florecen *Bidens pilosa*, *Sida* sp y *Desmodium* sp. En noviembre se hacen capturas en *P. marginatum* y en diciembre florece *Hyptis suaveolens* como planta melífera de importancia. Entre los meses de septiembre y octubre se observó variación en la diversidad de especies de meliponinos capturados y pudiesen estar influyendo *Mimosa* sp que se encontró florecida en septiembre y por el florecimiento de *Sida* sp, *Bidens* sp y *Desmodium* sp en octubre. Los demás lugares de capturas se mantuvieron constantes.

La familia Asteraceae (Compositae) es considerada la familia más importante para las comunidades de abejas, con un mayor número de especies y de individuos visitantes (Laroca, 1974). Sin embargo, en el presente trabajo sólo se contabilizaron tres individuos capturados: Uno en *Lycoseris* sp. y dos en

Bidens pilosa. En este sentido, Pinheiro-Machado *et al.* (2002) en Fabaceae se colectaron seis individuos de cuatro especies, *N. testaceicornis*, *Trigona* sp1, *Trigona* sp2 y *T. amalthea*. La especie *Piper marginatum* es una fuente importante de polen para las especies *N. testaceicornis*, *Plebeia* sp1 y *T. angustula*.

CONCLUSIONES

La abundancia total de individuos fue 44 y *Trigona* sp1, *N. testaceicornis* y *T. angustula* fueron las especies de ASA con valores de abundancia mas elevados con 14, 8 y 7 individuos, respectivamente. *T. angustula* y *N. testaceicornis* fueron clasificadas por su ocurrencia como especies accesorias y *Partamona* sp como accidental.

Los índices faunísticos obtenidos para este ambiente fueron: riqueza específica de Margalef (8,74), dominancia de Simpson (0,18) y equidad de Shannon y Wiener (1,92).

La ausencia de especies del genero *Melipona* en las capturas presentan este ambiente como un ecosistema bastante intervenido, debido a que estas son ASA

muy susceptibles a los cambios y por lo tanto buenas indicadoras de calidad ambiental.

Septiembre y octubre fueron los meses con las mayores capturas de individuos y de especies, y en un 90,9% de los individuos fueron obreras.

Las especies vegetales de los géneros *Mimosa* y *Piper* fueron las más importantes proveedoras de recursos alimenticios, quienes recibieron la mayor cantidad de ASA.

A nivel de familias las plantas que registraron el mayor número de visitas de ASA fueron: Fabaceae, Piperaceae y Asteraceae.

LITERATURA CITADA

- Anacleto D. y L. Marchini. 2005. Análise faunística de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) coletadas no cerrado do São Paulo. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 27(3): 277-284.
- Biesmeijer J., S. Roberts, M. Reemer, R. Ohlemüller, M. Edwards, T. Peeters, A. Schaffers, S. Potts, R. Kleukers, C. Thomas, J. Settele y W. Kunin W. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in British y Netherlands. *Science*, 313 (5785): 351-354.
- Bödenheimer F. 1955. *Precis d'ecologie animale*. Payot, Paris. Francia.
- Camargo J. y S. Pedro. 2003. Meliponini neotropicais: o genero *Partamona* Schwarz, 1939 (Hymenoptera, Apidae, Apinae) – bionomia e biogeografia. *Rev. Bras. Entomol.*, 47: 311–372.
- Cardozo A. y F. Moreno. 1995. Técnicas de campo para la localización y reconocimiento de abejas criollas sin aguijón (Meliponinae). *En* Moreno F., C. Osorio, R. Waltham y J. Espinel (Eds.) *Sistemas Pecuarios Sostenibles para las Montañas Tropicales*. Cali, Colombia. pp. 189 - 196.
- Cure J., G. Bastos, M. Oliveira y O. Souza. 1993. Influência do tamanho da amostra na estimativa da riqueza em espécies em levantamentos de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea). *Rev. Bras. Zool.*, 7(1-2): 101-110.
- Ewel L. y A. Madriz. 1968. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección de Investigación. Caracas, Venezuela.
- FAV (Fuerza Aérea Venezolana). 2006. Estación Meteorológica. Datos climáticos de San Juan de Los Morros. Serial Nacional 2440. San Juan de los Morros, Venezuela.
- Kato M., T. Matsuda y Z. Yamashita. 1952. Associative ecology of insects found in the paddy field cultivated by various planting forms. *Sci. Rep. Thoki Univ. IV Biol.*, 19: 291-301.
- Kerr W. 1997. A importância da meliponicultura para o país. *Biotec. Ciên. Desenvol.*, 3: 42-44.
- Laroca S. 1974. Estudo feno-ecológico em Apoidea do litoral e primeiro planalto paranaenses. Tesis MC. Univ. Fed. de Paraná, Curitiba. Brasil.
- Magurran A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, EUA.
- Manrique A. y R. Thimann. 2002. Coffee (*Coffea arabica*) pollination with africanized honeybees in Venezuela. *Interciencia*, 27(8): 414-416.
- Nates-Parra G. 2005. Biodiversidad y meliponicultura en el piedemonte llanero, Meta, Colombia. IV Seminario y Taller Mesoamericano de Abejas sin Aguijón, El Salvador. CD-Rom.
- Pedro S. y J. Camargo. 2000. Apoidea, Apiformes. *En* Brandão C.R.F. y Canello E.M (Eds.) *Biodiversidad do Estado de São Paulo: Síntese do Conhecimento ao Final do Século XX*. FAPESP, 5. São Paulo, Brasil. pp. 193-211.
- Pinheiro-Machado C., I. Alves, V. Imperatriz-Fonseca, A. Peixoto y F. Silveira. 2002. Brazilian bee surveys: state of knowledge, conservation and sustainable use. *En* Kevan P. y V. Imperatriz Fonseca (Eds.) *Pollinating Bees. The Conservation Link Between Agriculture and Nature*. Ministry of Environment, Brasília, Brasil. pp. 115-129.
- Pompeu M. 2003 Aspectos bionômicos de *Melipona rufiventris* (Hymenoptera, Meliponina) e sugestões para a sua conservação. Diss. MS, Univ. Federal de Minas Gerais, BH, Brasil.
- Santos F., C. Carvalho y R. Silva. 2004. Diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em uma

- área de transição cerrado-Amazônia. *Acta Amaz.*, 34(2): 319-328.
- Silveira Neto S., O. Nakano y N. Vila-Nova. 1976. *Manual de Ecologia dos Insetos*. Editorial Ceres, Piracicaba, Brasil.
- Silveira F. 1989. Abelhas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) e suas fontes de alimento no Cerrado da Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba, Minas Gerais. Diss. MS. Univ. Federal de Viçosa. Brasil.
- Silveira F., G. Melo y E. Almeida. 2002. *Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação*. Editorial Belo Horizonte. Brasil.
- Smith-Pardo A. y V. González. 2007. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en estados sucesionales del bosque húmedo tropical. *Acta Biol. Colomb.*, 12 (1): 43 – 56.
- Souza S., A. Teixeira, E. Neves y A. Melo. 2005. As abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponina) residentes no campus Federação/Ondina da Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil. *Candombá Revista Virtual*, 1: 57-69.
- Thomazini M. y A. Thomazini. 2002. Divesidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em inflorescências de *Piper hispidinervum* (C.DC.). *Neotrop. Entomol.*, 31(1): 27-34.
- Viana B. 1999. A melissofauna das dunas do médio São Francisco, Bahia, Brasil. XII Encontro de Zoologia do Nordeste. Brasil.
- Viana B. y F. Silva. 2006. Limitação e causa do declínio de polinizadores do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims) no Vale do São Francisco, Juazeiro, Ba. Anais VII Encontro sobre abelhas. Riberão Preto, Brasil. Cd-Rom.
- Vit P., P. Marquina, L. Araújo y A. Rodríguez-Malaver. 2005. *Psidium guajava* L. Ficha botánica de interés apícola en Venezuela, No. 11 Guayaba. *Rev. de Farm.*, 47(1).

Aplicación del índice de confort térmico como estimador de periodos críticos en cría de pollos de engorde

Yngrid Oliveros^{1*}, Fanny Requena², Alicia León², Milagros Ostos², Raquel Parra¹, Jorge Marquina¹ y Denis Bastianelli³

¹Unidad de Agrometeorología, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Ceniap). Apartado Postal 4653. Maracay 2101, Aragua. Venezuela. *Correo electrónico: ioliveros@inia.gob.ve

²Sección Producción Animal, INIA. Ceniap. Maracay, Aragua. Venezuela.

³Élevage et Médecine Vétérinaire, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Campus International de Baillarguet, TA 30/A, 34398 Montpellier Cedex 5, France

RESUMEN

Para estimar el índice de confort térmico (THI) y los periodos críticos (frecuencia, persistencia) en la cría de pollos de engorde, se generaron datos climáticos de temperatura y humedad diaria con una frecuencia de 10 minutos entre medidas, durante el periodo seco (febrero a marzo, 2006) en un galpón de producción comercial de pollos de engorde, localizado en la región central de Venezuela. El índice THI se determinó para las 24 horas del día desde el ingreso hasta la salida de los animales, con cálculo de probabilidad de ocurrencia y persistencia del evento y aplicación de umbrales y ecuaciones de regresión desarrolladas para las aves para estimar la ganancia diaria de peso (GDP) de los animales. Los datos obtenidos se analizaron a través de estadísticos descriptivos, pruebas de medias, varianzas, tendencias y frecuencias y el índice THI fue comparado con valores referenciales de THI para su interpretación. Con los valores horarios estimados se calculó la probabilidad de ocurrencia y la duración del periodo diario. Los resultados en relación al ciclo diario del THI indicaron un efecto altamente significativo sobre el confort térmico de los animales, que permite confirmar la importancia de la hora del día sobre la presencia de estrés en los animales y su variación dentro del ciclo diario, donde se concluye que la condición normal del animal se presentó en horario de 4:30 y 8:30, peligro de 10:30 a 16:30 y alerta de 18:30 a 2:30. La condición de riesgo de estrés en el animal se intensificó con la edad debido al proceso de pérdida y ganancia de calor. Al estimar la GDP a través de la ecuación empírica utilizada se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0,0001$) posiblemente debido al efecto de la temperatura y humedad del lugar para animales con pesos desde 0,9 hasta 1,5 kg. La estimación del índice THI permitió detectar condiciones de estrés, variabilidad ínter diaria y frecuencia de ocurrencia en condiciones de granja.

Palabras clave: estrés, pollos, índice, ganancia de peso, confort, temperatura.

Applicability of thermal comfort index as an estimator of critical periods in breeding broilers

ABSTRACT

To estimate the thermal comfort index (THI) and critical periods (frequency, persistence) in the rearing of broiler chickens, there were generated climatic data of temperature and humidity daily with a frequency of 10 minutes between measures during the dry period (february to march 2006) in an area of commercial production of broilers, located in central Venezuela. The THI was determined for 24 hours from admission to exit of the animals, with calculation of probability of occurrence and persistence of the event and implementation of thresholds and regression equations developed for the birds to estimate the daily weight gain (DWG) on animals. Data obtained

were analyzed using descriptive statistics, tests of means, variances, trends, and frequencies and the THI was compared to reference data for their interpretation. With hourly values there were estimated the probability of occurrence and the length of period daily. The results indicated in relation to the cycle of daily THI a highly significant effect on the thermal comfort of the animals, which confirms the importance of time of day on the presence of stress in the animals and its daily variation in the cycle, where it was concluded that the normal condition of the animal was present at 4:30 and 8:30, danger from 10:30 to 16:30, and alert from 18:30 to 2:30. The status of risk of stress in the animal intensified with age due to the process of loss and heat gain. In estimating the DWG through the empirical equation used, differences were highly significant ($P < 0.0001$), possibly due to the effect of temperature and humidity rise in animals with weights from 0.9 to 1.5 kg. The estimate of the THI identified stress conditions, variability, and frequency of inter-daily occurrence in a position to farm.

Keywords: stress, chickens, index, weight gain, comfort, temperature

INTRODUCCIÓN

Hay muchos factores que afectan la producción agropecuaria en todas las latitudes. A escala mundial, el clima y los cambios climáticos son sin lugar a duda uno de los factores más importantes en la producción, que cambian en cualquier escala de tiempo y espacio en décadas, milenios y cualquier región de la tierra (Roberts, 1983). Este factor afecta el crecimiento y desarrollo de los seres vivos, los cuales necesitan condiciones climáticas adecuadas para que los procesos fisiológicos ocurran de forma normal, en condiciones ideales de luz, humedad y confort o bienestar (Pereira *et al.*, 2002).

Uno de los aspectos de interés en la biometeorología animal es el análisis de diferentes formas de evaluar los impactos del ambiente sobre las respuestas productivas y fisiológicas. El conocimiento del régimen térmico del ambiente, junto con el requerimiento térmico de los animales, es una herramienta útil para la toma de decisiones (Echarte *et al.*, 2002), donde el índice de temperatura y humedad desarrollado por Thom (1959) es uno de los indicadores más difundido. Este índice es usado como herramienta de manejo en sistemas de producción y que reconoce tres categorías de decisiones en relación al ambiente, como lo son: normal, alerta, peligro y emergencia.

El objetivo de este trabajo fue determinar el índice de confort térmico de temperatura y humedad (THI) y estudiar su efecto sobre la producción de pollos de engorde en una granja comercial.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en una granja de producción comercial de pollos de engorde localizada a una altitud de 511 msnm y ubicada en las coordenadas geográficas:

10° 19' 11,5" N y 67° 40' 40,3" O con temperatura promedio de 30°C. Los galpones de producción tenían medidas de 11 x 7,60 m para un alojamiento de 9.000 aves con una densidad de 11 aves/m². Se mantuvo el manejo rutinario de los animales en la granja y los animales fueron alimentados ad libitum con alimento comercial: pre iniciador de 0 a 7 días, iniciador de 8 a 21 días y terminador a partir de 22 días.

Para evaluar las variables climáticas se ubicó en el centro del galpón una estación meteorológica automática para registrar las variables temperatura ambiental, humedad relativa, velocidad y dirección del viento. La temperatura de la cama se midió a través del uso de sensores o termocuplas conectados a un dataloger, marca ELE, con frecuencia de registro cada diez minutos de la información climática para el periodo seco correspondiente a los meses febrero a marzo 2006. Los registros se iniciaron con la entrada de los animales al galpón hasta cumplir con el ciclo productivo (42 días).

Con los valores registrados de temperatura y humedad relativa se estimó el índice de confort térmico (Temperatura Humidity Index, THI), mediante la fórmula expresada por Thom (1959)

$$THI = (1,8 * TX) + (0,55 * HR) + 31,45$$

donde TX es la temperatura ambiental y HR es la humedad relativa en proporción.

Se estimó el índice THI para cada hora del día, obteniendo promedios diarios y semanales. Se calculó la ecuación de regresión empírica desarrollada para aves de ganancia promedio diaria de peso, con la finalidad de conocer el efecto de la temperatura del lugar sobre el índice productivo ganancia diaria de peso (GDP) de los animales, considerando sólo valores

Cuadro 1. Valores de THI referenciales para animales en producción.

THI	Condición
<70	Normal
71-79	Alerta
80-83	Peligro
>84	Emergencia

de THI superiores a 70, por ser un valor indicativo del inicio de un proceso de estrés en el animal, de acuerdo a lo señalado por la World Meteorological Organization (1989) (Cuadro 1).

La fórmula utilizada fue:

$$GDP = -6,338 \times 10^{-2} + 1,963 \times 10^{-2} P + 3,055 \times 10^{-3} THI - 2,521 \times 10^{-5} THI - 9,061 \times 10^{-5} THI * P^2$$

donde:

GDP es la ganancia diaria de peso (kg/ave/d) para pollos de engorde entre 0,5 y 1,5 kg de peso, P es el peso del pollo (kg) y THI es el índice de confort térmico, considerando solo valores mayores a 70.

Los datos fueron tabulados y analizados a través de estadísticos descriptivos, pruebas de medias, varianzas, tendencias y frecuencias para el índice THI y la aplicación del modelo de estimación polinomial, a través del paquete estadístico JMP versión 4R (SAS, 2001). Los valores estimados de THI se compararon con valores referenciales para identificar la existencia de los periodos de mayor estrés térmico para los animales durante el periodo de cría.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento y frecuencia de ocurrencia del índice de confort THI

En la Figura 1 se observa el comportamiento diario del THI, con un incremento de los valores a partir de las 10:00, con un valor máximo de 91 unidades a las 14:30 h y un mínimo de 68 unidades, aproximadamente a las 6:30, lo que coincide con el patrón de comportamiento de la temperatura promedio del aire y concuerda con lo reportado por Pérez (2003). Esta concordancia en ambos patrones establece que el comportamiento del índice a lo largo del día está determinado por la marcha diaria de la

temperatura, lo que se deduce como consistente al considerar que el estudio fue realizado en el período seco establecido.

Al comparar los resultados obtenidos en la granja con los valores referenciales de THI se observa que presentan condiciones normales entre las 4:30 y 8:30 h, de peligro en los periodos de 10:30 a 16:30 h y de alerta desde 18:30 a 02:30 h, mostrando condiciones de estrés durante la mayor parte del día. En cuanto a la variabilidad interdiaria del THI en el período evaluado, no se hallaron valores de Coeficiente de Variación que excedieran 4%, corroborando que el experimento se realizó en un período seco bien establecido.

En relación al efecto de la hora sobre el ciclo diario del THI, el análisis de varianza arrojó un efecto altamente significativo ($P < 0,0001$) de la hora sobre el confort térmico de los animales, lo que confirma la importancia de la hora del día sobre la presencia de estrés en los animales y su variación dentro del ciclo diario. Esto es de gran importancia para determinar el efecto del calor sobre la respuesta de las aves, donde principalmente la temperatura del aire y el vapor de agua condicionan el estado de confort de los animales, siendo la temperatura un factor ambiental influyente por el grado de asociación directa y significativo que existe entre esta variable con el THI (Moreno y Chinchilla, 2007). Estos resultados inducen a considerar un plan de manejo para los animales según las horas del día que permitan implementar técnicas que ayuden a mejorar o disminuir la condición de estrés calórico en los animales.

Para corroborar la variación del THI a lo largo del día se ajustó un modelo de estimación polinomial de 4to orden (Figura 1) de la forma siguiente:

$$THI = 80,093 - 178,82h + 807,87h^2 - 1.141,7h^3 + 507,38h^4$$

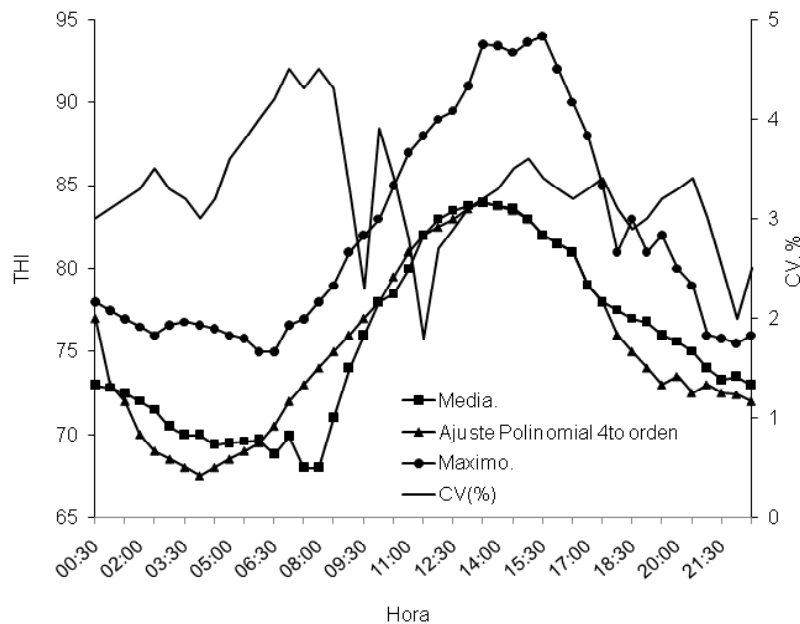


Figura 1. Comportamiento diario del THI durante el período seco en una granja comercial del estado Carabobo, Venezuela.

donde h es la hora del día expresada en formato 0-1. El coeficiente de determinación $R^2 = 0,8925$ resultó altamente significativo, lo que indica que el modelo permite explicar el 89,25% de la variabilidad del THI dentro del día bajo las condiciones de este estudio.

En relación a la frecuencia de ocurrencia del THI para la condición ambiental de la granja evaluada, durante el período seco, en general los valores de THI superiores a 70 llegan a ubicarse por encima del 98%, a excepción del lapso comprendido entre las 2:00 y las 8:00 h. Para las 14:00 h, la probabilidad de ocurrencia de valores de THI superiores a 83 es 70%, evento que es causado por un máximo de temperatura promedio del aire para esta misma hora. Entre las 12:00 y las 16:00 h se obtienen entre 50 y 30% de probabilidades de ocurrencia, respectivamente, para las condiciones de emergencia, THI mayor a 83, indicando que los animales están sometidos a estrés severo en este período (Figura 2). Cabe destacar que para este análisis fue considerado valores de temperatura ambiente a partir de los 10 días de edad del animal debido al suministro de calor artificial en la primera etapa de vida. Confirmando estos resultados, evaluaciones previas señalan condición de estrés permanente en granjas avícolas de clima tropical donde se recomienda desarrollar control ambiental para no afectar la economía del productor

por mortalidad y pesos disminuidos en los animales (Oliveros *et al.*, 2002).

Para la persistencia del THI, se observa en la Figura 3 que entre 42 y 54% de las horas del día, es decir, entre 10 y 13 horas al día los animales están sometidos a valores de THI entre 70 y 79 (condición de alerta) durante su ciclo de producción, siendo esto una situación crítica sobre todo durante la tercera y cuarta semana. Bajo estas condiciones la pérdida de calor del animal es muy reducida ya que la mayor parte del tiempo se encuentra en condición de estrés y a medida que la temperatura ambiente se va acercando a la temperatura del ave los tres mecanismos (conducción, convección y radiación) se muestran ineficaces para regular la temperatura corporal y por lo tanto, el consumo de alimento disminuye y aumenta el consumo de agua, donde se desmejora el índice de conversión alimenticia (Estrada y Márquez, 2005).

Índice de temperatura THI y su aplicación a la ganancia de peso.

Como los resultados de THI obtenidos fueron superiores a 70, fue posible estimar la GDP con la ecuación estadística que relaciona evento climático y producción de forma literal para las condiciones del ensayo (Bracho, 2005). Los resultados indicaron diferencias altamente significativas ($P < 0,0001$) entre la GDP (%) para animales con pesos desde 0,9

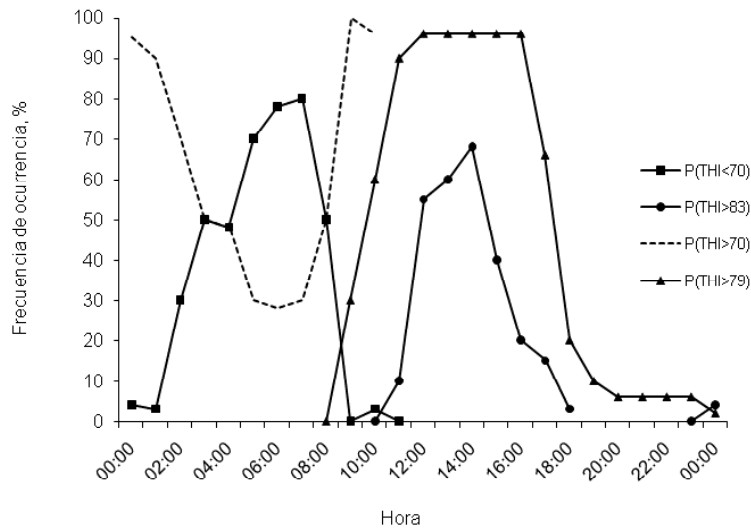


Figura 2. Frecuencia relativa de ocurrencia de valores de THI para diferentes horas del día, en el periodo seco de una granja comercial ubicada en el estado Carabobo, Venezuela.

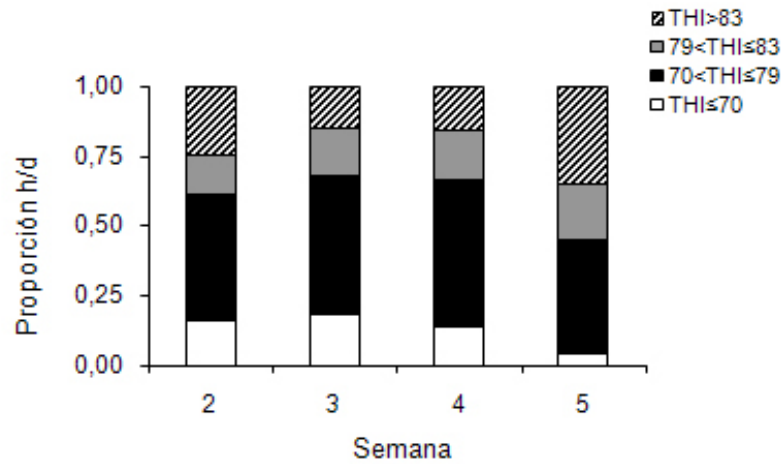


Figura 3. Persistencia relativa del estrés térmico en proporción de horas por día para las diferentes semanas del ensayo, en el periodo seco de una granja comercial ubicada en el estado Carabobo, Venezuela.

hasta 1,5 kg, señalando el efecto de la temperatura y humedad sobre la GDP. La relación entre el peso del animal y su GDP fue inversamente proporcional y los animales más jóvenes en las condiciones de humedad y temperatura estudiadas tuvieron ganancias de peso diarias de aproximadamente 20% de su peso y fueron disminuyendo de forma polinomial hasta 12,5% para animales de 1,5 kg. Esto concuerda a lo reportado por Pereira *et al.* (2002) al señalar que con el índice

THI próximo a 72, la producción no se afecta en tanto que a medida que se incrementa el THI hay efectos depresivos. Igual tendencia reportó Torrellas (1998) al señalar que la tensión térmica durante las ultimas semanas del ciclo afectó el comportamiento productivo reflejado en disminución en la ganancia de peso, donde las funciones biológicas varían considerablemente con las variaciones de la temperatura del cuerpo a pesar que tienen su mecanismo de regulación de

la temperatura estrechamente relacionado con su balance térmico (Kulicov y Rudnev, 1980). De igual manera, el desempeño orgánico de los animales depende de su relación con el ambiente y variaciones bruscas provocan falta de confort que compromete la salud y productividad de los animales (Ramírez *et al.*, 2005). Cabe destacar que los resultados de este efecto sobre la GDP es de manera estimada, lo que indica la necesidad de corroborar estos resultados a través de la realización de evaluaciones prácticas, considerando las variaciones de clima y confort en los animales para establecer el nivel de desempeño productivo de manera real.

Los resultados permitieron identificar rangos de índice y condiciones de confort animal y de estrés por calor (alerta, peligro y emergencia) para condiciones de sequía en clima tropical, destacando una prolongada frecuencia de ocurrencia y persistencia del índice en estrés. Se considera la hora del día como factor determinante en la estimación de condiciones de confort animal que involucran implementación de condiciones de manejo que consideren el nivel de confort o bienestar del animal que permitan mejoras en la productividad.

CONCLUSIONES

Este estudio permitió identificar a través del índice estimado de confort térmico de temperatura y humedad THI, el sometimiento de los pollos de engorde a una alta probabilidad de estrés térmico en condiciones de alerta, peligro y emergencia, durante el ciclo productivo, donde la condición normal del animal (sin estrés) se presentó en horario de 4:30 y 8:30 h, peligro (no someter animales a demasiados movimientos) de 10:30 a 16:30 h y alerta (prepararse para tomar precauciones) de 18:30 a 02:30 h, intensificándose la condición de riesgo de estrés en los animales con la edad debido al proceso de pérdida y ganancia de calor.

La ecuación que relaciona al índice THI con parámetros productivos señaló una relación inversa entre peso y GDP, con disminución de 20% hasta 12%, de acuerdo al peso del animal.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al productor avícola que presto su granja el desarrollo de la investigación planteada. Este programa fue parcialmente apoyado

por el programa de cooperación ECOS NORD entre Venezuela y Francia y por el proyecto del Fondo de Consorcio de Innovación Tecnológica del Convenio INIA-BID-FONACIT.

LITERATURA CITADA

- Bracho G. 2005. Caracterización del régimen térmico de las estaciones experimentales de la Facultad de Agronomía, con fines agrícolas y ambientales. Tesis de grado. Univ. Central de Venezuela. Fac. Agronomía. Maracay. Venezuela.
- Echarte L, D. Prando y A. Maggiora. 2002. Altas temperaturas y producción de huevos en tres localidades del sudeste de Buenos Aires. Resúmenes IX Reunión Argentina de Agrometeorología. Asoc. Argentina de Agrometeorología. Córdoba, Argentina.
- Estrada M. y S. Márquez. 2005. Interacción de los factores ambientales con la respuesta del comportamiento productivo en pollos de engorde. *Rev. Col. Cienc. Pec.*, 18(3): 246-257.
- Kulicov V. y G. Rudnev. 1980. *Agrometeorología Tropical*. Ed. Científico Técnica. La Habana, Cuba.
- Moreno F. y M. Chinchilla. 2007. Análisis del efecto de la temperatura y la humedad relativa sobre el consumo de alimento y el aumento de peso corporal en un sistema de producción de pollo de engorde en el municipio de Arbeláez (Cundinamarca). *Rev. Col. Cienc. Pec.*, 20(4): 566-568.
- Oliveros Y., J. Montilla, M. Puche, R. Figueroa y J. Marquina. 2002. Efecto del índice de temperatura y humedad sobre parámetros productivos y de comportamiento en pollos de engorde en condiciones de clima tropical. *Rev. Arg. Agrometeorología*, 2(2): 205-211.
- Pereira A, L. Angelocci y P. Sentelhas. 2002. *Agrometeorología. Fundamentos e Aplicações Praticas*. Livraria e Editora Agropecuária, Brasil.
- Pérez M. 2003. Algunos indicadores del nivel de estrés térmico en pollos de engorde en granjas comerciales del estado Aragua. Tesis de grado.

- Univ. Central de Venezuela. Fac. Agronomía. Maracay. Venezuela.
- Ramírez R., Y. Oliveros. R. Figueroa y V. Trujillo. 2005. Evaluación de algunos parámetros productivos en condiciones ambientales controladas y sistema convencional en una granja comercial de pollos de engorde. *Rev. Cien. Fac. Cien. Vet. LUZ*, 15(1): 49-56.
- Roberts W. 1983. Clima y agricultura en el siglo veinte. En *Información agroclimática para el desarrollo*. FONAIAP. p. 17-21.
- SAS. 2001. *SAS.user's guide*. SAS Institute, Cary, EUA.
- Thom E.C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise*, 12: 57 – 59.
- Torrellas F. 1998. Evaluación de las condiciones termodinámicas del ambiente en instalaciones para pollos de engorde en la granja Santa María, edo. Aragua. Tesis de Maestría. Postgrado en Ingeniería Agrícola. Facultad de Agronomía. Univ. Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- World Meteorological Organization. 1989. *Animal health and production at extremes of weather*. Technical Note N°191. Ginebra, Suiza.

SUMARIO Vol. 26 No. 4

Agradecimientos

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

NORIEGA S. A., SILVA ACUÑA R. y GARCÍA DE SALCEDO M. Revisión: Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal.....	411
RIVAS J., DÍAZ T., HAHN M. y BASTIDAS P. E. Efecto de la suplementación con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre la producción de leche al inicio de la lactancia en vacas lecheras	421
ESPINOZA F., HERNÁNDEZ R. A. y FOLACHE L. Etología de vaquillas doble propósito en un sistema silvopastoril durante el período seco en una sabana tropical	429
HERNÁNDEZ M. y GUENNI O. Producción de biomasa y calidad nutricional del estrato graminoide en un sistema silvopastoril dominado por samán (<i>Samanea saman</i> (Jacq) Merr).....	439
MACEDO R., GALINA M. A. y ZORRILLA J. M. Balance forrajero, energético y proteico de un sistema de producción tradicional de doble propósito en México	455
ZAVALA E. R., ORTIZ O. J. R., RAMÓN U. J. P., MONTALVO M. P., SIERRA V. A. y SANGINÉS G. J. R. Pubertad en hembras de cinco razas ovinas de pelo en condiciones de trópico seco	465
QUIJADA P. J., BETHENCOURT C. A., ROSALES P. N., PÉREZ M. A., SALVADOR C. A., VIVAS P. I. y AGUIRRE L. A. Prevalencia, distribución y abundancia de huevos de eustróngilos digestivos y oquistes de <i>Eimeria</i> spp en caprinos estabulados infectados naturalmente	475
MOSQUERA O. E. Caracterización de la fiebre aftosa en sistemas de producción bovina en Parroquias del estado Lara, Venezuela. Año 2006	481
TAVARES R. y AROCHA F. Diversidad de especies, abundancia relativa y estructura de tallas de tiburones oceánicos capturados por la flota palangrera venezolana en el Mar Caribe y Atlántico centro-occidental	489
MUÑOZ D., GRAÜ DE MARÍN C., MARTÍNEZ C., MARVAL H. y ZERPA A. Prevalencia de <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Vibrio</i> spp. y enterobacterias en carne de pepitona, <i>Arca zebra</i> , comercializada en Cumaná, Venezuela.....	307
LOPERA B. N. M., PEREIRA R. R., POVH J. A., GOMES P. C., VARGAS L. y NOGUEIRA DE OLIVEIRA S. Caracterización genética de lotes de peces usados en programas de repoblamiento y su importancia en la conservación genética en la piscicultura.....	515
RODRÍGUEZ P. S., MANRIQUE A. y VELÁSQUEZ M. Diversidad de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponina) en bosque seco tropical en Venezuela.....	523
OLIVEROS Y., REQUENA F., LEÓN A., OSTOS M., PARRA R., MARQUINA J. y BASTIANELLI D. Aplicación del índice de confort térmico como estimador de periodos críticos en cría de pollos de engorde	531
Índice acumulado de títulos	539
Índice acumulado de autores	545
Índice acumulado de materias.....	553