



Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical
Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical
Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical
Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical
Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical
Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical
Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical
Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical
Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical
Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical Zootecnia tropical

Zootecnia tropical

ZOOTECNIA TROPICAL

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

ZOOTECNIA TROPICAL

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

Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Venezuela

Sitio Web: http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/ZootecniaTropical/zooindex.htm

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)
Scopus (EUA)
HINARI (FAO Italia)
Org. de Estados Iberoamericanos (Colombia)

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

Direcciones electrónicas

zootrop@inia.gob.ve
jgil@inia.gob.ve
nobispo@inia.gob.ve

ZOOTECNIA TROPICAL es una revista científica que publica artículos inéditos y originales de investigación en las áreas de producción, salud, genética y reproducción animal de especies de interés zootécnico, tecnología de alimentos de origen animal, pastos y forrajes, y acuicultura marítima y continental, relacionados con el trópico. Su periodicidad es trimestral y se publica en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre. Las instrucciones a los autores aparecen en el primer Número de cada Volumen.

**SE ACEPTA EL INTERCAMBIO
CON OTRAS REVISTAS**

Exchange requested
Wir bitten um austausch
On demande l'échange
Gradiremmo cambio
Deseamos permuta

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 publicación de este Número.

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

Valor de la suscripción: Venezuela Bs. 65,00 un año. Exterior: US \$ 75.00 one year. Ejemplar: Bs. 15.00

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

SUMARIO Vol. 27 No.2

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

- Colmenares O., Coss D., Vargas D., Herrera P. y Birbe B. Análisis de sobrevivencia hasta el destete de un rebaño bufalino en condiciones de sabanas bien drenadas..... 105
- Cova L. J., . Scorza D. J. V., García D. E., Cañizález L. M., Guedez C.del C., Maffey M. y Medina M. G. Patogenicidad *in vitro* de *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch en *Musca domestica* (L.) como posible estrategia de control biológico en áreas ganaderas..... 113
- Medina M. G., García D. E., González M. E., Cova L. J. y Moratinos P. Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento..... 121
- Noriega S. A., Silva A. R. y De Salcedo M. G. Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal..... 135
- Ruiz S. C., Urdaneta J., Borges J. y Verde O. Respuesta agronómica de cultivares de caña de azúcar con potencial forrajero a diferentes intervalos de corte en Yaracuy, Venezuela 143
- Espinoza Y., Hernández Z. M. J., Barrera Ch. T V. y Obispo N. E. Efecto de la alimentación animal sobre la calidad microbiológica de estiércoles usados como fertilizantes..... 151
- Rodríguez Y., Martínez G. G. y Galíndez G R. Factores no genéticos que afectan el peso al nacer en vacunos Brahman registrados 163
- Cori M. E., De Basilio V., Figueroa R., Michelangeli C., Galíndez R. y García J. Efecto de la edad de la codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) y del aturdimiento eléctrico al momento del beneficio sobre las características de la canal 175
- Mora S. J. A. , Moyetones F. y Cerdá M. J. Influencia del contenido proteico en el crecimiento de alevines de bagre yaque, *Leiarius marmoratus*, alimentados con concentrados comerciales..... 187
- Licet B., Acosta V., Prieto A. y García N. Contribución al conocimiento de los macromoluscos bentónicos asociados a la pepitona, *Arca zebra* (Swainson, 1833), del banco natural de Chacopata, Península de Araya, Venezuela 195
- Pinilla L. J. C. Prevalencia de *Isoospora suis* en granjas porcinas intensivas ubicadas en el estado Aragua, Venezuela205

Nota Técnica

- Sandoval E., Morales G., Jiménez D., Pino L. A. y Márquez O. Evaluación de un programa de control selectivo en becerros doble propósito infectados con estróngilos digestivos..... 215

SUMARIO Vol. 27 No. 2

TABLE OF CONTENTS Vol. 27 No. 2

SCIENTIFIC ARTICLES

Colmenares O., Coss D., Vargas D., Herrera P., and Birbe B. Survival analysis from birth to weaning of a buffalo herd in well drained savanna conditions.....	105
Cova L. J., Scorza D. J. V., García D. E., Cañizález L. M., Guedez C. del C., Maffey M., and Medina M. G. <i>In vitro</i> pathogenicity of <i>Beauveria brongniartii</i> (Sacc.) Petch against <i>Musca domestica</i> (L.) as a possible strategy for biological control in livestock areas.....	113
Medina M. G., García D. E., González M. E., Cova L. J., and Moratinos P. Morpho-structural variables and biomass quality of <i>Tithonia diversifolia</i> at initial stage of growth.....	121
Noriega S. A., Silva A. R., and De Salcedo M. G. Chemical composition of coffee pulp at different silage times and its potential use in animal feeding.....	135
Ruiz S. C., Urdaneta J., Borges J., and Verde O. Agronomic response of sugarcane varieties with potential forage value under different harvesting intervals in Yaracuy, Venezuela	143
Espinoza Y., Hernández Z. M. J., Barrera Ch. T V., and Obispo N. E. Effect of animal feeding on the microbiological quality of manures used as fertilizers	151
Rodríguez Y., Martínez G. G. y Galíndez G R. F. Non-genetic factors affecting birth weight in registered Brahman cattle.....	163
Cori M. E., De Basilio V., Figueroa R., Michelangeli C., Galíndez R., and García J. Effect of slaughter age of quail and the electrical stunning on some characteristics of the carcass	175
Mora S. J. A. , Moyetones F., and Cerdá M. J. Effect of dietary protein level on growth performance of fingerlings of catfish yaque, <i>Leiarius marmoratus</i> , fed with three commercial diets	187
Licet B., Acosta V., Prieto A., and García N. Contribution to the knowledge of benthonic macromollusks associated to pepitona, <i>Arca zebra</i> (Swainson, 1833), in the natural bank of Chacopata, Araya Peninsula, Venezuela.....	195
Pinilla L. J. C. Prevalence of <i>Isospora suis</i> in swine intensive herds located in Aragua state, Venezuela.....	205

Nota Técnica

Sandoval E., Morales G., Jiménez D., Pino L. A., and Márquez O. Evaluation of a selective control program in dual purpose calves infected with digestive strongylid.....	215
--	-----

Análisis de sobrevivencia hasta el destete de un rebaño bufalino en condiciones de sabanas bien drenadas

Omar Colmenares^{1*}, Diana Coss², Daniel Vargas², Pablo Herrera³ y Beatriz Birbe³

¹Departamento de Ciencia Animal, Área de Agronomía, Universidad Rómulo Gallegos. San Juan de Los Morros, Guárico, Venezuela. *Correo electrónico: ocolmena@lycos.com

²Instituto de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Aragua, Venezuela.

³Estación Experimental "La Iguana" Universidad Simón Rodríguez. Santa María de Ipire, Guárico, Venezuela.

RESUMEN

Se realizó un estudio en un hato del estado Guárico, Venezuela, para establecer curvas de sobrevivencia hasta el destete en un rebaño bufalino (machos y hembras) en sabanas bien drenadas. Se utilizaron 1.198 datos de nacimiento, mortalidad y venta de animales (años 1993-2004). Se consideraron los efectos de época de nacimiento (EPN; lluvia y sequía), sexo (SE) y raza (R; Murrah y Mediterráneo) con el método de curvas de sobrevivencia (Kaplan-Meier). La comparación entre EPN, SE y R se realizó por pruebas no paramétricas (Log-rank y Wilcoxon). Los resultados señalaron que en los primeros cinco días de edad muere 1,75% de los animales, hasta los 30 días muere 4,93% y a los 60 días ha muerto 6,26% de los animales. La mortalidad hasta el destete (244 d) fue 10,1%, siendo 59,4% superior para la raza Murrah en comparación con la Mediterránea y para los machos fue 147,7% más alta. No se encontraron diferencias significativas para las curvas de sobrevivencia de acuerdo a la época de nacimiento.

Palabras clave: Sobrevivencia, búfalos, destete, mortalidad.

Survival analysis from birth to weaning of a buffalo herd in well drained savanna conditions

ABSTRACT

A research was conducted with records from a farm located in Guárico state, Venezuela, in order to establish the survival curves to weaning in a buffalo herd located in well drained savannas. Records of birth, mortality, and sales (n=1198) were used from 1993 to 2004. The effect of calving season (CS), sex, and breed (B) were included to obtain the survival curves of Kaplan-Meier, and the Log-rank and Wilcoxon test were used to compare within effects. The results indicated a mortality of 1.75% the first five days after calving, 4.93% until 30 days of age, and 6.26% until 60 days, with 10.1%, of mortality from calving to weaning, being 59.4% higher in Murrah breed compared to Mediterranean breed, and 147.7% higher in males, without differences between calving seasons.

Keywords: Survival, buffaloes, weaning, mortality.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción con vacunos de doble propósito son, sin lugar a dudas, la modalidad de producción más importante que se practica en Latinoamérica y Venezuela. Sin embargo, también existe otra alternativa, como es el caso de los sistemas de producción con búfalos, que se vienen desarrollando en el país desde 1920, cuando se introduce el primer rebaño bufalino proveniente de Trinidad (Reggeti *et al.*, 1993).

Muchos son los trabajos realizados en producción de carne, leche, crecimiento y reproducción de rebaños vacunos. Sin embargo, en cuanto a sobrevivencia y causas de salida todavía la información es escasa, y más aun cuando se refiere a búfalos, en cuyo caso es casi inexistente, sin contar con que la mayor parte de las investigaciones generalmente se han dedicado a la evaluación de causas asociadas con aspectos sanitarios y/o mortalidad (Cockrill, 1974; Schottler *et al.*, 1977; Ford, 1982; Singh *et al.*, 1985; Haipeng y Runpei, 1987).

La mortalidad de las crías es considerada como una de las principales causas de pérdidas en la producción ganadera. En este sentido, Khan *et al.* (2007) encontraron una mortalidad de las crías de 17,9%, mientras Khan y Khan (1995) indicaron una mortalidad de 7,1%. Estos autores señalan que la baja tasa de mortalidad encontrada en las fincas gubernamentales de la India puede ser atribuida a mejores prácticas de manejo y alimentación. Por otra parte, Schottler *et al.* (1977) señalaron valores en becerros criados extensivamente similares a los encontrados en rebaños vacunos. Una mortalidad de becerros de 8,8% fue encontrada en búfalos de Papúa, Nueva Guinea (Cockrill, 1974), mientras las pérdidas al destete de búfalos de pantano en el territorio norte de Australia fueron 8% (Ford, 1982). En China, Haipeng y Runpei (1987) encontraron altos valores de sobrevivencia (92,6 y 96,3%) en dos sistemas de producción.

Adicionalmente, Singh *et al.* (1985), en un estudio realizado en la región de Rithaura, en la India, con 24 rebaños de búfalos y ganado vacuno y con campesinos de la zona, reportaron que la mortalidad estuvo influenciada por la edad de los animales. En el ganado vacuno, las pérdidas fueron mayores hasta el primer año de edad. Las pérdidas por morbilidad (pérdidas por producción, pérdidas económicas asociadas con

enfermedades pero sin la muerte del animal) fueron mayores en grupos de más de 6 años. Las pérdidas en las hembras fueron proporcionalmente mayores que en los machos.

Es importante resaltar que los trabajos señalados hacen un análisis de la sobrevivencia de animales dentro de los sistemas de producción desde un punto de vista estático, en los cuales se evalúa la mortalidad de animales a edades predeterminadas. Sin embargo, la metodología del análisis de sobrevivencia permite realizar una evaluación dinámica de la ocurrencia de un determinado evento (Altman, 1991). Los análisis de sobrevivencia se aplicaron inicialmente en medicina humana para expresar el éxito de una terapia y se utilizan cuando es de interés tanto la ocurrencia de un evento (usualmente dicotómico), como el momento en que dicho evento ocurre (Noordhuizen *et al.*, 1997). El tiempo en que dicho evento ocurre es conocido como tiempo de sobrevivencia y su metodología de análisis ha sido escasamente utilizada en vacunos en condiciones de trópico de Venezuela. En el caso de búfalos no existen trabajos reportados que la utilizaran, por lo cual resulta muy importante su aplicación, a fin de aprovechar una herramienta novedosa dentro del campo de la producción con búfalos. Este trabajo se planteó realizar un estudio con el objetivo de establecer las curvas de sobrevivencia hasta el destete, en un rebaño de búfalos (machos y hembras), ubicado en zona de sabanas bien drenadas en Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la unidad de producción

Los 1.198 datos utilizados en este trabajo corresponden al Hato Barrancas, ubicado en el kilómetro 32 de la carretera Las Mercedes - Cabrutas, municipio Las Mercedes del Llano, estado Guárico, Venezuela. La unidad de producción tiene una superficie total de 18.094 ha, de las cuales 14.000 ha son utilizadas en ganadería; de estas últimas, 2.500 ha se destinan a la cría de búfalos, donde actualmente se encuentran 663 búfalos entre machos y hembras.

Características generales de la zona

Clima

El clima es típico de sabana con una temperatura promedio anual de 26,3°C, con máxima de 32,5°C y

mínima de 21,6°C. La precipitación es estacional, con un promedio anual de 1.220 mm, distribuida entre junio y octubre, con los meses de mayo y noviembre como transición. La humedad relativa es 74% como promedio anual con máxima de 82% y mínima de 65% (Arias y Riera, 1978).

Suelos

Esta zona posee suelos de los ordenes Alfisol, Ultisol, Vertisol e Inceptisol (Dugarte y Martínez, 1989), y según su capacidad de uso son IVSe y VISe. Las texturas son variables y van desde arcillosa (>35% arcilla) hasta arcillo-arenosas. El pH es ligeramente ácido, con baja fertilidad y limitaciones por fósforo; además, presentan un drenaje sub-superficial deficiente (Arias y López, 1979).

Vegetación

La vegetación presenta variabilidad por influencia de los tipos de suelo, permitiendo el crecimiento de especies arbóreas como palma llanera (*Copernicia tectorum*), jobo (*Spondias bombin*), guásimo (*Guazuma ulmifolia*), cardón (*Cereus hexagonus*) y cañafístolo (*Cassia moschata*) (Pittier, 1970; Schneé, 1973). Entre las especies gramínicas más comunes se encuentran saeta (*Trachypogon* spp.), saeta azul (*Andropogon* spp.), gamelotillo (*Paspalum plicatulum*) y arrocillo (*Echinochloa colonum*). Además de las anteriores, se encuentran especies pertenecientes a los géneros *Panicum*, *Paspalum* y *Axonopus*, entre otros (Martínez y Dugarte, 1989). También es posible encontrar especies leguminosas como pega-pega (*Desmodium* spp.), bejuquillo (*Centrosema pubescens*), dormidera (*Mimosa pudica*) y añilito (*Indigofera* spp.); sin embargo, las especies de pastos más abundantes son andropogon (*Andropogon* sp.) con 4.000 ha, humidícola (*Urochloa humidicola*) con 8.000 ha y brizanta (*Urochloa brizantha*) en 2.000 ha.

Hidrografía

Las aguas superficiales están constituidas por los ríos Orituco y Los Aceites y las quebradas El Cucharo y Guabinita, siendo su drenaje hacia el río Guárico, afluente del Orinoco (Dugarte y Martínez, 1989). Además, el hato cuenta con lagunas distribuidas a lo largo de su superficie y muchas de ellas mantienen su nivel de agua en la época de sequía.

Manejo general del rebaño

El hato dispone de 2.500 ha para los búfalos, en dos fundaciones, donde 1.800 ha se utilizan para cría y 700 ha para levante. En cada fundación se manejan dos lotes de animales, es decir, búfalas secas y paridas. La alimentación se basa en pastoreo y las hembras en producción se suplementan con 5 kg de ensilaje y bloques multinutricionales. Se realiza un sólo ordeño diario, en la mañana, y la leche es procesada en la misma unidad de producción para la elaboración de quesos, entre otros subproductos.

Datos utilizados

De un total de 1.311 registros de machos y hembras desde los años 1993 hasta 2004, se eliminaron 113 (8,61%) por ausencia de fecha de salida y nacimiento. Para la curva de sobrevivencia del nacimiento hasta el destete (244 días) se usaron 1.198 registros entre hembras (n=617) y machos (n=581) desde 1993 hasta 2003. En los análisis estadísticos se incluyó la variable censo con el valor 1 cuando el animal sufría un evento evaluado (muerte) y 0 cuando no ocurría.

Análisis estadístico

Los datos fueron evaluados a través de las curvas de sobrevivencia Kaplan-Meier considerando como fuentes de variación el sexo del animal, raza (Mediterránea y Murrah) y época de nacimiento (seca y lluviosa). La comparación entre las curvas de sobrevivencia de las diferentes épocas de nacimiento, sexos y grupos raciales se realizó a través de las pruebas no paramétricas conocidas como Log-rank y Wilcoxon, utilizando el programa Statistix 8 para Windows (Analytical Software, 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados encontrados para el análisis de sobrevivencia de los animales desde el nacimiento hasta el destete (244 días) se muestran en la Figura 1. Adicionalmente, se encontró que murieron 1,75, 4,93 y 6,26% en los primeros 5, 30 y 60 días de edad, respectivamente. La mortalidad predestete fue 10,1%, resultado que se encuentra dentro del rango señalado en la literatura (Cockrill, 1974; Schottler *et al.*, 1977; Ford, 1982; Haipeng y Runpei, 1987; Khan y Khan, 1995; Khan *et al.*, 2007).

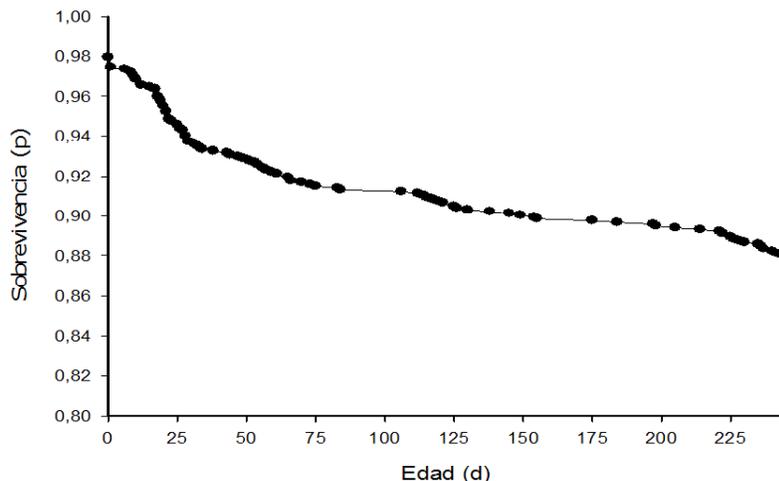


Figura 1. Curva de sobrevivencia (proporción) hasta el destete en el rebaño evaluado.

Análisis de sobrevivencia hasta el destete según la época de nacimiento

Los análisis estadísticos no indicaron diferencias significativas entre las curvas de sobrevivencia según la época de nacimiento, a través de la prueba de Wilcoxon ($P=0,2904$) y la prueba de Log-rank ($P=0,2902$). Se puede observar en la Figura 2 que, aún cuando la tasa de mortalidad a lo largo de este periodo fue similar entre ambos grupos, se evidencian diferencias mayores luego de los 130 días, aunque no estadísticamente significativas, lo cual pudo deberse al efecto residual de la época seca.

Análisis de sobrevivencia hasta el destete de acuerdo al grupo racial

Los análisis estadísticos señalaron diferencias significativas en las curvas de sobrevivencia entre los grupos raciales, tanto en la prueba de Wilcoxon ($P=0,0133$), como en la prueba Log-rank ($P=0,0125$). En el Cuadro 1 se muestran los valores de mortalidad obtenidos para los animales Murrah y Mediterráneos.

Se puede observar cómo la mortalidad perinatal fue similar para ambos grupos raciales. Sin embargo, a los 30 días de edad se pudo evidenciar que la raza Murrah tuvo una mortalidad 37,8% superior a la de la raza Mediterránea y a los 60 días de edad esta diferencia fue 32,9%. Durante el periodo evaluado, desde el nacimiento hasta los 244 días de edad se

observó que la raza Murrah tuvo una mortalidad 37,3% mayor que la raza Mediterránea.

En la Figura 3 se puede observar cómo las diferencias entre los grupos raciales comienzan cerca de los 15 días de edad y se mantiene a lo largo de todo el periodo predestete.

Análisis de sobrevivencia hasta el destete según el sexo de los animales

Los análisis estadísticos encontraron diferencias estadísticas entre las curvas de sobrevivencia según el sexo del animal, tanto por la prueba de Wilcoxon ($P=0$), como por la prueba de Log-rank ($P=0$). En el caso del sexo del animal se observaron diferencias a partir de los cinco días de edad, siendo la mortalidad en los machos 84,2% superior a la de las hembras. A los 30 días de edad, la mortalidad fue 68% superior, mientras a los 60 días fue 61%. Al final del periodo predestete la mortalidad en machos fue 58,7% mayor que la de las hembras (Cuadro 2).

En la Figura 4 se puede observar el comportamiento de las curvas de sobrevivencia durante la fase predestete, evidenciándose cómo la diferencia entre hembras y machos se mantiene a lo largo de toda esta fase.

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados indican una mortalidad predestete (10,1%) dentro de los rangos encontrados en la literatura. Sin embargo, considerando el grupo

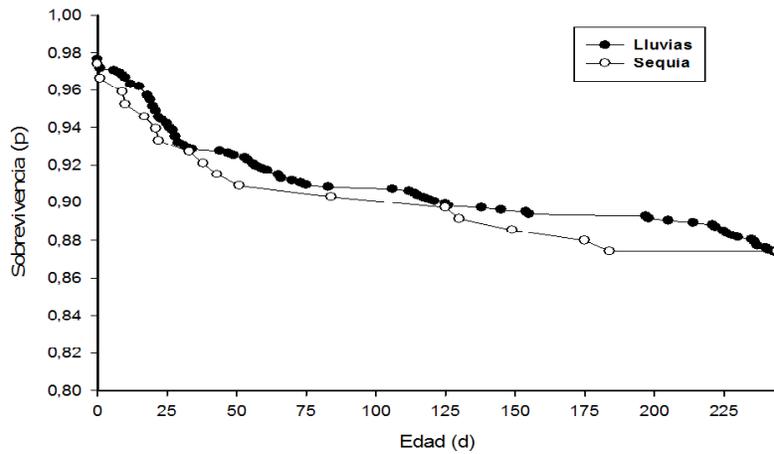


Figura 2. Curva de supervivencia (proporción) hasta el destete según la época de nacimiento de los animales del rebaño evaluado.

Cuadro 1. Mortalidad hasta el destete según el grupo racial.

Edad	Raza	
	Mediterránea	Murrah
Días	----- % -----	
5	1,83	1,57
30	3,63	5,84
60	4,87	7,26
244	7,51	11,97

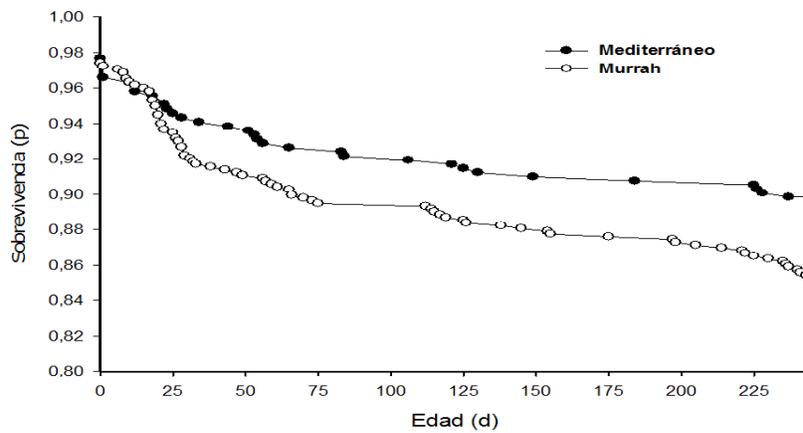


Figura 3. Curva de supervivencia (proporción) hasta el destete según el grupo racial, para el rebaño bajo estudio.

Cuadro 2. Mortalidad hasta el destete según el sexo del animal.

Edad días	Sexo	
	Hembras	Machos
	----- % -----	
5	0,49	3,11
30	2,43	7,61
60	3,57	9,17
244	6,00	14,53

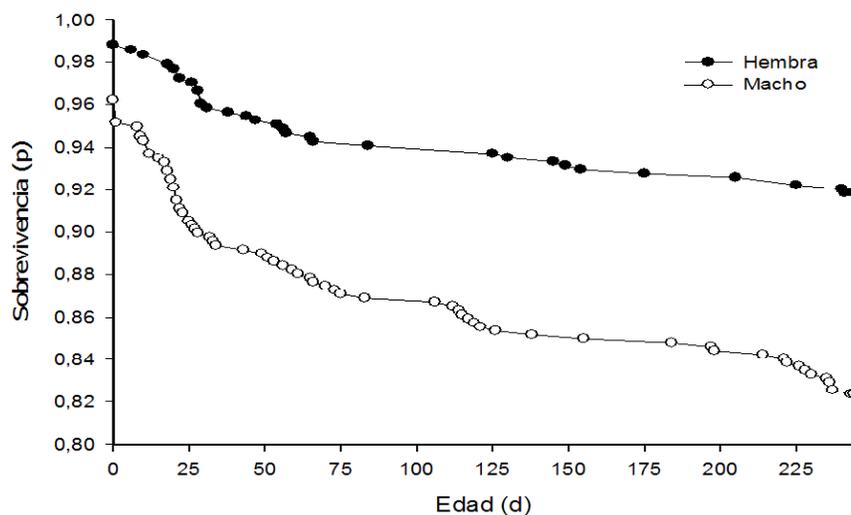


Figura 4. Curva de supervivencia (proporción) hasta el destete por sexo de la cría, en el rebaño bajo estudio.

racial y el sexo, se encontraron valores elevados en las crías Murrah y en los machos. La tasa de mortalidad hasta los 30 días de edad sugiere la necesidad de un mayor cuidado de las crías durante esta fase, con el fin de reducir la mortalidad total.

LITERATURA CITADA

- Altman D.G. 1991. Practical statistics for medical research. Chapman & Hall. Londres, Inglaterra.
- Analytical Software. 2005. Statistix 8.0 for Windows. Analytical Software, Tallahassee, EUA.
- Arias I. y G. López. 1979. Caracterización de los sistemas de producción de la zona de colinas de la Región Oriental de Guárico. FONAIAP, Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Región de los Llanos Centrales. Valle La Pascua, Venezuela.
- Arias I. y J. Riera. 1978. Diagnóstico Regional. Caracterización agroclimática de la región Oriental de Guárico. Boletín N° 2. Estación Experimental Nor-oriente, Guárico. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Venezuela. (Mimeo).
- Cockrill W.R. 1974. The buffaloes of Latin America. En Cockrill W.R. (Eds.) The Husbandry and Health of the Domestic Buffalo. FAO, Roma, Italia. pp. 677-707.
- Dugarte J. y G. Martínez. 1989. Caracterización de la producción agropecuaria de la zona Norte-Central del Municipio Las Mercedes, Distrito Infante, estado Guárico. Tesis Ing. Agr. Fac. Agronomía. Univ. Central Venezuela. Maracay, Venezuela.

- Ford B.D. 1982. Productivity and management of the water buffalo in Australia. Technical Bulletin No. 61, Northern Territory, Dep. Primary Production, Darwin. Australia.
- Haipeng H. y W. Runpei. 1987. Nili-Ravi buffalo in the south of China. *Buffalo Bull.*, 6(4): 83-88.
- Khan A. y M.Z. Khan. 1995. Epidemiological aspects of neonatal calf mortality in the Nili-Ravi buffaloes. *Pakistan Vet. J.*, 15(4): 163-168.
- Khan Z.U., S. Khan, N. Ahmad y A. Raziq. 2007. Investigation of mortality incidence and managemental practices in buffalo calves at commercial dairy farms in Peshawar city. *J. Agr. Biol. Sci.*, 2(3): 16-22.
- Noordhuiaen J.P., K. Frahkena, C.M. Van Der Hoofd y E.A.M. Graaft. 1997. *Application of Quantitative Methods in Veterinary Epidemiology*. Wageningen Press, Wageningen, Holanda.
- Pittier H. 1970. *Manual de Plantas Usuales de Venezuela y Suplemento*. Fundación Eugenio Mendoza. Caracas, Venezuela.
- Reggeti J., R. Rodríguez y C. Silva. 1993. Retrospectiva histórica y la producción de búfalos en Venezuela. *En* Peña de Borsotti N. y D. Plasse (Eds.) IX Cursillo sobre Bovinos de Carne. Univ. Central de Venezuela, Fac. Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. pp. 179-197.
- Schneé L. 1973. *Plantas Comunes de Venezuela*. 2^{da} ed. Univ. Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Schottler J.H., A. Boromana y W.T. Williams. 1977. Comparative performance of cattle and buffalo on the Sepik plains, Papua New Guinea. *Aust. J. Exp. Agr. Ani. Husb.*, 17: 550-554.
- Singh P., V.K. Dwived y O.N. Kunzru. 1985. Effect of age on economic losses in cattle and buffalo due to diseases: A case study. *Ind. J. Dairy Sci.*, 56(11): 1171-1175.

Patogenicidad *in vitro* de *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch en *Musca domestica* (L.) como posible estrategia de control biológico en áreas ganaderas

Luis J. Cova¹, José V. Scorza D.¹, Danny E. García^{2*}, Luis M. Cañizález³, Clemencia del C. Guedez³, Miguel Maffey⁴ y María G. Medina²

¹Instituto de Investigaciones Experimentales “José Witremundo Torrealba” Universidad de los Andes, Trujillo, Trujillo. Venezuela.

²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Estación Experimental del estado Trujillo. Pampanito, Trujillo. Venezuela.

*Correo electrónico: dagamar8@hotmail.com

³Laboratorio de Fitopatología “Dr. Carlos Díaz Polanco”, Núcleo Universitario “Rafael Rangel” (NURR), Trujillo, Trujillo. Venezuela.

⁴Laboratorio de Postcosecha, NURR, Trujillo, Trujillo. Venezuela.

RESUMEN

Se realizó un experimento con el objetivo de evaluar en condiciones de laboratorio la patogenicidad de *Beauveria brongniartii* (cepa LF-05) en *Musca domestica*. Las conidias de *B. brongniartii* se obtuvieron a partir de una cepa introducida desde Perú. El hongo fue propagado en medio de cultivo agar-papa-dextrosa y luego en arroz semicrudo esterilizado. Las moscas F1 se obtuvieron a partir de especímenes silvestres, los cuales fueron capturados en una granja avícola (Betijoque, Venezuela). Ciento sesenta moscas adultas de 3 días de edad, distribuidas en 8 lotes con 17 hasta 40 moscas por frasco fueron anestesiadas con éter, para posteriormente aplicar suspensiones de *B. brongniartii* diluida en agua a partir una suspensión madre de 108 conidias/mL, resultando seis tratamientos, en función de la concentración: sin aplicación del hongo; $1,2 \times 10^3$; $1,2 \times 10^4$; $1,2 \times 10^5$; $1,2 \times 10^6$ y $1,2 \times 10^7$ conidias/mL. Se utilizaron además frascos controles con 100 moscas sanas que se sometieron únicamente a la anestesia con éter. El recuento de las moscas caídas, tanto en los frascos experimentales como en los controles, se hizo hasta el día 24. Mediante la metodología Probit® se determinó que los TL_{50} y TL_{95} se obtuvieron 11,08 y 13,25 días antes que en el control, respectivamente. Los resultados permiten concluir que esporas de *B. brongniartii* a $1,2 \times 10^7$ conidias/mL, produjeron 95% de mortalidad en *M. domestica* en 9,27 días. Se especula su uso en nebulizaciones con similar concentración del preparado para el control de la mosca en unidades de producción avícola, porcina y vacuna.

Palabras clave: *Beauveria brongniartii*, *Musca domestica*, control biológico, acción patogénica, hongos entomopatógenos

In vitro pathogenicity of *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch against *Musca domestica* (L.) as a possible strategy for biological control in livestock areas

ABSTRACT

An experiment was carried out in order to study, in laboratory condition, the pathogenicity of *Beauveria brongniartii* (strain LF-05) against *Musca domestica*. The conidia of *B. brongniartii* were obtained from Perú. The fungus was propagated in potato-dextrose-agar culture medium, and later in semi-crude sterilized rice. F₁ flies were obtained from wild specimens which were captured with mesh in a poultry breeding farm (Betijoque, Trujillo state, Venezuela). In the laboratory, one hundred and sixty adult flies from 3 days of age, divided into

8 lots with 17 to 40 per bottle flies were anesthetized with ether, and then applied *B. brongniartii* suspensions diluted in water from 10^8 conidia/mL, resulting in six treatments: control, 1.2×10^3 , 1.2×10^4 , 1.2×10^5 , 1.2×10^6 , and 1.2×10^7 conidia/mL. Healthy controls with 100 flies were used with only ether as anesthesia. The counting of fallen flies, both in the experimental and bottles at checkpoints, it was up to 24 days. Using the Probit® methodology, it was found that the LT_{50} and LT_{95} were 11.08 and 13.25 days earlier than control group, respectively. Results showed that spores of *B. brongniartii* (strain LF-05), at 1.2×10^7 conidia/mL, resulted in 95% mortality of *M. domestica* in 9.27 days. The use of nebulizations with similar concentration of spores to fly control in local production units of poultry and cattle were speculated.

Keywords: *Beauveria brongniartii*, *Musca domestica*, biological control, pathogenic action, entomopathogenic fungi

INTRODUCCIÓN

Los hongos entomopatógenos constituyen actualmente una alternativa para el control de insectos transmisores de enfermedades, frente al uso indiscriminado de insecticidas (Pucheta *et al.*, 2006). El interés por la investigación en América de los hongos entomopatógenos ha sido enfatizado por Alves (1986). En este sentido, se han reportado más de 750 especies de casi 100 géneros que pueden infectar insectos (Kachaturians, 1996). Sin embargo, pocos han sido estudiados en profundidad. Entre los más investigados se encuentran *Beauveria bassiana*, *Beauveria brongniartii*, *Langenedium giganteum*, *Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae* y *Isaria fumosorosea*, los cuales han sido utilizados comercialmente (Wraight, 1998).

Al respecto, los hongos entomopatógenos inician el proceso de infección en los insectos cuando las esporas entran en contacto con la superficie del integumento (Jones, 1994) y no necesariamente estos deben ser ingeridos para que se realice el control (Caruthers y Hural, 1990). El contacto puede ocurrir a través de los espiráculos, partes bucales y membranas inter-tegumentales (Kersaw y Talbot, 1998). El tiempo para la colonización puede variar de 3 a 11 días dependiendo del patógeno, del insecto y de las condiciones ambientales (Alves, 1986); la reproducción del patógeno ocurre entre las 48 y 60 horas. Al consumir los nutrientes el hongo inicia un crecimiento micelar invadiendo todos los órganos del hospedero, finalmente las hifas penetran la cutícula desde el interior del insecto y emergen a la superficie iniciando la formación de esporas cuando la humedad relativa es adecuada (Gillespie y Claydon, 1989). A pesar que el insecto activa su sistema inmune a través de procesos como la melanización, fagocitosis,

nodulación y encapsulamiento (St. Legar y Robert, 1997), los hongos desarrollan mecanismos que le permiten evitar las defensas, tales como cambios en la pared celular y producción de sustancias inmunomodulatorias o toxinas fúngicas (Khachatourians, 1991; 1996).

Por otra parte, el estiércol proveniente de los sistemas de producción animal es un medio excepcional para el cultivo de larvas de insectos, en especial de *Musca domestica* (Moon *et al.*, 2001). La abundancia de moscas en ciertos lugares se debe a la acumulación de larvas en las granjas y su posterior traslado comercial a las zonas agrícolas (Avancini y Silveira, 2000). Esta problemática es generalizada y ya Asher (1961) en Israel lo había destacado advirtiendo la inutilidad del uso de insecticidas sintéticos para el control de las moscas en granjas.

Existe abundante información sobre el papel de la mosca doméstica como transportadora de agentes patógenos que incluyen virus, bacterias, protozoos y huevos de helmintos de importancia sanitaria (Greenberg, 1973). Más recientemente se ha demostrado que ese transporte no es simplemente por contaminación mecánica, sino también es interno por excreción, como ocurre con *Escherichia coli* (Kobayashi *et al.*, 1999; Sasaki *et al.*, 2000). En este sentido, se ha confirmado el creciente desarrollo de resistencia de *M. domestica* contra muchos insecticidas de uso común (Nazni *et al.*, 1998). Simultáneamente, el aumento de la producción animal, con excesiva producción de estiércol, ha conducido al incremento poblacional de moscas domésticas (Axtell y Arends, 1990) y al riesgo de su mayor distribución a distancia, por el consumo de este desecho orgánico como abono en localidades hortícolas (Peter y Zacharda, 1997). La resistencia de *M. domestica* a casi todos los grandes

grupos de insecticidas afecta la salud pública, lo cual ha sido bien documentado por Georghiou y Mellon (1983). Ensayos en las Filipinas (Nazni *et al.*, 1998) revelaron una elevada resistencia en la generación F₁ de moscas colectadas en una granja avícola contra cinco insecticidas de uso común, que incluyó un clorado, un fosforado, un carbamato y un piretroide, confirmando resultados que son generales para las moscas sinantrópicas.

Aunque el control biológico, en el caso de moscas, es a menudo descrito y rara vez practicado presenta gran significado en el caso de las granjas criadoras de pollos, ya que no puede aplicarse masivamente pesticidas o utilizarse recursos como el ozono que demanda tecnología muy cara (Masten *et al.*, 2002). Por otro lado, el uso extensivo de estos plaguicidas sintéticos no es recomendable en la explotación con animales, donde las intervenciones de control deberían hacerse con medios biológicos, los cuales son más específicos y sin riesgos para los productores y consumidores (Cova y Scorza, 2006; Scorza y Cova, 2006).

Por tales motivos, el objetivo de esta investigación fue evaluar la actividad entomopatógena de *B. brongniartii* (cepa LF-05) en *M. domestica* determinando los tiempos letales (TL₅₀ y TL₉₅) a diferentes dosis, mediante la inoculación individual por contacto con conidias en moscas inmovilizadas con éter etílico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y condiciones del ensayo

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Parasitología, perteneciente al Instituto de Investigaciones Experimentales “José Witremundo Torrealba” del Núcleo Universitario “Rafael Rangel”, de la Universidad de los Andes, Trujillo, Venezuela (800 msnm). La temperatura en el área es relativamente constante (25,2°C) con humedad relativa entre 60 y 78%.

Obtención de *B. brongniartii* (cepa LF-05)

Las conidias de *B. brongniartii* se obtuvieron a partir de introducciones del hongo desde el Cuzco, Perú (1.600 msnm, 13° 08' 50" S y 72° 17' 10" O). Posteriormente el hongo fue propagado en medio de cultivo en agar-papa-dextrosa y luego en arroz

semicrudo esterilizado. Para la propagación en masa, se utilizaron fragmentos de agar con desarrollo fúngico, suspendidos en agua desionizada con 1:10 000 de Tween-80 e inoculándolo en arroz descascarado, previamente humedecido al 30% (p/v) y esterilizado dentro de bolsas de polietileno a 115°C durante 15 minutos. El arroz inoculado se incubó a temperatura ambiente (25°C) en penumbra (1-3 Lux) durante dos semanas. Se tamizó el desarrollo fúngico a través de organdí y se cosecharon las esporas para recogerlas en envases secos de aluminio esterilizado. Los ensayos de germinación de las esporas se realizaron mediante la técnica de Milner *et al.* (1991), éstos revelaron más de 90% de viabilidad.

Obtención de moscas F₁ a partir de moscas silvestres

Para la obtención de moscas F₁ a partir de especímenes silvestres se empleó el dispositivo utilizado por Scorza y Cova (2006), capturando con una malla (tamaño de poro, 1 mm) los insectos en una granja de cría avícola (Sara Linda, Betijoque, estado Trujillo). El equipo fue constituido por pares de frascos de 4,8 L de 27 x 15 x 0,95 cm de longitud, diámetro y boca, respectivamente, conectados mediante un tubo de PVC de 40 x 7,6 cm de longitud y diámetro externo, ajustado fuertemente dentro de las bocas de los frascos, mediante un suplemento de bandas elásticas. En la cara superior del tubo de PVC se hicieron 60 aberturas de 20 mm de diámetro, como ventanas de ventilación, dispuestas en hileras y cubiertas por nailon adherido con pegante. Dentro de uno de los frascos se introdujeron las moscas silvestres junto con dos envases plásticos, uno con azúcar refinada y otro con leche en polvo. En el otro frasco, como medio para la postura de las moscas, se añadieron 250 g de gallinaza humedecida extraída del lecho de una granja de cría de pollos, precalentada a 60°C durante una hora para eliminar huevos, larvas o pupas contaminantes ajenas, para posteriormente reinocular el medio con un extracto filtrado de gallinaza (Glaser, 1924). Se colocaron los sistemas a temperatura ambiente (25°C) en un lugar sombreado y protegido de la acción directa de la luz. Se cubrieron las aberturas del tubo de PVC con tiras de tela gruesa humedecidas por capilaridad, con el otro extremo sumergido en un frasco con agua. Tan pronto aparecieron larvas de moscas de primero o segundo estadio de desarrollo en la gallinaza de cultivo, se extrajeron las moscas

progenitoras, para obtener la generación F₁ entre ocho y doce días más tarde.

Procedimiento de anestesia con éter para *M. domestica*

Se utilizó la metodología descrita por Scorza y Cova (2006) con el uso de éter etílico como anestésico, único modo para aplicar individualmente las concentraciones de conidias sobre las coxas y piezas bucales de las moscas. La dosificación del éter para las moscas fue variable (0,4-0,5 mL/mosca). Se expusieron lotes de diecisiete hasta cuarenta individuos en frascos de 4,8 L a los vapores de éter.

Se anestesiaron 160 moscas adultas de 3 días de edad, distribuidas en 8 lotes con 17 hasta 40 moscas por frasco. El período promedio máximo de aplicación fue 4,04 min y el promedio de la duración de la anestesia fue de 12,08 min con mínimo de 6 y máximo de 23 min.

Evaluación de la patogenicidad de la cepa LF-05

Micelios y conidias de *B. brongniartii* de 21 días de cultivos fueron separados por tamizado en función del tamaño y las conidias se suspendieron en agua deionizada con Tween-80 (0,01%) y agitadas suavemente durante un minuto para separarlas. A partir de una suspensión de 10⁸ conidias/mL contadas con un hemocitómetro Neubauer en 4 x 16 cuadrantes equivalentes a 0,1 mm³, se ajustó el recuento por centrifugación a 3.000 rpm y resuspensión. A partir de esta suspensión madre con 10⁸ conidias/mL se hicieron diluciones seriadas en agua con Tween-80 para preparar suspensiones de 10⁷ hasta 10³ conidiosporas/mL en volúmenes de 10 mL y refrigerarlas (5°C) hasta su uso, menos de doce horas más tarde.

Moscas anestesiadas en lotes de 25 fueron inoculadas con 0,5 µL de cada suspensión evaluada. El inóculo fue depositado entre la trompa y las coxas anteriores, bajo aumento de 5X. Con cada suspensión de conidias se contaminaron 100 moscas que fueron confinadas en cuatro frascos de 4,8 L con círculos de papel Whatman No.1 de 14 cm de diámetro humedecido y sendos envases plásticos con azúcar refinada y leche en polvo. Se prepararon así frascos, de cuatro en cuatro, para 100 moscas contaminadas con las respectivas concentraciones de conidias (1,2 x 10³; 1,2 x 10⁴; 1,2 x 10⁵; 1,2 x 10⁶ y 1,2 x 10⁷ conidias/mL) y además, frascos controles con 100 moscas

sanas que se sometieron únicamente a la anestesia con éter. Los frascos se colocaron en penumbra (1-3 Lux) y diariamente se contaron las moscas caídas y aparentemente muertas por su inmovilidad a la agitación del frasco. No se separaron los cadáveres para evitar el estrés en las sobrevivientes. El recuento de las moscas caídas, tanto en los frascos experimentales como en los controles, se hizo hasta el día 24, considerando que en las condiciones experimentales una mosca puede vivir hasta 30 días. Se prestó especial atención, en las moscas caídas, a la aparición en los cadáveres de micelio blancuzco o rosado pálido.

Análisis de resultados

Para el análisis de los resultados se corrigió la mortalidad con respecto al control, utilizando la fórmula propuesta por Abbott (1925), mortalidad corregida (%) = [(X-Y)/X] x 100, donde X son las moscas vivas del control e Y son moscas vivas en el tratamiento. Posteriormente se aplicó la metodología Probit® del paquete estadístico Minitab (2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestra la mortalidad acumulada en función de los insectos caídos, hasta los 24 días, en seis lotes de 100 moscas contaminadas con 0, 6 x 10⁻¹, 6, 6 x 10, 6 x 10² y 6 x 10³ conidias de *B. brongniartii* por mosca, respectivamente. Al respecto, se observa la dependencia entre la mortalidad de *M. domestica*, en función de las concentraciones del hongo. Considerando los datos transformados entre el día 6 y el 23 se observaron las mayores variaciones numéricas, las cuales fueron posteriormente utilizadas para el cálculo de los TL₅₀ y TL₉₅.

En el Cuadro 2 se presentan los tiempos letales (TL₅₀ y TL₉₅), mediante el análisis Probit® para *M. domestica*, producidas por distintas concentraciones de conidias de *B. brongniartii*. Los TL₅₀ y TL₉₅ a concentración de 1,2 x 10³ conidiosporas/mL de *B. brongniartii* no exhibieron diferencias numéricas sustanciales con el control. A dosis de 1,2 x 10⁴ y 1,2 x 10⁵ esporas/mL las moscas tratadas mostraron TL₅₀ cinco y seis días más tempranos y TL₉₅ con seis y siete días antes que las obtenidas con las concentraciones de 1,2 x 10³ conidias/mL y el control, respectivamente. Para la dosis de 1,2 x 10⁷ conidiosporas/mL, el TL₅₀ se obtuvo 11,08 días antes y el TL₉₅ 13,25 días antes que en el control, respectivamente.

Cuadro 1. Mortalidad corregida de *M. domestica* producida por diferentes concentraciones de conidias de *B. brongniartii*.

Tiempo día	Concentración de conidias					Control
	1,2 x 10 ⁷	1,2 x 10 ⁶	1,2 x 10 ⁵	1,2 x 10 ⁴	1,2 x 10 ³	
	----- conidia/mL -----					
1	-	-	-	-	-	1
2	-	-	-	-	-	1
3	-	0	-	-	0	1
4	0	1	-	-	0	1
5	1	0	-	-	-	3
6	67	0	-	-	0	3
7	77	34	0	-	0	3
8	83	49	4	2	1	3
9	94	61	4	6	2	4
10	99	81	29	14	8	5
11	100	96	46	21	13	11
12		98	65	34	14	20
13		99	83	51	24	20
14		97	92	68	18	28
15		99	94	78	21	33
16		100	98	93	35	46
17			100	91	37	54
18				90	48	69
19				85	70	80
20				93	88	84
21				100	90	90
22					100	95
23						98
24						100

Cuadro 2. Tiempos letales (TL₅₀ y TL₉₅) y error estándar (EE) en función de la mortalidad de *M. domestica* producida por distintas concentraciones de conidias de *B. brongniartii*.

Concentración conidia/mL	TL ₅₀ d	EE	Límite de confianza		TL ₉₅ d	EE	Límite de confianza	
			Inferior ----- d -----	Superior ----- d -----			Inferior ----- d -----	Superior ----- d -----
Control	16,15	0,15	15,84	16,46	22,52	0,35	21,89	23,28
1,2 x 10 ³	17,05	0,18	16,70	17,43	24,06	0,49	23,20	25,13
1,2 x 10 ⁴	12,89	0,13	12,63	13,14	16,87	0,31	16,33	17,57
1,2 x 10 ⁵	11,15	0,15	10,83	11,43	14,79	0,24	14,37	15,34
1,2 x 10 ⁶	8,06	0,14	7,76	8,32	11,41	0,23	11,02	11,93
1,2 x 10 ⁷	5,07	0,39	4,04	5,68	9,27	0,34	8,74	10,16

Ensayos realizados por Barson *et al.* (1994) en condiciones de laboratorio utilizando seis especies de hongos entomopatógenos contra larvas y moscas domésticas adultas mostraron lo infectivo del uso de *B. brongniartii*, comparada con otros tales como *M. anisopliae* y *T. cilindrosporium*. Sin embargo, ensayos realizados sobre la variabilidad de *B. brongniartii* (Hadapad *et al.*, 2006), mediante un análisis de clasificación automática basado en una matriz de distancias genéticas mediante análisis de marcadores amplificadores de fragmentos polimórficos (AFLP), encontraron que la virulencia de *B. brongniartii* está estrechamente relacionada con su variabilidad genética. En este sentido, en investigaciones realizadas por Konstantopoulou y Mazomenos (2005) empleando *B. brongniartii* y *B. bassiana* contra adultos de la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata*) a concentraciones de 10^8 esporas/mL en seis días estos hongos causaron el 97,4 y 85,6% de mortalidad, respectivamente.

La efectividad de seis especies de hongos entomopatógenos para el control de larvas y moscas domésticas adultas fueron ensayadas en el laboratorio por Barson *et al.* (1994), encontrándose que los más virulentos fueron *Metarhizium anisopliae* y *Tolypocladium cylindrosporium*, y los menos *B. bassiana* y *B. brongniartii*. Sin embargo, Hadapad *et al.* (2006) encontraron que la virulencia de estos últimos está relacionada con su variabilidad genética, la cual se describió con estudios realizados en aislados de *Beauveria* sp. de diferentes zonas geográficas y de diferentes hospederos, basado en AFLP. Ayala *et al.* (2002) investigaron la virulencia de *B. brongniartii* a escala de laboratorio contra *Triatoma infestans*, mostrando alta patogenicidad, causando mortalidad del 100% en ocho días a una concentración de $1,6 \times 10^9$ esporas/mL. Por su parte, Fernández y Colmenares (1997) evaluaron a nivel de campo la patogenicidad de *B. brongniartii* (Bbr. Cab) aislada en Cabimbú, estado Trujillo, Venezuela y *B. brongniartii* (Bbr. Perú) proveniente del Cusco, Perú, sobre el gusano blanco de la papa (*Premnotrypes borax*), en parcelas de *Solanum tuberosum* (var. Granola), encontrando tubérculos dañados a la cosecha de 16 y 25%, respectivamente contra 40% del control tradicional del insecticida, lo que demuestra la variabilidad patogénica.

A pesar de que la cepa de *B. brongniartii* utilizada por Barson *et al.* (1994) sobre *M. domestica* mostró

mortalidad de 2 y 8% en 6 y 9 días, respectivamente para una concentración de 10^4 esporas/mL, en esta investigación se obtuvo un TL_{50} y TL_{95} a la misma concentración en 13 y 17 días, respectivamente. A concentraciones más altas de 10^7 esporas/mL se obtuvieron TL_{50} y TL_{95} de cinco y nueve días. Estos resultados ponen de manifiesto la elevada patogenicidad de la cepa evaluada. Por otra lado, Scorza y Cova (2006) en un experimento similar, pero con una cepa de *B. bassiana* colectada en el estado Mérida, Venezuela, a concentraciones de 10^7 esporas/mL obtuvieron TL_{50} y TL_{95} de 5 y 6 días, respectivamente. Dada esta problemática y los efectos que puedan tener los diferentes ambientes y la variabilidad genética sobre la patogenicidad de los hongos entomopatógenos de un mismo género, no se descarta la posibilidad de su uso integrado a nivel de granjas, avícola, porcinas y de ganado vacuno, donde la combinación de hongos y estrategias viables en cuanto a dosis, frecuencias y formas de aplicación garanticen una persistencia patogénica del hongo en el tiempo (Cova y Scorza, 2006).

En el caso de *B. bassiana* el hongo ha sido evaluado contra larvas de *M. domestica* en concentraciones de 10^7 esporas, durante catorce días, reduciendo en 84% la emergencia de imagos, contra 54% en lotes no tratados, lo cual induciría a pensar en lo inútil de su uso en larvas, dada la mortalidad del control (Barson *et al.*, 1994). Sin embargo, la exposición de moscas adultas acumuladas dentro de unidades de crecimiento de pollos a la nebulización con *B. bassiana* podría no solamente producir una disminución drástica de adultos en cuatro semanas (Cova y Scorza, 2006), sino tal vez inducir una acción sostenida durante un cierto tiempo, similar a la acción epizootica detectada en colonias de comején (*Coptotermes formosanus*) en otras partes del mundo (Sun *et al.*, 2003).

Aún cuando los porcentajes de mortalidad para moscas adultas registrados por los investigadores británicos (Barson *et al.*, 1994) con una cepa de *B. bassiana* y otra de *Metarhizium anisopliae* fueron muy elevados (con ambos a 10^5 conidias/mL indujo 100% mortalidad a los seis días), los resultados obtenidos en la presente investigación también son aceptables. En este sentido, la cepa de *B. brongniartii* utilizada en este estudio (LF-05) parece ser menos patógena que la de *B. bassiana* cultivada en el Instituto Internacional de Micología de Londres (IMI 061345), ya que a 10^5 conidias/mL, el hongo tarda diez días

para inducir mortalidad de 100% en moscas adultas. Estos resultados sugieren la necesidad de hacer repetidamente exposiciones con dosis mayores de 10^5 conidias/mL para alcanzar la máxima letalidad en menor tiempo. Como quiera que el estiércol extraído de las granjas y utilizado en las áreas agrícolas tarda más de una semana para ser usado es posible que con tres nebulizaciones con el hongo biocontrolador en los sitios de su producción sea posible no solamente reducir la población de moscas *in situ*, sino eliminar la eventual eclosión de moscas a distancia en los lugares abonados.

CONCLUSIONES

Esporas de *B. brongniartii* (cepa LF-05) a dosis de $1,2 \times 10^7$ esporas/mL indujo, a nivel de laboratorio, 95% de mortalidad en *M. domestica* en el menor tiempo (nueve días). Se recomienda el uso de nebulizaciones para el control de la mosca en unidades de producción avícola, porcina y de vacunos, fundamentalmente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CDCHT por el financiamiento de esta investigación (NURR-C-329-03-09-A).

LITERATURA CITADA

- Abbott W.S. 1925. A method computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*, 18: 265-267.
- Alves S.B., R.M. Pereira, J.L. Stimac y S.A. Vieira. 1986. Delayed germination of *Beauveria bassiana* conidia after prolonged storage at low, above-freezing temperature. *Biocont. Sci. Technol.*, 6: 575-581.
- Asher K.R. 1961. Houseflies in Israel. III Some observations at breeding sites in rural areas, and considerations about the influence of Israeli mamusa handling methods of houseflies breeding. *Zchr. Angew. Entomol.*, 48: 115-162.
- Avancini R. y G. Silveira. 2000. Age structure and abundance in populations of muscoid flies from a poultry facility in Southeast Brazil. *Mem. Inst. O. Cruz*, 95: 259-264.
- Axtel R.C. y Arends J.J. 1990. Ecology and management of arthropod pest on poultry. *Ann. Rev. Entomol.* 35: 101-126.
- Ayala Y, E. Portal y C. Carrasco. 2002. Virulencia y efectividad de *Beauveria brongniartii* en el control de la chirimacha en Ayacucho. Evaluación en campo. Memorias 44^{ta} Convención de Entomología. Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú. Disponible en http://www.lamolina.edu.pe/convencionentomologia/control_biologico.htm.
- Barson G., N. Reen y F. Bywater. 1994. Laboratory evaluation of six species of entomopathogenic fungi for the control of the house fly (*Musca domestica* L.) a pest of intensive animal units. *J. Invert. Pathol.*, 64: 107-113.
- Carruthers I.R. y K. Hural. 1990. Fungi as natural occurring entomopathogens. *En Baker R.R., P.E. Dunn y A.R. Liss (Eds.) New Directions in Biological Control: Alternatives for Suppressing Agricultural Pests and Diseases.* Academic Press. New York, EUA. pp. 115-138.
- Cova L.J. y J.V. Scorza. 2006. Control temporal de moscas caseras (*Musca domestica*) en galpones avícolas mediante nebulizaciones con conidias de *Beauveria bassiana*. *Bol. Malariología Salud Amb.*, 46(2): 137-142.
- Fernández S.A. y X. Colmenares. 1997. Evaluación de *Beauveria* spp. para el control de *Premnotrypes vorax* Hustache (Coleoptera: Curculionidae) en el cultivo de la papa. *Agronomía Trop.* 47(3): 249-257.
- Georghiou G.R. y R. Mellon. 1983. Pesticide resistance in time and space. *En Georghiou G.P. y T. Saito (Eds.) Pest Resistance to Pesticides.* Plenum Press, New York. EUA. pp. 1-46.
- Gillespie A.T. y N. Claydon N. 1989. The use of entomogenous fungi for pest control and the role of toxins in pathogenesis. *Pesticide Sci.*, 27: 203-215.
- Glaser R.W. 1924. The relation of microorganisms to the development and longevity of flies. *Am. J. Trop. Med.*, 4(1-6): 85-105.

- Greenberg B. 1973. Flies and disease. Vol II. Biology and disease transmission. Princeton University Press, Princeton, EUA.
- Hadapad A., A. Reineke y C. Zebitz. 2006. Genetic variability among *Beauveria brongniartii* (Saccardo) Pech isolates from various geographical and host origins based on AFLP analysis. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent., 15: 71-76.
- Jones R.L. 1994. Role of field studies in assessing environmental behavior of herbicides. Proc. Brighton crop protection conference. Weeds. Vol. 3. Brighton, RU. pp. 1275-1282.
- Kershaw M.J. y N.J. Talbot. 1998. Hydrophobins and repellents: proteins with fundamental roles in fungal morphogenesis. Fungal Genet. Biol., 23: 18-33.
- Khachatourians G.G. 1991. Physiology and genetics of entomopathogenic fungi. En Arora D.K., L. Ajello y K.G. Mukerji (Eds.) Handbook of Applied Mycology Vol. 2: Humans, Animals and Insects. Dakker. New York, EUA. pp. 613-661.
- Khachatourians G.G. 1996. Biochemistry and molecular biology of entomopathogenic fungi. En Howard D.H. y J.D. Miller (Eds.) The Mycota. VI. Human and Animal Relationship. Springer. Berlin, Alemania. pp 331-364.
- Kobayashi M., T. Sasaki, N. Saito, K. Tamura, K. Suzuki, H. Watanabe y N. Agui. 1999. House flies: Not simple mechanical vectors of enterohemorrhagic *Escherichia coli*. Am. J. Trop. Med. Hyg., 61: 625-629.
- Konstantopoulou M.A. y B.E. Mazomenos. 2005. Evaluation of *Beauveria bassiana* and *B. brongniartii* strains and four wild-type fungal species against adults of *Bactrocera oleae* and *Ceratitis capitata*. Biocontrol, 50(2): 293-305.
- Masten S., A. Kim-Yang, E.D. Walker, H. Roman y N. Yokoyama. 2002. Toxicity of ozonated animal manure to the house fly, *Musca domestica*. J. Environ. Qual., 30: 1624-1650.
- Milner R.J., R. Huppertz y B. Swaris B. 1991. A new method for assessment of germination of *Metarhizium* conidia. J. Invert. Pathol., 57: 121-123.
- Minitab. 2003. Minitab Statistical Software. Rel. 14. Minitab Inc. State College, EUA.
- Moon R.D., J. Hinton, S. O' Rourke y D. Schmidt. 2001. Nutritional value of fresh and composted poultry manure for house fly (Diptera: Muscidae) larvae. J. Econ. Entomol., 94: 1308-1317.
- Nazni W., M. Ursula, H. Lee y L. Sadiyah. 1998. Susceptibility of *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) from various breeding sites to community used insecticides. J. Vect. Ecol., 23: 54-60.
- Peter V. y F. Zacharda. 1997. Collection, storage and transport of poultry wastes. En Animal Wastes. Applied Science Publications, Londres. pp. 3-45.
- Pucheta M., A. Flores, S. Rodríguez y M. de la Torre. 2006. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. Interciencia, 31(12): 856-860.
- Sasaki T., M. Kobayashi y N. Agui. 2000. Epidemiological potential of excretion and regurgitation by *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) in the dissemination of *Escherichia coli*. J. Med. Entomol., 37: 945-949.
- Scorza J.V y L.J. Cova. 2006. Acción patógena de una cepa venezolana de *Beauveria bassiana* para *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). Bol. Malariologia Salud Amb., 46(2): 143-154.
- St. Leger R.J. y D.W. Roberts. 1997. Engineering improved mycoinsecticides. Trends Biotechnol., 15: 83-87.
- Sun J., J.R. Fuxa y G. Henderson. 2003. Virulence and *in vitro* characteristics of pathogenic fungi isolated from soil by baiting with *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae). J. Entom. Sci., 38(3): 342-358.
- Wraight S., R. Carruthers, C. Bradley, S. Jaronsky, L. Lacey, P. Wood y W.S. Galaini. 1998. Pathogenicity of the entomopathogenic fungi *Paecilomyces* spp. and *Beauveria bassiana* against the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii*. Biol. Control, 17: 203-217.

VARIABLES MORFO-ESTRUCTURALES Y DE CALIDAD DE LA BIOMASA DE *TITHONIA DIVERSIFOLIA* EN LA ETAPA INICIAL DE CRECIMIENTO

María G. Medina^{1*}, Danny E. García¹, Miriam E. González², Luis J. Cova² y Pedro Moratinos¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Estación Experimental del estado Trujillo. Pampanito, Trujillo. Venezuela.

*Correo electrónico: mgmedina@inia.gob.ve

²Departamento de Biología y Química, Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Universidad de los Andes. Trujillo, Venezuela

RESUMEN

Se llevó a cabo un experimento con el propósito de evaluar el efecto de la longitud (10, 20, 30 y 40 cm), el diámetro (1,0-1,9; 2,0-2,9; 3,0-3,9 y 4,0-4,9 cm) y el número de yemas (2, 3, 4 y 5) en estacas de *Tithonia diversifolia* sobre algunos indicadores morfo-estructurales y de calidad durante la etapa inicial de crecimiento. Las variables medidas en vivero fueron altura diferencial de la planta, número de brotes, número de ramas, longitud de la rama, diámetro de la rama, hojas por rama, sobrevivencia, prendimiento, tasa de crecimiento e incidencia de plagas y enfermedades. En el perfil nutricional de la biomasa se determinaron proteína cruda (PC), proteína verdadera (PV), proteína soluble (PS), fibra neutro detergente (FND), PC-FDN, fibra ácida detergente (FAD), fósforo (P), carbohidratos solubles totales (CHST), almidón y cenizas, metabolitos secundarios (fenoles, esteroides, terpenos, cumarinas y compuestos lactónicos) y la degradabilidad ruminal de la materia seca y PC (DMS, DPC). Se observó interacción significativa ($P < 0,05$) en las interacciones longitud x diámetro x número de yemas de la estaca para la altura y longitud x número de yemas para la longitud de la rama. Las diferencias estadísticas entre los tratamientos solo se encontraron en el número de brotes, la tasa de crecimiento y la concentración de CHST. El resto de las variables no presentaron fluctuaciones sustanciales ($P > 0,05$). En las condiciones de experimentación se recomienda emplear estacas de 30 o 40 cm de longitud, con un grosor entre 1,0-4,9 cm y con 5 yemas, las cuales garantizan un follaje con buena composición química (PC: 20,37-23,65%; Cenizas: 7,38-8,82%) y degradabilidad ruminal (DMS: 68,93-73,44%; DPC: 72,63-76,94%), pero con niveles significativos de esteroides (2,49-2,92%), terpenos (1,03-1,39%) y lactonas (0,30-0,48%).

Palabras clave: *Tithonia diversifolia*, vivero, estacas, composición química, metabolitos secundarios, terpenos, esteroides, lactonas

Morpho-structural variables and biomass quality of *Tithonia diversifolia* at initial stage of growth

ABSTRACT

An experiment was carried out with the purpose of evaluating the effect of longitude (10, 20, 30, and 40 cm), diameter (1.0-1.9, 2.0-2.9, 3.0-3.9, and 4.0-4.9), and bud number (2, 3, 4, and 5) of *Tithonia diversifolia* stakes in some morpho-structural and biomass quality indicators during the initial stage of growth. The measured variables in nursery conditions were differential plant height, regrowth number, branch number, branch longitude, branch diameter, leaves per branch, survival, growth rate, and plagues and illnesses incidence. The biomass nutritional profiles were determined in terms of its chemical composition (crude protein (CP), true protein (TP), soluble protein (SP), neutral detergent fiber (NDF), CP-NDF, acid detergent fiber (ADF), phosphorus (P), total soluble carbohydrates (TSCH), starch, and ashes), secondary metabolites level (phenols, sterols, terpenes, coumarins, and lactic compounds), and ruminal degradability of dry matter and CP (DMD, CPD). Significant interaction

($P < 0.05$) stake longitude x diameter x bud number in height, and longitude x bud number in branch longitude were observed ($P < 0.05$). Statistical differences in regrowth number, growth rate, and TSCH concentration were observed. The rest of variables did not present significant fluctuation ($P > 0.05$). Under experimental conditions, it is recommended to use stakes of 30 or 40 cm of longitude with 1,0-4,9 cm of diameter with 5 buds, which guarantee a foliage with a good chemical composition (CP: 20.37-23.65%; Ashes: 7.38-8.82%), and ruminal degradability (DMD: 68.93-73.44%; CPD: 72.63-76.94%), but with significant level of sterols (2.49-2.92%), terpens (1.03-1.39%), and lactones (0.30-0.48%).

Keywords: *Tithonia diversifolia*, nursery, stakes, chemical composition, secondary metabolites, terpens, sterols, lactones.

INTRODUCCIÓN

Tithonia diversifolia (Hems) Gray es conocida comúnmente como botón de oro o mirasol (Colombia), quil amargo (Guatemala), tara, flor amarilla o árnica (Venezuela) y margaritona o árnica de la tierra (Cuba). Es una planta perenne que se encuentra frecuentemente en las carreteras a orillas de los caminos y en muchas zonas es considerada como maleza por su naturaleza invasora y de difícil erradicación (Schnee, 1984; Pacheco y Pérez, 1989). Pertenece a la familia Asteraceae, es originaria de Centro América (México y Costa Rica) y actualmente se encuentra ampliamente distribuida en la zona tropical.

Según Murgueitio *et al.* (2001) esta especie posee un rápido y vigoroso crecimiento y una gran adaptación a suelos con pH desde ácidos hasta alcalinos, pobres, de baja fertilidad y pedregosos, se desarrolla bien entre una altitud de 0 a 2700 msnm, con precipitaciones que oscilan entre 600 y 6.000 mm/año. Es altamente tolerante a la sequía, resiste de forma moderada a la quema y presenta una excelente recuperación después de la poda, incluso a nivel del suelo.

Esta arbustiva se propaga fácilmente por semilla botánica, pero en campos de producción se recomienda la siembra a partir de material vegetativo. Según Ríos (1997) no se conocen cultivos establecidos en sistemas agroforestales en los cuales se halla utilizando semilla sexual. Debido a que florece todo el año y es una excelente planta melífera, su uso principal ha sido en la apicultura y la entomoagroforestería como fuente de néctar y de atracción de insectos polinizadores, productores de miel y controladores biológicos. También se reporta su uso como alternativa contra la herbivoría de *Atta* sp. (Giraldo *et al.*, 2006). Otros autores señalan la factibilidad de utilizarla como abono verde y mejoradora del suelo por su rápida

velocidad de descomposición y gran capacidad de movilizar el fósforo (P) del suelo (Kass, 1999). Se ha empleado en la formación de cercas vivas y cortina rompevientos (García y Medina, 2006), en barbechos mejorados (Van Noordwijk *et al.*, 1997) y como planta medicinal y ornamental (Hoyos, 1999).

En cuanto a su potencial forrajero presenta características deseables para su uso en la alimentación de bovinos, conejos, cuyes, ovejas y cerdos (Mahecha *et al.*, 2007). Posee un contenido de proteína cruda (PC) entre 14 y 28% y una degradabilidad ruminal que oscila entre 50 y 90%. No obstante, las variables químicas son fuertemente dependiente de la fenología de la planta y de la edad de la biomasa (Ríos, 1999). Asimismo, se han realizado estudios agronómicos para estudiar su producción de forraje en bancos de proteína de alta densidad (Ramírez *et al.*, 2006). Por su parte, Ríos y Salazar (1995) al evaluar la producción de la especie bajo diferentes densidades de siembra y alturas de corte obtuvieron un rendimiento de biomasa fresca considerable (46-82 t/ha). También se ha comprobado la factibilidad de asociarla con otras especies arbóreas y gramíneas (Canul *et al.*, 2006; Chay *et al.*, 2006).

En este sentido, los estudios sobre su comportamiento durante el establecimiento, las características que debe reunir el material de propagación para lograr un rápido y efectivo desarrollo, así como los aspectos relacionados con su fitoquímica y el valor nutritivo de las fracciones mayoritaria son escasos, o se han realizado en forma puntual. Por tales motivo, el objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la longitud, el diámetro y el número de yemas de la estaca de *T. diversifolia* en algunas variables morfo-estructurales y de calidad del forraje durante la etapa inicial de crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área experimental

El ensayo se llevó a cabo en el vivero de la Estación Experimental y de Producción Agrícola “Rafael Rangel”, de la Universidad de los Andes, ubicada entre los 270 y 300 msnm en el sector La Catalina, Vega Grande, municipio Pampán del estado Trujillo, Venezuela.

Evaluación de las variables morfo-estructurales

Se colocaron bolsas de nailon de polietileno negro de 1 kg, donde se depositó un sustrato compuesto por 70% de suelo franco limoso y 30% de materia orgánica (estiércol bovino tratado). Se utilizaron 2.560 estacas a partir de plantas de 120 días de edad (5 esquejes por tratamiento) para llevar a cabo el experimento.

El material vegetal fue sembrado en forma vertical. Todos los propágulos recibieron riego diario, manual, manteniendo el sustrato a su capacidad de campo y se realizaron labores de limpieza para eliminar las plantas arvenses. No se aplicó enraizador ni fertilizante químico durante la etapa de evaluación. La distribución de las bolsas de cada tratamiento en el área de vivero (80 m²) se realizó de forma aleatoria, para así evitar la posible influencia del sombreado en partes específicas del área y los cambios de la intensidad solar, en función de las horas del día.

Las mediciones se realizaron con una frecuencia semanal en plantas identificadas previamente. Los indicadores morfo-estructurales evaluados fueron altura diferencial de la planta (desde el extremo superior de la estaca hasta el ápice de la rama apical), número de brotes (conteo visual), número de ramas (conteo visual), longitud de la rama (con regla graduada desde la base hasta la punta de la rama), diámetro de la rama (en la base de la rama con pie de rey), número de hojas por rama (conteo visual), porcentaje de brotación o prendimiento (conteo de estacas brotadas), sobrevivencia (conteo de estacas viables) y tasa de crecimiento (incremento de la altura en cada semana).

Para la estimación del ataque realizado por plagas y la incidencia de enfermedades se empleó la escala semi-cualitativa propuesta por Machado (2006), considerando los “rangos de lesiones” a nivel de las plantas individuales. En cuanto a los síntomas causados

por enfermedades y otros agentes no parasíticos se utilizó la escala de siete grados. Las plantas con grado 0 se consideraron inmunes, de 1 a 2 resistentes, de 3 a 4 tolerantes y de 5 a 6 susceptibles.

Evaluación de la composición química y la degradabilidad ruminal

Al final del ensayo de vivero (8 semanas), se recolectó la biomasa comestible de cada planta, formada por hojas, pecíolos y tallos de diámetro inferiores a 6 mm, en dependencia de los tratamientos. El material vegetal se llevó directamente al laboratorio y fue secado a la sombra por cinco días. Posteriormente se molió hasta 1 mm y fue almacenado en frascos herméticos de vidrio oscuro hasta la realización de los análisis correspondientes, diez días pasada la colecta.

La determinación de todas las variables se realizó por triplicado. Los contenidos de proteína cruda (PC), proteína verdadera (PV), proteína soluble (PS), PC unida a la fibra (PC-FDN), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), fósforo (P) y ceniza se realizaron mediante las metodologías clásicas de análisis propuestas por la AOAC (1990). Los niveles de carbohidratos solubles totales (CHST) y almidón se determinaron por afinidad con solventes, mediante la metodología descrita por Lezcano y González (2000).

La cuantificación de los polifenoles totales (FT), expresados como ácido cinámico, se llevó a cabo mediante el método de Folin-Ciocalteu (Makkar, 2003). Los esteroides (ET) y terpenoides totales (TerpT) se determinaron, en esencia, mediante el método descrito por Galindo *et al.* (1989), utilizando como patrón analítico al beta-sitosterol para el caso de los esteroides y extracto estandarizado de azadirachta indica (concentración de azadirachtina: 520 ppm) para los terpenoides. La cuantificación de cumarinas (Cum) se llevó a cabo mediante el método de Quirós descrito por García (2003), basado en la extracción con diclorometano y posterior lectura en el espectro ultravioleta. Los inhibidores de tripsina, expresados como el porcentaje de inhibición (%I), la cantidad de tripsina inhibida/g MS (TIA) y las unidades de tripsina inhibidas/g MS (TIU) se determinaron empleando análisis de actividad enzimática con patrón sintético (BAPNA) y lectura a 440 nm (AOAC, 1990). Los compuestos amargos (Camg)

fueron determinados mediante la cuantificación de las lactonas sesquiterpénicas, mediante la reacción independiente con hidroxamato férrico y vainillina-ácido fosfórico (MINSAP, 2000).

En la prueba de la degradabilidad *in situ* a las 48 horas de la MS (DMS) y PC (DPC) se evaluaron tres muestras por tratamiento. La degradabilidad se estimó mediante el procedimiento de las bolsas de nailon en rumen (Mehrez y Ørskov, 1977), empleando dos bolsas con un tamaño de poro aproximado de 50 μ por cada muestra y tres repeticiones. Aproximadamente 2,5 g de biomasa comestible fueron incubados en el rumen de tres ovinos Criollos (35,4 \pm 2,83 kg de peso vivo) con cánula permanente en el rumen. Antes de la incubación de cada tratamiento, los ovinos fueron adaptados a consumir el follaje de *T. diversifolia* por dos semanas, como suplemento de una dieta basal formada por heno *ad libitum* (*Cynodon nlemfluensis*), concentrado comercial (170 g/animal/día) y agua a voluntad.

Diseño experimental, factores y niveles

Se utilizó un diseño totalmente aleatorizado con arreglo factorial 4 (longitud de la estaca) x 4 (rangos de diámetro) x 4 (número de yemas) para medidas repetidas en el tiempo y cinco réplicas/tratamiento/medición. Los niveles empleados fueron longitud (10, 20, 30 y 40 cm), diámetro (1,0-1,9; 2,0-2,9; 3,0-3,9; 4,0-4,9 cm) y número de yemas (2, 3, 4 y 5).

Análisis estadístico

Para el procesamiento de los resultados se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 10.0 (Visauta, 1998), mediante la opción GLM, empleando la dócima de Duncan para $P < 0,05$. Los datos expresados en porcentajes (prendimiento, sobrevivencia y presencia de plagas y enfermedades) fueron transformados, según: $\arcseno(\sqrt{\%/100})$ para la realización del análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables morfo-estructurales

Ninguno de los factores evaluados influyó significativamente en la sobrevivencia, el prendimiento y la aparición de plagas y enfermedades (Cuadro 1). Los elevados valores de sobrevivencia y prendimiento de la estaca pudieran estar dados por el singular

volumen radical y la habilidad especial para absorber y extraer los nutrientes del suelo, característica propia de *T. diversifolia*, señalada por Mahecha y Rosales (2005), lo cual permite un mayor anclaje en poco tiempo y garantiza una excelente persistencia durante la etapa de establecimiento. También este comportamiento quizás estuvo relacionado con el origen del material de propagación, el cual se tomó de plantas sanas y vigorosas. En este sentido, según Hartmann y Kester (2000), las estacas de plantas herbáceas enraízan con mayor facilidad y al tener las condiciones adecuadas, el prendimiento es rápido y con altos porcentajes de enraizamiento. Al respecto, Salazar (1992) señala que el primer tercio de la planta en esta especie constituye el material más idóneo para garantizar un elevado porcentaje de prendimiento, por lo que este aspecto debe ser considerado al momento de propagarla asexualmente.

El bajo valor de aparición de plagas y enfermedades, así como la poca influencia de los factores estudiados en estas variables, denota la excelente resistencia de esta planta en condiciones de vivero. Estos resultados quizás se encuentren relacionados con la presencia en el follaje de algunos metabolitos secundarios, tales como terpenoides lactónicos y cumarinas con acción repelente informados en algunas investigaciones (Ríos, 1997). Al respecto, las propiedades disuasivas del extracto y el follaje de este arbusto ha sido informado por Adoyo *et al.* (1998) y Giraldo *et al.* (2006) en el estudio de las propiedades de *T. diversifolia* contra termitas (*Nasutitermes* sp.), hormigas (*Acromyrmex* sp.) y bachacos (*Atta* sp.), plagas importantes de los cultivos agrícolas y forestales durante su primera etapa de crecimiento.

Por otra parte, la longitud de la estaca, el diámetro y el número de yemas afectaron significativamente la altura diferencial de la planta, la cantidad de brotes, la longitud de las ramas y la tasa de crecimiento. Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas en la cantidad de ramas, su diámetro y la proporción de hojas por ramas (Cuadro 2). El mayor número de brotes se obtuvo con estacas entre 20 y 40 cm, mientras que la tasa de crecimiento fue superior con las estacas más pequeñas (10 y 20 cm). Las estacas con grosor entre 3 y 4,9 cm presentaron mayor número de brotes y crecimiento. La mayor cantidad de ramas se observó en los esquejes con el mayor número de yemas (5). Se observaron más brotes con 4 y 5 yemas y las estacas con menor cantidad (2 y 3) exhibieron

Cuadro 1. Efecto de la longitud, el diámetro y el número de yemas de la estaca de *T. diversifolia* sobre la sobrevivencia, prendimiento e incidencia de plagas y enfermedades en la fase de vivero.

Factor	Nivel	Sobrevivencia	Prendimiento	Incidencia	
				Plagas	Enfermedades
		----- % -----			
Longitud, cm	10	98,57	97,78	0,15	0,12
	20	99,87	97,96	0,23	0,15
	30	98,84	97,47	0,15	0,14
	40	97,86	98,60	0,16	0,11
EE±		2,01	2,58	0,08	0,07
Diámetro, cm	1,0-1,9	99,95	98,85	0,21	0,17
	2,0-2,9	97,73	98,74	0,19	0,15
	3,0-3,9	98,83	97,48	0,18	0,17
	4,0-4,9	98,54	98,67	0,20	0,16
EE±		1,82	3,85	0,07	0,08
Número de yemas	2	97,50	97,84	0,15	0,14
	3	98,98	97,56	0,17	0,15
	4	97,05	98,40	0,15	0,16
	5	98,83	97,86	0,12	0,17
EE±		1,54	3,98	0,09	0,06

Cuadro 2. Influencia de la longitud, el diámetro y el número de yemas de la estaca de *T. diversifolia* en algunas variables morfo-estructurales en la fase de vivero (8 semanas).

Factor	Nivel	Brotos	Ramas	Diámetro de la rama	Hojas por rama	Crecimiento
		----- número -----		cm	número	cm/d
Longitud, cm	10	1,07b†	1,70	0,25	5,24	1,93a
	20	2,93a	1,58	0,21	5,19	1,69a
	30	3,85a	1,85	0,19	4,60	1,13b
	40	4,00a	1,93	0,20	6,30	0,36c
EE±		1,56	0,44	0,03	1,98	0,35
Diámetro, cm	1,0-1,9	2,63b	1,81	0,22	5,82	1,19
	2,0-2,9	2,78b	1,68	0,20	4,14	1,08
	3,0-3,9	4,07a	2,00	0,26	4,26	1,36
	4,0-4,9	3,93a	1,69	0,21	5,88	1,40
EE±		0,43	0,73	0,09	1,68	0,44
Número de yemas	2	2,91c	1,21d	0,24	5,24	1,38a
	3	3,92b	1,44c	0,22	5,22	1,40a
	4	4,10a	1,98b	0,20	5,62	1,08b
	5	4,39a	2,50a	0,26	5,63	0,65c
EE±		0,47	0,18	0,08	1,69	0,29

† Medias con letras distintas entre filas presentan diferencias significativas (P<0,01).

una mayor tasa de crecimiento. Considerando que las estacas con longitudes de 10 y 20 cm influyeron marcadamente en la tasa de crecimiento, pudiera indicar un mecanismo de sobrevivencia de la especie, ya que los esquejes más pequeños, en desventaja con los de mayor longitud, pueden realizar un mejor aprovechamiento del sustrato como sucede en otras especies de interés agrícola (Pidi, 1981).

La marcada influencia de los esquejes más gruesos en la cantidad de brotes se explica por el hecho de que las estacas con mayores diámetros presentarían elevada cantidad de tejido meristemático activo y almacenan muchos compuestos de reserva, por lo que no requieren de remanente foliar para enraizar y emitir nuevos brotes, debido a que ya están presentes en el material leñoso suficientes cofactores que estimulan el rebrote y la iniciación de raíces (Weaver, 1987). Este comportamiento no sucede así con aquellos propágulos que presentan poco grosor, donde las yemas no se encuentran desarrolladas, existe limitada división celular y poco o ningún brote activo (Medina *et al.*, 2007). Este resultado, con relación al diámetro de la estaca de *T. diversifolia*, coincide en buena medida con lo obtenido por Corpoica (2001) y Mejía (2009) al evaluar la propagación sexual y asexual de algunas especies arbóreas y arbustivas para su establecimiento en bancos forrajeros quienes recomendaron todos los diámetros para la reproducción a gran escala de las especies evaluadas. Considerando que las variables medidas en esta investigación no presentaron tendencias en todos los casos definidas con los diámetros estudiados, para la propagación asexual de *Tithonia* se pueden emplear estacas entre 1 y 4,9 cm para transplantar con éxito este material.

El efecto sustancial del número de yemas en el crecimiento se debió, quizás, a que en los esquejes con menor cantidad de yemas (2 y 3) la inversión de las reservas químicas (carbohidratos, lípidos y hormonas reguladoras) se concentran en una menor cantidad de puntos de crecimiento, lo cual trae consigo un mayor vigor y desarrollo morfo-estructural en los vástagos formados (Pineda, 2004).

El hecho de que no se haya observado un efecto significativo de los factores estudiados en el número de ramas, su diámetro y en la cantidad de hojas por rama pone de manifiesto que estas variables no dependen de las características de la estaca, sino del

patrón de distribución de las ramas y de la arquitectura particular de *T. diversifolia*.

En el Cuadro 3 se muestra la interacción significativa diámetro de la estaca x longitud de la estaca x número de yemas sobre la altura diferencial en la etapa inicial de crecimiento. La mayor altura diferencial se observó en las estacas más pequeñas (10 y 20 cm), con diámetros entre 1 y 3,9 cm, siempre con el máximo número de yemas (5). Esto podría deberse a que las estacas finas suelen presentar una mayor concentración endógena de auxinas, por situarse próxima a la zona de su producción (ápices caulinares) (Lampert *et al.*, 1999; Hartmann y Kester, 2000) interviniendo directamente en la elongación y el crecimiento de la planta (Pineda, 2004).

En la Figura 1 se presenta la interacción significativa longitud de la estaca x número de yemas sobre la longitud de la rama. La longitud de la rama se vio favorecida con las estacas más pequeñas (10 y 20 cm) que presentaron 3 y 4 yemas. Independientemente de la longitud de la estaca con 5 yemas se observaron valores elevados (10,20-10,97 cm). Se debe destacar, que esta variable se vio influenciada drásticamente por todos los factores en estudio. En este sentido, la mayor elongación quizás se debe a una estrategia de sobrevivencia de la planta cuando los esquejes plantados no son los más favorecidos desde el punto de vista estructural.

En la Figura 2 se muestra el efecto del diámetro de la estaca en la longitud de la rama. Con las estacas finas (diámetros entre 1,0 y 2,9 cm) se obtuvieron los mayores valores de longitud de la rama. Igual que para el caso de la altura diferencial, este comportamiento puede explicarse basado en que las estacas finas presentan mayor concentración de auxinas endógenas y éstas básicamente, estimulan el crecimiento y la elongación, incrementando la extensibilidad de la pared celular (Pineda, 2004) y por consiguiente se produce una mayor dimensión de las ramas. Considerando que todos los factores evaluados influyeron significativamente en la altura diferencial y el número de brotes de la planta, se puede resaltar la importancia de la selección de los niveles idóneos de la longitud, el diámetro y el número de yemas de la estaca para propagar la especie en la fase de vivero y su posterior trasplante a campo.

Composición química y degradabilidad ruminal

Cuadro 3. Interacción diámetro de la estaca x longitud de la estaca (LE) x número de yemas (NY) en la altura diferencial de *T. diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento (8 semanas).

LE	NY	Rango de diámetros			
		1,0-1,9	2,0-2,9	3,0-3,9	4,0-4,9
cm		----- cm -----			
10	2	12,51d†	13,35cd	13,97c	14,20c
	3	13,25cd	13,76cd	13,38cd	11,61d
	4	14,18c	14,68c	14,31c	12,53d
	5	17,50a	18,01a	17,63a	15,86b
20	2	15,27b	15,77b	15,40b	13,63cd
	3	12,68d	13,18cd	12,81d	11,04de
	4	13,60cd	14,11c	13,73cd	11,96d
	5	16,93a	17,43a	17,06a	15,29b
30	2	14,09c	14,60c	14,22c	12,45d
	3	11,50d	11,91d	11,63d	9,86ef
	4	12,43d	12,93d	12,56d	10,79e
	5	15,75b	16,26ab	15,88ab	14,11c
40	2	12,30d	12,80d	12,43d	10,66e
	3	9,71f	10,21ef	9,84ef	8,07f
	4	10,63e	11,14d	10,76e	8,99f
	5	13,96c	14,46c	14,09c	12,32d

† Medias con diferentes letras indican diferencias significativas (P<0,05) (EE de la interacción: 0,22)

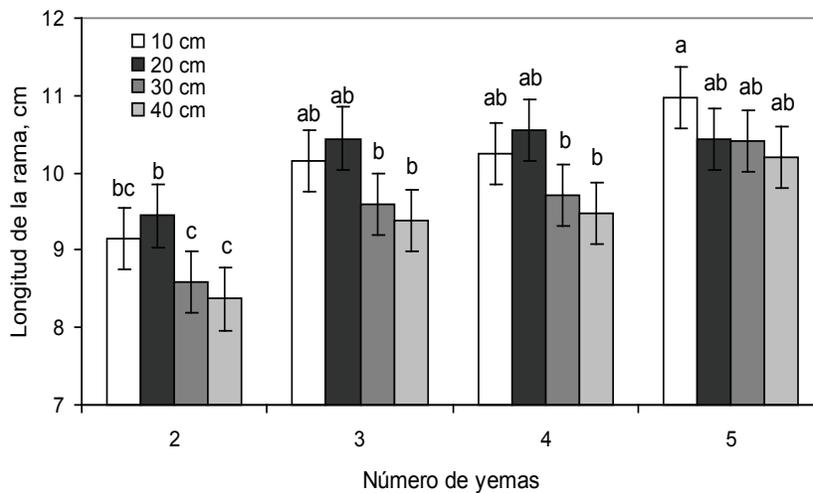


Figura 1. Interacción longitud de la estaca x número de yemas en la longitud de la rama de *T. diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. Medias con diferentes letras indican diferencias significativas a P<0,05.

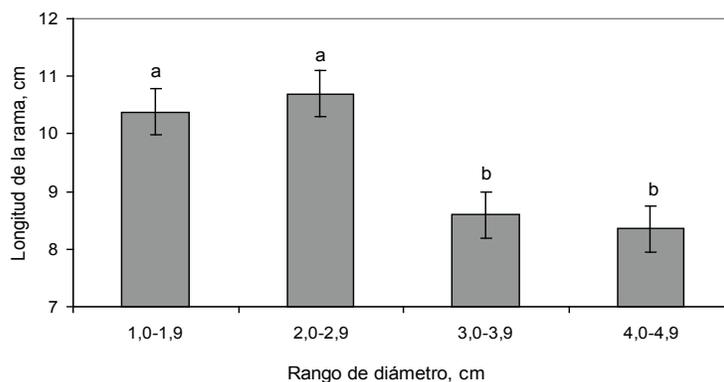


Figura 2. Efecto del diámetro de la estaca en la longitud de la rama de *T. diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. Medias con diferentes letras indican diferencias significativas a $P < 0,05$.

La composición química del follaje de *T. diversifolia*, en dependencia de los tratamientos, se muestra en el Cuadro 4. En este sentido, no se observó efecto significativo de los factores, a excepción de las concentraciones de CHST. Estos resultados quizás ponen de manifiesto que el metabolismo primario de la especie, expresado en sus variables más representativas, es independiente de la estructura morfo-estructural de los propágulos y que quizás solamente los compuestos de reservas inicialmente presentes en los esquejes sí se encuentran relacionados con el comportamiento germinativo del material de propagación.

Los niveles de PC oscilaron entre 21,3 y 23,7% MS, los cuales fueron similares a los informados en otras especies forrajeras tropicales con la misma edad de la biomasa (60 días) y a su vez coinciden con el rango descrito por Mahecha y Rosales (2005) cuando esta especie se encuentra en estado vegetativo. Los contenidos de PV, PS y PC-FDN se consideran bajos, teniendo en cuenta las sobresalientes concentraciones foliares de PC, lo cual permite plantear que una parte del nitrógeno en esta especie es no proteico y que existe una porción de la fracción nitrogenada que no presenta una marcada solubilidad por encontrarse posiblemente unida a la pared celular. No obstante, la cantidad de proteína retenida en la fracción fibrosa es muy baja, si se consideran los resultados informados por Sarma *et al.* (2000) en el follaje de numerosas especies tropicales utilizadas para la alimentación animal, en las cuales los valores de PC-FDN oscilaron entre 27 y 80%, en función de la

cantidad de nitrógeno total. Asimismo, el follaje de *T. diversifolia*, considerando el perfil proteico, podría ser utilizado con éxito como fuente proteica de elevado valor biológico en la alimentación de los animales monogástricos.

Los contenidos de FDN y FDA fueron ligeramente más bajos que los informados tradicionalmente en el follaje de la especie y en otros árboles y arbustos de amplia distribución en el trópico (Sarma *et al.* 2000; García *et al.*, 2006). No obstante, estos resultados quizás se encuentren relacionados con las características del material de procedencia, ya que el follaje de todos los tratamientos presentaba poca edad (60 días), coincidiendo con el final de la etapa de vivero. Además, es conocido la influencia determinante que tiene la edad de la biomasa, la fenología y la época, fundamentalmente, en los niveles de los componentes fibrosos de los forrajes (García, 2003).

Los niveles de P fueron relativamente elevados al compararlos con los reportados en árboles y arbustos forrajeros en Venezuela (García *et al.*, 2006) y coinciden con los informados por Mahecha *et al.* (2007) en una evaluación nutricional realizada en la especie. No obstante, la concentración de este mineral en el follaje no justifica la inclusión de *T. diversifolia* como dieta única en la alimentación animal.

La mayor concentración de CHST en el follaje proveniente de las estacas más grandes, de mayor diámetro y la de menor cantidad de yemas, quizás sugiere que el estatus energético del follaje en esta especie se encuentra relacionado positivamente con

Cuadro 4. Influencia de la longitud, el diámetro y el número de yemas de la estaca de *T. diversifolia* en la composición bromatológica de la biomasa.

Factor	Nivel	PC†	PV	PS	PC-FDN	FDN	FAD	P	CHST	Almidón	Ceniza
----- % -----											
Longitud, cm	10	23,37	12,64	9,54	5,23	33,27	27,37	0,38	9,65c‡	5,76	7,65
	20	21,27	13,38	10,32	5,74	34,47	27,74	0,40	10,25b	5,38	7,38
	30	22,72	13,20	9,20	5,37	33,98	26,27	0,36	11,57a	4,55	7,94
	40	23,38	12,62	10,06	5,27	34,38	27,74	0,36	11,76a	5,62	8,02
	EE±	3,85	2,26	1,98	1,02	4,32	3,12	0,07	0,65	1,04	1,02
Diámetro, cm	1,0-1,9	21,97	12,73	10,37	4,79	34,94	26,38	0,38	10,48b	6,27	7,98
	2,0-2,9	23,65	12,63	10,35	5,24	35,87	26,28	0,36	10,65b	5,53	7,58
	3,0-3,9	22,18	12,38	9,49	5,26	34,28	27,53	0,37	12,92a	5,75	8,12
	4,0-4,9	20,37	12,93	9,39	5,01	34,26	27,38	0,36	12,76a	6,73	7,86
	EE±	3,28	2,49	1,79	1,21	4,38	2,65	0,05	0,79	1,15	1,22
Número de yemas	2	20,76	13,48	10,62	5,12	36,27	26,72	0,37	11,82a	5,71	8,24
	3	21,53	12,48	9,69	5,54	35,27	27,80	0,36	11,58a	6,65	7,98
	4	21,78	12,93	10,43	5,36	35,38	27,10	0,38	10,93b	5,65	8,05
	5	20,37	13,46	9,43	5,31	34,92	26,29	0,37	9,94c	6,60	7,76
	EE±	2,93	2,02	1,99	1,32	4,27	2,26	0,08	0,65	1,43	1,58

† PC: proteína cruda, PV: proteína verdadera, PS: proteína soluble, PC-FDN: proteína unida a la fibra detergente neutro, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, P: fósforo, CHST: carbohidratos solubles totales.

‡ Medias con letras distintas entre filas presentan diferencias significativas ($P < 0,01$).

el desarrollo morfo-estructural de las ramas y que las reservas concentradas de estos compuestos en una menor cantidad de puntos de crecimiento (yemas) favorece las concentraciones foliares de sacáridos después de la emisión del rebrote. No obstante, aunque de forma general estos aspectos han sido descritos, desde el punto de vista fisiológico, el comportamiento de los metabolitos energéticos en función de las variaciones morfo-estructurales es muy dependiente de la especie, del estado nutricional y de las condiciones edafoclimáticas en la cual se cultiva (Pineda, 2004).

La concentración de CHST y almidón en *Tithonia* fueron similares a las obtenidas en el follaje de otras plantas no leguminosas tales como *Morus alba*, *Trichantera gigantea*, *Cnidioscolum aconitifolium* y *Ficus carica* (García y Medina, 2006). Sin embargo, la cantidad de carbohidratos fue superior a lo informado en algunas leguminosas de uso tradicional como forraje (Benavides, 1994), en las cuales se ha determinado el nivel de estos compuestos en follajes maduros. Al respecto, es bien conocido que generalmente, las especies no leguminosas,

comparadas con las leguminosas, presentan mayor cantidad foliar de CHS cuando las especies de ambos grupos se encuentran en un mismo estado fenológico (García, 2003). Sin embargo, se ha demostrado, en diferentes condiciones experimentales, que la edad de la biomasa influye drásticamente en la concentración de los hidratos de carbono (Pineda, 2004).

Con relación a los contenidos de ceniza, estos fueron inferiores a los reportados por otros autores en la especie, sobretodo si se considera que algunos de los miembros de la familia Asteraceae almacenan en el follaje cantidades sustanciales de sales inorgánicas, aspecto que las diferencia de un gran número de leguminosas (García y Medina, 2006).

Por otra parte, en el Cuadro 5 se muestran los resultados de la composición fitoquímica y la degradabilidad ruminal a las 48 horas. No se observaron diferencias significativas en la concentración de ninguno de los metabolitos secundarios cuantificados, la actividad biológica de los inhibidores de tripsina ni en la degradabilidad ruminal. Al parecer, el metabolismo secundario en la especie tampoco presenta conexión con las particularidades

Cuadro 5. Influencia de la longitud, el diámetro y el número de yemas de la estaca de *T. diversifolia* en los niveles de metabolitos secundarios y la degradabilidad ruminal de la biomasa.

Factor	Nivel	FT†	ET	TerpT	Cum	Camg	I	TIA	TIU	DMS	DPC
		----- % -----					mg/g	µ/g	----- % -----		
Longitud, cm	10	0,78	2,67	1,03	0,05	0,44	58,36	1,12	308	69,72	75,78
	20	0,64	2,54	1,11	0,06	0,47	54,76	1,21	375	70,74	72,74
	30	0,80	2,70	1,14	0,04	0,39	57,75	1,09	365	72,83	72,84
	40	0,75	2,68	1,21	0,04	0,30	54,89	1,10	376	68,93	73,83
EE±		0,35	0,37	0,20	0,02	0,15	6,86	0,20	26	5,89	6,83
Diámetro, cm	1,0-1,9	0,68	2,73	1,26	0,07	0,48	59,95	1,24	375	71,63	76,37
	2,0-2,9	0,87	2,92	1,32	0,06	0,43	57,84	1,18	367	73,73	75,38
	3,0-3,9	0,76	2,60	1,27	0,06	0,38	58,48	1,19	375	70,74	76,94
	4,0-4,9	0,75	2,75	1,19	0,05	0,39	57,49	1,20	348	69,86	74,73
EE±		0,21	0,51	0,33	0,02	0,19	5,95	0,15	45	6,73	4,33
Número de yemas	2	0,77	2,62	1,37	0,04	0,40	57,63	1,16	374	73,44	74,84
	3	0,81	2,58	1,26	0,05	0,37	55,85	1,19	347	70,73	74,44
	4	0,83	2,49	1,38	0,06	0,36	56,93	1,20	362	71,39	74,47
	5	0,79	2,65	1,39	0,05	0,41	57,38	1,15	383	69,72	72,63
EE±		0,34	0,31	0,26	0,03	0,23	6,84	0,31	38	4,84	75,87

† FT: polifenoles totales, ET: esteroides totales, TerpT: terpenos totales, Cum: cumarinas, Camg: compuestos amargos, I: porcentaje de inhibición de la tripsina, TIA: actividad del inhibidor de tripsina, TIU: unidades de tripsina inhibidas, DMS: degradabilidad de la materia seca a las 48 h, DPC: degradabilidad de la proteína cruda a las 48 h.

fisiológicas de la semilla vegetativa, al menos en la etapa inicial de crecimiento, aún cuando es conocido que estos compuestos se encuentran estrechamente relacionados con la edad biológica de la planta y la madurez del follaje (García, 2004; García y Medina, 2005). En este sentido, los contenidos de FT, Cum y la actividad biológica de los inhibidores de proteasas fueron bajos. Sin embargo, la concentración de ET, TerpT y el porcentaje de inhibición de la tripsina resultaron elevados, aunque los datos obtenidos son difícilmente comparables, considerando que existe muy poca literatura disponible en la cual se describan los niveles de estos metabolitos en la especie. De ahí la importancia de establecer rangos de concentraciones de los principales compuestos tóxicos, con el objetivo de realizar estudios nutricionales posteriormente con animales.

Por otra parte, aunque se han estudiado las características de los isoprenoides presentes en el follaje de algunas Asteráceas, incluyendo a *T. diversifolia*, no se reportan datos cuantitativos, sino determinaciones estructurales de compuestos

biológicamente activos presentes en la biomasa de la especie (Lamaty *et al.*, 1991; Manut *et al.*, 1992). Asimismo se ha determinado que los miembros de esta familia presentan una fracción polifenólica insignificante, lo cual es muy positivo desde el punto de vista nutricional (García *et al.*, 2006). Sin embargo, la presencia cuantiosa de terpenoides, lactonas y piranos en la parte comestible de *Tithonia* constituye un tema que debe ser investigado con mayor profundidad, aun cuando solamente se ha informado efecto citotóxico de un grupo pequeño de metabolitos en la especie (Mungarulire *et al.*, 1993) y además empíricamente no se han observados problemas relacionados con toxicidad aguda y efectos fisiológicos adversos en animales alimentados con dietas experimentales a base de esta arbustiva (Ríos, 1997; Lauser *et al.*, 2006). Al respecto, estudios integrales han determinado que en las plantas compuestas, las sesquiterpenlactonas constituyen una de las estructuras de mayor interés fitoquímico, debido a sus potencialidades farmacológicas y por su influencia marcada en la aceptabilidad de algunos tipos de animales, debido a que éstos compuestos le

confieren a los forrajes un acentuado sabor amargo (Personious *et al.*, 1987; Villalba y Provenza, 2005; García *et al.*, 2008).

En otro sentido, aunque los valores de inhibición de la tripsina fueron considerables (54,8-59,9), la actividad biológica de estos compuestos antinutricionales fue baja, si se comparan con las obtenidas por Sotelo *et al.* (1999) en especies forrajeras utilizando el mismo método de análisis. Estos resultados no afectan integralmente las excelentes características de la fracción proteica de la especie, ya que tempranamente se reconoció que la TIA y TIU constituyen los indicadores más viables para estimar la acción detrimental, en términos biológicos, de los inhibidores de proteasas en la nutrición (Kakade *et al.*, 1974).

En cuanto a la degradabilidad ruminal, los resultados coinciden con los obtenidos en la mayoría de las evaluaciones de valor nutritivo utilizando rumiantes, lo cual demuestra que en la fase inicial de crecimiento, aun cuando no se encuentra en su máximo desarrollo vegetativo, esta especie también mantiene un elevado valor nutritivo de sus fracciones. Teniendo en cuenta la elevada degradación ruminal de la MS y la PC, los resultados son consistentes con los obtenidos en la fracción comestible de otras plantas forrajeras no leguminosas que contienen bajos o nulos contenidos de taninos en la biomasa, tales como *M. alba*, *Hibiscus rosa-sinensis* y *Moringa oleifera* y que constituyen excelentes fuentes suplementarias de proteínas para rumiantes y monogástricos en condiciones tropicales (García *et al.*, 2006).

CONCLUSIONES

En *T. diversifolia* la cantidad de ramas, el prendimiento, la sobrevivencia, la afectación por plagas y enfermedades, el perfil fitoquímico y la degradabilidad ruminal no presentaron diferencias significativas con respecto a la longitud, el diámetro y la cantidad de yemas de la estaca. Sin embargo, estos factores afectaron drásticamente la altura diferencial de la planta, el número de brotes, la longitud de la rama, la tasa de crecimiento y la concentración de CHST.

De forma general, con estacas de 10 y 20 cm, grosor entre 1 y 3,9 cm y con 5 yemas se obtienen buenos resultados en la etapa inicial de crecimiento,

garantizando un forraje de elevado valor nutricional para la alimentación animal, aun cuando los niveles de ET, TerpT y Camg no son despreciables.

Se deberían realizar ensayos más específicos, a partir de las variables morfo-estructurales que presentaron las mayores fluctuaciones numéricas, para definir integralmente el comportamiento de *T. diversifolia* en condiciones de vivero.

LITERATURA CITADA

- Adoyo F., J.B. Mukalama y M. Enyola. 1998. El uso de *Tithonia* para controlar termitas en el distrito de Busia, Kenia. LEISA, 13(4): 1-4
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15^{ta} ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, EUA.
- Benavides J.E. 1994. La investigación en árboles forrajeros. En Benavides J.E. (Ed.) Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central. Informe Téc. No. 236. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Vol. 1, pp. 3-21.
- Canul J.R., J.G. Escobedo, P.E. Laray M. A. López. 2006. Influencia de la asociación *Gliricidia sepium* - *Tithonia diversifolia* - *Cynodon nlemfuensis* en el rendimiento y componente del forraje. Resúmenes 4^{to} Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible y 3^{er} Simposio sobre Sistemas Silvopastoriles para la Producción Ganadera Sostenible. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.
- Chay A.J., J.G. Escobedo, U. Ramírez, D. Marrufo y J. Gutiérrez. 2006. Productividad de *Tithonia diversifolia* intercalado a *Cynodon nlemfuensis* y *Gliricidia sepium* abonado con ovinaza. Resúmenes 4^{to} Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible y 3^{er} Simposio sobre Sistemas Silvopastoriles para la Producción Ganadera Sostenible. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.
- Corpoica (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 2001. Especies promisorias de la Amazonia. Conservación Manejo y utilización del germoplasma. Produmedios. Florencia, Colombia.

- Galindo W., M. Rosales, E. Murgueitio y J. Larrahondo. 1989. Sustancias antinutricionales en las hojas de árboles forrajeros. *Livest. Res. Rural Dev.*, 1(1): <http://www.lrrd.org/lrrd1/1/mauricio.htm>
- García D.E. 2003. Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). Tesis Maestría. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.
- García D.E. 2004. Principales factores antinutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación. *Pastos y Forrajes*, 27(2): 101-111.
- García D.E. y M.G. Medina. 2005. Metodología para el estudio de los compuestos polifenólicos en especies forrajeras. Un enfoque histórico. *Zootecnia Trop.*, 23(3): 261-296.
- García D.E. y M.G. Medina. 2006. Metodologías para la evaluación de especies arbóreas y arbustivas en sistemas silvopastoriles. Memorias (CD ROM). Curso Nacional sobre Metodologías para el Manejo y Evaluación de Sistemas Agroforestales. INIA. Trujillo, Venezuela.
- García D.E., M.G. Medina, J. Humbría, C.E. Domínguez, A. Baldizán, L.J. Cova y M. Soca. 2006. Composición proximal, niveles de metabolitos secundarios y valor nutritivo del follaje de algunos árboles forrajeros tropicales. *Arch. Zootecnia*, 55(212): 373-384.
- García D.E., M.G. Medina, L.J. Cova, J. Humbría, A. Torres y P. Moratinos. 2008. Preferencia caprina por especies forrajeras con amplia distribución en el estado Trujillo, Venezuela. *Arch. Zootecnia*, 57(220): 403-413.
- Giraldo C., Z. Calle, I. Armbrrecht y J. Montoya. 2006. Efecto de *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) sobre herbivoría de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). Resúmenes 4^{to} Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible y 3^{er} Simposio sobre Sistemas Silvopastoriles para la Producción Ganadera Sostenible. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.
- Hartmann H. y D. Kester. 2000. Propagación de Plantas. Principios Prácticos. 8^{va} ed. Editorial Continental. Ciudad de México, México.
- Hoyos J. 1999. Plantas tropicales ornamentales de tallo herbáceo. Monografía N° 46. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Caracas, Venezuela.
- Kass D. 1999. Proyecto *Tithonia diversifolia*. *Agrofor. Amér.*, 16(23): 1-5.
- Kakade M.L., J.J. Rackis, J.E. McGhee y G. Puski. 1974. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chem.*, 51: 376-382.
- Lamaty G., C. Menut, P.H.A. Zollo, J.R. Kuate, J.M. Bessiere y J. Kodou. 1991. Aromatic plants of tropical central Africa. III. Constituents of the essential oil of the leaves of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray from Cameroon. *J. Esse. Oil Res.*, 3(6): 399-402.
- Lampert R., E. Franco y C. Dias. 1999. Enraizamiento de estacas de diferentes diámetros en *Platanus acerifolia* (Aiton) Willdenow. *Ciência Florestal*, 9(2): 127-136.
- Lauser D., K. Rivas y M. Torres. 2006. Evaluar la ganancia diaria de peso en animales de raza cebuina en crecimiento sometidos a una dieta que incluye botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Resúmenes 13^o Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Univ. Nac. Exp. "Rómulo Gallegos", San Juan de los Morros, Guárico, Venezuela.
- Lezcano S.Q. y R. González. 2000. Metodología para la Evaluación de Alimentos de Consumo Animal. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
- Machado R. 2006. Adaptabilidad de gramíneas y leguminosas en suelos hidromórficos del humedal Ciénaga de Zapata. Establecimiento. *Pastos y Forrajes*, 29(2): 155-167.
- Mahecha E. y M. Rosales. 2005. Valor nutricional del follaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Helmsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. *Livest. Res. Rural Dev.*, 17 (9): <http://www.lrrd.org/lrrd17/9/mahel7100.htm>
- Mahecha L., J.P. Escobar, J.F. Suárez y L.F. Restrepo. 2007. *Tithonia diversifolia* (Helmsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F₁

- (Holstein por Cebú). *Livest. Res. Rural Dev.*, 17 (9): <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm>.
- Makkar H.P.S. 2003. Quantification of Tannins in Tree and Shrub Foliage. A Laboratory Manual. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands.
- Medina M.G., D.E. García, T. Clavero, J.M. Iglesias y J.G. López. 2007. Evaluación inicial de la Morera (*Morus alba* L.) en condiciones de vivero. *Zootecnia Trop.*, 25(1): 45-56.
- Mehrez A.Z. y E.R. Ørskov. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.*, 88: 645-649.
- Mejía M. 2009. Estudio de propagación sexual y asexual de algunas especies promisorias de la Amazonia Colombiana: copoazú, *Theobroma grandiflorum* Wild ex Spreng (Shum); arazá, *Eugenia stipitata* Mc Vaugh y camu camu, *Myrciaria dubia*. Red de la Extensión Académica de la Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: http://www.reuna.unalmed.edu.co/temporales/memorias/especies/Vegetales/41_CopuazuMejia.htm
- Menut C., G. Lamaty, P.H.A. Zollo, J.R. Kuate, J.M. Bessiere y P.H. Amvam-Zollo. 1992. Aromatic plants of tropical central Africa. IX. Chemical composition of flower essential oils of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray from Cameroon. *J. Esse. Oil Res.*, 4(6): 651-653.
- MINSAP. 2000. Análisis fitoquímico preliminar para plantas medicinales. Análisis de sesquiterpenlactosas, α - β lactosas, σ -lactonas, cumarinas y cardiotónicos. Ministerio de Salud Pública. La Habana, Cuba.
- Mungarulire J., C.H. Franz, R. Seitz y N. Verlet. 1993. Some developments in the search for cytotoxic constituents from Rwandese medicinal plants. *Acta Hort.*, 333: 211-216.
- Murgueitio E., M. Rosales y M.E. Gómez. 2001. Agroforestería para la Producción Animal Sostenible. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali, Colombia.
- Pacheco J.J y L.A. Pérez. 1989. Malezas de Venezuela. Aspectos botánicos, ecológicos y formas de combate. Monsanto de Venezuela. San Cristóbal, Venezuela.
- Personious T.L., C.L. Nwambolt, J.R. Stephens y R.C. Keiser. 1987. Crude terpenoid influence on mule deer preference for sagebrush. *J. Range Manag.*, 40(1): 84-87.
- Pidi N. 1981. La multiplicación de las Plantas. Editorial de Vecchi. Barcelona, España.
- Pineda M. 2004. Resúmenes de fisiología vegetal. Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba, España.
- Ramírez U., J.G. Escobedo, P.E Lara y A.J. Chay. 2006. Productividad agronómica del arbusto forrajero *Tithonia diversifolia* en Yucatán México. Resúmenes 4^{to} Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible y 3^{er} Simposio sobre Sistemas Silvopastoriles para la Producción Ganadera Sostenible. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.
- Ríos C.I. 1997. Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. En Rosales M., J.D. Chara, A. Zapata, P.M. Castro (Eds.) Árboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en la Alimentación Animal como Fuente Proteica. 2^{da} ed. Colciencias-CIPAV. Cali, Colombia. pp 115-126.
- Ríos C.I y A. Salazar. 1995. Botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray) una fuente proteica alternativa para el trópico. *Livest. Res. Rural Dev.*, 6(3): <http://www.lrrd.org/lrrd6/3/9.htm>.
- Ríos C.I. 1999. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. En Sánchez M.D. y M. Rosales (Eds.) Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal N° 143. FAO, Roma. Italia. pp. 311-325.
- Salazar A. 1992. Evaluación agronómica del botón de oro (*Tithonia diversifolia*-familia compuesta) y el pinocho (*Malvaviscus penduliflorus*-familia Malvaceae). Informe de becarios de la fundación Centro para la Investigación en Sistemas

- Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali, Colombia.
- Sarma R.K., B. Singh y T.K. Bhat. 2000. Nitrogen solubility, protein fractions, tannins and *in sacco* dry matter digestibility of tree fodders of Shiwalik range. *Indian J. Anim. Nutr.*, 17(1): 1-7.
- Schnee L. 1984. Plantas Comunes de Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Ediciones de la Biblioteca. Caracas, Venezuela.
- Sotelo A., P. Migliaro, A. Toledo y J. Contreras. 1999. Chemical composition, digestibility and antinutritional factors content of two wild legumes: *Styphonolobium burseroides* and *Acacia bilimekii*. *Plant Foods Huma. Nutr.*, 54: 59-65.
- Van Noordwijk M., K. Hairah, S. Partoharjono, R.V. Labios y D. Garraty. 1997. Food-based production systems as sustainable alternatives for imperata grasslands. *Agrofor. Syst.*, 36: 55-63.
- Villalba J.J. y F.D. Provenza. 2005. Foraging in chemical diverse environments: energy, protein and alternative foods influence ingestion of plant secondary metabolites by lams. *J. Chem. Ecol.*, 31(1): 123-130.
- Visauta B. 1998. Estadística Multivariante. Mc-Graw Hill Interamericana. Madrid, España.
- Weaver R.J. 1987. Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. 5^{ta} ed. Trillas. Ciudad de México, México.

Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal

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

¹Departamento de Nutrición Animal y Forrajes. Escuela de Zootecnia. Universidad de Oriente. Maturín, Monagas. Venezuela.

*Correo electrónico: adrianyelanoriega@cantv.net

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

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue caracterizar mediante análisis químico la pulpa de café ensilada a diferentes tiempos y su uso potencial en la alimentación animal. Las muestras de pulpa se dejaron drenar por 24 horas para eliminar el agua residual proveniente del beneficio, luego se colocaron en un silo, de 1,35 m³, el cual se cubrió en su totalidad con un plástico de polietileno negro para generar la fermentación natural. De este silo, se tomaron muestras a los 0, 90, 120 y 240 días después del despulpado del café para realizarle análisis químico. El diseño experimental empleado fue completamente aleatorizado y para efectos de comparación se aplicó la prueba de mínima diferencia significativa. Los resultados muestran valores promedios de ceniza 16,87%; extracto etéreo 3,34%; taninos 0,23% y proteínas 21,35%. En la medida que se incremento el tiempo de ensilaje, se observo aumento en la concentración de ceniza y taninos; por otra parte, se detectaron diferencias significativas entre los tiempos de ensilaje ($P \leq 0,05$). De forma general, el factor tiempo influyó sobre las características químicas de la pulpa de café, la cual presentó alto valor nutricional a los 120 días de ensilada y potencialmente podría ser recomendada para la alimentación animal.

Palabras clave: pulpa de café, ensilaje, subproductos del café, conservación pulpa de café.

Chemical composition of coffee pulp at different silage times and its potential use in animal feeding

ABSTRACT

The objective of this work was to characterize the pulp of coffee, at different times, using chemical analysis and its potential use in animal feeding. The samples of pulp were drained during 24 hours, to eliminate the residual water coming from the benefit; then placed in a silo of 1.35 m³, which was totally covered with a black polyethylene plastic, to generate the natural fermentation. From the silos, samples were taken at 0, 90, 120, and 140 days after the pulp of coffee was obtained to conduct the chemical analysis. It was used a completely randomized design and for the means comparison was applied the least significance difference. The results showed means values of ashes 16.87%, ethereal extract 3.34%, tannins 0.23%, and protein 21.35%. At silage time increased, it was observed an increase in the concentration of ashes and tannins. Also, there were detected significant differences among times of silage ($P \leq 0.05$). In general, the time factor influenced on the chemical characteristics of the coffee pulp, which had a high nutritional value at 120 days of silage and it could be recommended potentially for animal feeding.

Keywords: coffee pulp, silage, coffee sub products, conservation coffee pulp.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del café (*Coffea arabica* L.) 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 (Amaya *et al.*, 1998). El beneficio del fruto puede realizarse de dos maneras, la primera de ellas es la vía húmeda que involucra el despulpado, desmucilado utilizando agua, secado del fruto y finalmente la eliminación de las envolturas internas por el trillado. La segunda vía, incluye la fermentación del fruto con todas sus cortezas, el secado y la eliminación de las envolturas en una única operación mecánica de trillado (Braham y Bressani, 1978). La vía húmeda es la más utilizada y el procesamiento de 100 kg de frutos de café maduros generan 20% de café trillado (oro) y el 80% restante está formado por subproductos, como pulpa fresca (40%), mucilago (20%), agua (17%) y pergamino y película plateada (3%) (Amaya *et al.*, 1988).

La pulpa de café al ser vertida al medio ambiente puede causar contaminación. Ante esta realidad se han realizado muchos estudios para aprovecharla y disminuir su efecto tóxico en el ambiente (Ramírez, 1998). Dentro de esas formas de utilizarla destacan el ensilaje destinado a la alimentación animal, torta de pulpa de café, jugo tratado con microorganismos para el consumo animal (Ferrer *et al.*, 1995; Ramírez *et al.*, 1997; Ramírez, 1998; Ramos *et al.*, 2000).

El ensilaje es el proceso utilizado para preservar y almacenar la pulpa del café mientras se le da un uso posterior (Ferrer *et al.*, 1995). Con el ensilaje se logra reducir a niveles adecuados sustancias antinutricionales, como cafeína, ácido clorogénico y derivados de taninos (Mayorga, 2005). La composición química de la pulpa de café ensilada reveló valores de materia seca (92%), extracto etéreo (2,6%), fibra cruda (20,8%), proteína cruda (10,7%), ceniza (8,8%), extracto libre de nitrógeno (49,2%) y taninos (1,8%) (Braham y Bressani, 1978).

Algunos estudios realizados en relación a las características químicas y al valor alimenticio de la pulpa de café ensilada han indicado su uso potencial en la alimentación animal. Flores (1976) señalo que en vacas lecheras puede ser suministrada hasta 20% de pulpa, mientras que en novillos de 20% a 30% (Braham y Bressani, 1978) y en ovinos su uso puede

ser hasta 15% sin afectar su crecimiento (Ferreira *et al.*, 2000; Ferreira *et al.*, 2003). En peces como tilapia del Nilo, se logró aumento de peso con 30% de mezcla con pulpa de café (García y Baynes, 1974; Moreau *et al.*, 2003), en el híbrido Cachamay se encontró mejor tasa de crecimiento en peso y longitud con dietas de 18% de pulpa (Bautista *et al.*, 1999a y Bautista *et al.*, 2005), siendo que en alevines de tilapia roja se encontró mejor comportamiento con 10 y 20% de pulpa de café (Castillo *et al.*, 2002). Otros trabajos se han realizado en aves (Acosta *et al.*, 1997; Romero *et al.*, 1995), en conejos (Bautista *et al.*, 1999b) y en cerdos (Bautista *et al.*, 1999c). En función de ello, el presente trabajo tiene como objetivo caracterizar químicamente la pulpa de café ensilada a los 0, 90, 120 y 240 días de sometida a un proceso de fermentación anaeróbica.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en la Estación Experimental Caripe, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del estado Monagas, ubicada en la población de Boquerón, vía Sabana de Piedra, Municipio Caripe al norte del estado Monagas, Venezuela.

Obtención y ensilaje de la pulpa de café

Los frutos maduros se cosecharon manualmente de plantaciones de café de 6 años de edad, en lotes de producción de semillas del cultivar Catuaí Amarillo, los cuales se trasladaron al galpón de almacenamiento y procesamiento, donde se despulparon en una máquina modelo Jotagallos N° 4. La pulpa obtenida del beneficio se colocó por un día sobre una plataforma construida de hileras de bambú, con el objetivo de permitir el drenaje del agua utilizada durante el beneficio del fruto. La pulpa drenada se llevó a un silo tipo superficial de 1,35 m³, construido con plástico de polietileno negro y se cubrió totalmente, de tal forma que se estimuló el crecimiento de bacterias anaeróbicas, así como también la producción de ácidos que contribuyen a preservar la pulpa, hasta su posterior muestreo para los análisis realizados.

Caracterización química de la pulpa de café drenada

Para efecto de muestreo, el silo se dividió en tres secciones denominadas anterior, media y posterior. De cada una de estas secciones se tomaron tres submuestras a profundidades de 25, 50 y 75 cm

aproximadamente. Posteriormente, esas submuestras se mezclaron y se obtuvo una muestra compuesta de 500 g por cada sección, constituyéndose así tres repeticiones. Los muestreos se realizaron al inicio de ensayo y se siguió el mismo procedimiento a los 90, 120 y 240 días después de inicio del proceso de fermentación obteniéndose un total de 12 muestras. Las muestras se acondicionaron en cavas de anime y se trasladaron al laboratorio de Nutrición Animal y Forrajes de la Escuela de Zootecnia UDO Monagas, donde fueron analizadas bromatológicamente, cuantificándose las siguientes variables: materia seca (MS), ceniza (CEN), materia orgánica (MO), extracto etéreo (EE), proteína cruda (PC) y extracto libre de nitrógeno (ELN), siguiendo la metodología de AOAC (1990) y para taninos (TAN) se empleó la metodología de Egan y Kirkl (1987). El análisis de los taninos se realizó pesando 50 g de pulpa de café, luego se homogeneizó con agua y se calentó a 85°C por 5 min. Posteriormente se enfrió, se filtró y se añadió la solución de índigo carmín para titular con permanganato hasta que apareció el color amarillo oro, seguidamente se añadió el carbón activo, se filtró y nuevamente se tituló. Con los valores obtenidos de la titulación se calcularon los miligramos de taninos por 100 mL.

Análisis estadístico

Se empleó el diseño experimental completamente aleatorizado con cuatro tratamientos que representaron los diferentes tiempos de ensilaje y tres repeticiones. Los valores de las variables cuantificadas a los 0, 90, 120 y 240 días después del despulpado se analizaron estadísticamente por medio de análisis de varianza y las comparaciones de los valores promedios se realizó por la prueba de mínima diferencia significativa al 5% de probabilidad (Steel y Torrie, 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia seca

Sus valores promedios (Cuadro 1) no presentaron tendencia definida de aumento o disminución en relación al tiempo de ensilaje. La comparación de los valores promedios de la MS entre los diferentes muestreos muestra que el tiempo de ensilaje a 90 días presentó el mayor valor de MS y este tiempo de ensilaje difirió estadísticamente de los tiempos de 0 y 240 días de ensilaje. La muestra tomada al inicio

del experimento (con cero días de ensilaje) presentó comportamiento estadístico similar con la de 120 días, para las cuales se constató los menores valores de materia seca.

Los valores de la materia seca señalados en la literatura por Braham y Bressani (1978) y Ferrer *et al.* (1995) de 92,1 y 94,4% para la pulpa de café con tres días de ensilada y mezclada con 3 y 4% de melaza y fermentada hasta 133 días, respectivamente, fueron superiores al valor promedio de 89,3% (Cuadro 1). Esta variación podría ser debida a las condiciones establecidas en la preparación de la pulpa durante su ensilaje; además, este material presentó similar comportamiento al procedimiento clásico observado en fuentes fermentadas donde no hubo uso de aditivos como la melaza y ácidos. Por otro lado, en este trabajo se observó que a los noventa días después de haberse iniciado el proceso de fermentación se obtuvieron valores de 95,5% de materia seca. Este resultado, visto de manera aislada, sin realizar promedios entre las fechas de muestreo, indica que de acuerdo a lo planteado en este experimento, los valores de materia seca superan a los observados en las anteriores investigaciones.

Cenizas

En promedio, el contenido de cenizas se incrementó a medida que aumentó el tiempo de ensilaje (Cuadro 1). Se detectaron diferencias entre los diferentes valores de cenizas para las fechas de ensilaje y se observó que los tiempos de ensilaje de 120 y 240 días fueron estadísticamente similares, los cuales presentaron los mayores valores de ceniza. Particularmente una característica deseable en un alimento y particularmente para el caso de la pulpa es que disponga de alto contenido de ceniza para que pueda proporcionar niveles apropiados de minerales necesarios en las dietas para animales. Posiblemente, la diferencia entre los valores señalados en la literatura por Braham y Bressani (1978) y Ferrer *et al.* (1995) con 8,8 y 14,7%, respectivamente, y el valor promedio obtenido de 16,7%, sean debidos a que el material estudiado permaneció mayor tiempo ensilado. Este supuesto está basado en la razón de que con el tiempo de ensilaje la pulpa sufre cambios químicos que aumentan la disponibilidad de los minerales presentes en ella. Excepto para los muestreos al iniciar el experimento y con 90 días de ensilado, los valores

Cuadro 1. Composición química (%) de la pulpa de café ensilada a 0, 90, 120 y 240 días en Caripe, Monagas.

Componente	Tiempo, días				Promedio	CV†
	0	90	120	240		
Materia seca	87,30bc‡	95,53a	86,16c	88,10b	89,27	6,45
Ceniza	9,12c	12,46b	22,12a	23,80a	16,87	3,65
Materia orgánica	90,88a	87,53b	77,91c	76,93c	83,31	0,60
Extracto etéreo	3,86a	3,27b	3,24bc	3,02c	3,34	0,67
Proteína cruda	3,87d	25,18c	30,52a	25,82b	29,42	0,93
Extracto libre de N	60,29a	26,55b	8,24c	10,93d	26,50	0,69
Taninos	0,06	0,23	0,30	0,34	0,23	3,1 x 10 ⁻⁴

†CV: Coeficiente de variación.

‡ Letras distintas en la misma fila indica diferencia estadísticamente significativa entre medias (P<0,05).

obtenidos para cenizas superaron a los señalados por Braham y Bressani (1978) y Ferrer *et al.* (1995).

Materia orgánica

A diferencia de los contenidos de ceniza en la pulpa ensilada los tenores de materia orgánica disminuyeron con el tiempo. La comparación entre los tiempos de ensilaje permite señalar que el tratamiento al inicio del ensayo presentó el mayor tenor de materia orgánica. El tiempo de 90 días de ensilaje presentó valores elevados de materia orgánica; sin embargo, fue inferior al tratamiento con 0 días de ensilaje y superior a los tratamientos con 120 y 240 días de ensilaje. Este comportamiento puede ser debido a que la fermentación no se había estabilizado a mediano plazo bajo las condiciones experimentales.

De manera general, los resultados de materia orgánica y ceniza observados en esta investigación permiten inferir las bondades de la pulpa de café para la alimentación animal y que además puede ser utilizada para mejorar la condición nutricional del suelo, como lo ratifican los estudios de Braham y Bressani (1978) y García *et al.* (1987).

Extracto etéreo

Se constataron diferencias significativas entre los tratamientos a diferentes tiempos de ensilaje y el tratamiento con la pulpa fresca presentó los mayores tenores, el cual fue diferente de los demás tratamientos. El valor promedio de extracto etéreo en

este experimento fue 3,34%, mientras que Braham y Bressani (1978) y Ferrer *et al.* (1995) reportaron 2,6 y 5,02%, respectivamente. La explicación para estas discrepancias entre los valores encontrados y señalados en la literatura se pueden explicar debido a que las pulpas analizadas se sometieron a varios tiempos de fermentación y no se le adicionó aditivo como lo hizo Ferrer *et al.* (1995). Como producto de ese proceso de fermentación natural que experimento la pulpa al ser colocada en el silo se modificaron los tenores de grasa, siendo que durante la fermentación anaeróbica se favorece la actividad enzimática de los microorganismos presentes en la pulpa de café, la cual es muy rica en azúcares fermentables. Estos azúcares pudieron contribuir hasta cierto límite con la formación de sustancias solubles en compuestos orgánicos.

En la literatura no se dispone de información sobre diferentes tiempos de ensilaje de la pulpa de café y contenido de extracto etéreo, aunque Braham y Bressani (1978) reportaron valores de 0,48 y 2,6% para la pulpa de café fresca y almacenada de dos a tres días, respectivamente. En este estudio los valores estuvieron alrededor de 3% aproximadamente, lo que indica que el tiempo de ensilaje pudiera tener relación con estos valores.

Proteína cruda

El valor promedio de la proteína cruda en todos los tiempos de ensilaje fue 21,35%; sin embargo, su

valor al inicio del proceso de ensilaje fue 3,87% y a partir de los 90 hasta los 120 días de ensilado los valores oscilaron entre 25,18 y 30,52% y después con 240 días de ensilaje los valores disminuyeron a 25,82% (Cuadro 1). Se detectaron diferencias significativas para el tiempo con 120 días de ensilaje con los mayores valores promedios de proteína cruda y estadísticamente diferente de los demás tratamientos. La pulpa recién obtenida presentó los menores valores de proteína cruda y fue estadísticamente diferente al resto de los otros tiempos.

González (1990) clasificó a los forrajes y otros alimentos para animales como de regular calidad cuando contiene valores entre 7 y 9% de proteína y de buena calidad con valores comprendidos entre 9 y 11%, lo que significa que si se excluye el tiempo de inicio del ensilaje, el contenido de proteína cruda en la pulpa de café se torna como un alimento de particular valor nutricional. Braham y Bressani (1978) y Ferrer *et al.* (1995) señalan valores de 10,7% y 11,58 de proteína cruda, respectivamente, para la pulpa de café. Particularmente, los valores promedios de proteína cruda obtenidos en este experimento (21,35%) superaron los valores antes señalados y solo están por debajo de estos tenores al momento de comenzar la etapa de ensilado. Por otra parte, si se utilizara la pulpa ensilada con más de 90 días, no limitaría la producción de leche en vacas porque González (1990) establece que estas requieren entre 11 y 12% de proteína cruda. Algo similar pasaría con las gallinas ponedoras las cuales requieren niveles entre 12 y 15% de proteína, mientras que para los cerdos en crecimiento-levante, ceba y engorde requieren entre 14 y 16%, 13 y 14%, 12 y 13%, respectivamente, de proteína cruda. Para corderos entre 5 y 7 meses que necesitan niveles de proteína entre 12 y 14%, la pulpa de café puede aportar cantidades de proteína cruda superior a sus requerimientos.

Extracto libre de nitrógeno

El valor promedio del extracto libre de nitrógeno fue de 26,50% (Cuadro 1) y su tendencia en el comportamiento fue inversa a los tenores de la proteína cruda. Estos valores disminuyeron con el tiempo de ensilaje de la pulpa. Hubo diferencias significativas a nivel de tratamientos, encontrándose a los 240 días los menores valores de extracto libre de nitrógeno (10,93%), lo que explica el aumento de los tenores de proteína cruda para este mismo tiempo de

ensilaje. El resultado obtenido por Ferrer *et al.* (1995) de extracto libre de nitrógeno fue 61,46%, similar al obtenido al momento de iniciar el ensayo.

En la formulación de un determinado alimento, se desea un bajo valor de extracto libre de nitrógeno, pero altos valores de otros compuestos como proteína, grasa y en algunos casos de fibra, lo cual depende del tipo de especie animal a la cual se le suministre la pulpa de café como sustituyente en dietas. De igual forma, Ferrer *et al.* (1995) señalan que fracciones con altos valores de extracto libre de nitrógeno (61,46%) limitan la utilización de la pulpa de café en la alimentación de bovinos, aunque ese obstáculo se eliminaría con la incorporación de melaza y tubérculos en la dieta.

Taninos

Para esta variable, el tiempo de ensilaje no afectó la concentración de taninos presente en la pulpa. El valor promedio de taninos de este ensayo (0,23%) fue inferior en relación a los reportados por Braham y Brezani (1978) de 1,8 a 8,5% y Ferrer *et al.* (1995) de 1,95%. Posiblemente, el proceso de fermentación en el silo pudo inactivar biológicamente a los taninos. Clifford y Ramírez (1991) realizaron un trabajo con cinco muestras de granos de café y sus correspondientes pulpas obtenidas de dos especies de café y de dos híbridos asociados para los cuales no detectaron taninos en el grano de café, así como tampoco taninos hidrolizables en la pulpa.

Se considera que los taninos junto a sustancias pépticas totales, azúcares reductores, azúcares no reductores, cafeína, ácido clorogénico y ácido caféico total son responsables de la toxicidad de la pulpa de café (Braham y Bressani, 1978), por lo que se presume que el hecho de tener la pulpa de café por tanto tiempo fermentada estimula la actividad de las reacciones enzimáticas que pueden convertirlas en sustancias inocuas o de afectar la disponibilidad de las proteínas u otros compuestos de interés en la alimentación.

CONCLUSIONES

1. La composición química de la pulpa de café fermentada mostró variación en sus tenores a través del tiempo de ensilaje.
2. Los mayores valores de ceniza se encontraron a los 240 días de fermentación, mientras que la materia orgánica y el extracto libre de

nitrógeno presentaron sus menores valores a los 240 días.

3. A los 120 días la pulpa de café fermentada en anaerobiosis presentó los mayores tenores de proteína cruda, menores valores de extracto libre de nitrógeno y valores muy bajos de taninos, lo que le proporcionan alto valor nutricional y potencialmente podría ser recomendada en la elaboración de dietas para animales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar sus agradecimientos a los investigadores Ursulino Manrique y Damelis Sanabria por la revisión crítica del manuscrito y por la redacción del resumen en ingles.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 13^{ra} ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, EUA.
- Acosta I., A. Márquez, T. Huérfano e I. Chacón. 1997. Evaluación de la pulpa de café en aves: digestibilidad y energía metabolizable. Arch. Latinoam. Prod. Anm., 5(1): 311-312.
- Amaya L.F., B. Celis, P.R. Farrera, A.M. García, M.J. Manrique, J. Medina, A. Murillo, A. Romero, L. Sánchez, A.M. Sayazo, R. Silva Acuña, N. Yáñez e Y. Zavala. 1988. Paquete Tecnológico para la Producción de Café. No. 6. FONAIAP. Maracay, Venezuela.
- Bautista 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. CDCH. Universidad Central de Venezuela. Caracas. pp. 109-135.
- Bautista 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, Venezuela.
- Bautista 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. CDCH. Universidad Central de Venezuela. Caracas. pp. 84-101.
- Bautista 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. Develop. Res. Centre. Ottawa, Canadá.
- 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. Tellez y M. Cerdá. 2002. Utilización de la pulpa de café en la alimentación de alevines de tilapia roja. Revista aquaTIC, 16. Disponible 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.
- Egan H. y R. Kirkl. 1987. Análisis Químico de los Alimentos de Pearson. Continental. Ciudad de México, México.
- 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 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. CDCH. Universidad Central de Venezuela. Caracas. pp. 1- 27.
- García C. y R. Bayne. 1974. Cultivo de *Tilapia 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.
- 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*). *Bra. Arco. Biol. Technol.*, 46(2): 35-347.
- 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.
- Ramirez J. 1998. Coffee pulp is a by product, not a waste. *Tea Coffee Trade J.*, 170: 116-123.
- Ramos M., N. González, C. Ramírez y F. Sánchez. 2000. Actividad antioxidante de la pulpa de café y sus derivados. VI Jornadas Científico Técnicas Univ. Nac. Exp. Táchira, San Cristóbal, Táchira, Venezuela. Disponible en línea en <http://www.unet.edu.ve/~frey/varios/decinv/VIJCT/CIENCIAS%20RESUMENES.htm#C24>
- 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. CDCH. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Steel R. y J. Torrie. 1985. Bioestadística. Principios y Procedimientos. Mc Graw Hill. Bogotá, Colombia.

Respuesta agronómica de cultivares de caña de azúcar con potencial forrajero a diferentes intervalos de corte en Yaracuy, Venezuela

Carlos Ruiz Silvera^{1*}, July Urdaneta², Jorge Borges² y Omar Verde³

¹Fundación Empresas Polar. San Felipe, Venezuela. *Correo electrónico: carlosa.ruiz@fpolar.org.ve

²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro de Investigaciones Agrícolas del estado Yaracuy. San Felipe, Venezuela.

³Fundación CIEPE. San Felipe, Venezuela.

RESUMEN

Se realizó un experimento en Yaracuy, Venezuela, para determinar la respuesta agronómica de cultivares de caña de azúcar a diferentes intervalos de corte e identificar cultivares experimentales venezolanos con potencial forrajero. Se evaluaron las variables agronómicas altura de la planta (AP), número de tallos por metro lineal (NT), relación hoja:tallo (RHT), biomasa verde por ha (BV) y ajustada por año (BVaj), biomasa seca por ha (BS) y ajustada por año (BSaj). Se evaluaron cuatro intervalos de corte (3, 4, 6 y 10 meses) y 14 cultivares de caña de azúcar. Se detectó efecto del intervalo de corte y del cultivar sobre AP, NT, BV y BS. También se detectó efecto del intervalo de corte sobre RHT, BVaj y BSaj. La AP (2,90 m), BVaj (113,8 t MF ha⁻¹ año⁻¹) y BSaj (59,8 t MS ha⁻¹ año⁻¹) fueron mayores en el intervalo de 10 meses. El NT (16,3 tallos/m) y RHT (0,97) fueron superiores en el intervalo de cuatro meses. Los cultivares experimentales V 99-6, V 99-8 y V 99-262 mostraron la mejor respuesta agronómica.

Palabras clave: *Saccharum* spp., forraje, intervalo de corte, respuesta agronómica, biomasa.

Agronomic response of sugarcane varieties with potential forage value under different harvesting intervals in Yaracuy, Venezuela

ABSTRACT

A field trial was conducted in Yaracuy, Venezuela, to determine the agronomics response of experimental sugarcane cultivars at different harvesting intervals and identify their potential value as cattle forage. The following growing parameters were evaluated: plant height (AP), stalks number per meter (NT), leaf:stalk ratio (RHT), green biomass per ha (BV) and adjusted per year (BVaj), dry biomass per ha (BS), and adjusted per year (BSaj). Fourteen sugarcane cultivars and four harvesting intervals (3, 4, 6, and 10 months) were tested. The effect of harvesting interval and cultivar was detected on AP, NT, BV, and BS. Also, and effect of harvesting interval was observed on RHT, BVaj, and BSaj. Plant height (AP = 2.90 m), BVaj (113.8 t FM ha⁻¹ year⁻¹), and BSaj (59.8 t DM ha⁻¹ year⁻¹) were higher at 10 month interval. NT (16.32 stalks/m) and RHT (0.97) were higher at four month interval. V 99-6, V 99-8 y V 99-262 showed the best agronomic responses among the experimental sugarcane cultivars evaluated.

Keywords: *Saccharum* spp., forage, harvesting intervals, agronomic response, biomass.

INTRODUCCIÓN

El estado Yaracuy, Venezuela, cuenta con una producción bovina (de ceba y doble propósito) que ocupa más de 200.000 ha distribuidas en 2.307

fincas, con una población de 245.000 cabezas, una movilización anual de 3.500 animales de cría y 13.000 de ceba con un beneficio anual de 59.000 animales (Mosquera, 2005), lo que la constituye en una de las principales actividades productivas de la región.

Las limitaciones que enfrenta la producción bovina en época seca en varias zonas de Yaracuy y en áreas agroecológicas similares de Venezuela, se asocian con la limitada oferta de pasto (en cantidad y calidad) para el rebaño bovino (Combellas, 1998; González Stagnaro *et al.*, 2008), exigiendo la aplicación de prácticas de suplementación usualmente costosas que permitan mejorar la productividad de los sistemas ganaderos. Por estas razones, la incorporación en la región de la caña de azúcar, *Saccharum* spp., como alternativa alimenticia en la época seca debe ser considerada por las ventajas que presenta en comparación con otras opciones y por sus posibilidades de integración favorable con otras prácticas.

El potencial de la caña de azúcar como recurso forrajero para la ganadería bovina en condiciones tropicales se sustenta en ventajas como su adaptación a un amplio ámbito de condiciones agroecológicas, baja sensibilidad a pobres condiciones de fertilidad del suelo y a regímenes cálido-húmedos prolongados (Pate *et al.*, 2002), tecnología disponible (asociada con el aprovechamiento industrial) para su producción y la habilidad para mantener en forma consistente en el campo su valor nutritivo por un período considerable (Rincón, 2005).

La selección de cultivares de caña de azúcar con fines forrajeros requiere de la caracterización de la respuesta agronómica, del valor nutritivo y de consumo de los materiales (Pate *et al.*, 2002; López *et al.*, 2004). En Venezuela, es escasa la oferta de cultivares de caña de azúcar con características forrajeras deseables. Este trabajo se realizó con el objetivo de determinar la respuesta agronómica de cultivares de caña de azúcar a diferentes intervalos de corte e identificar cultivares experimentales venezolanos con potencial para uso forrajero en época seca en el estado Yaracuy, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento y manejo

El experimento se estableció en el Campo Experimental de la Fundación Danac, (10°21'45" N y 68°39'00" O) localizada en el sector San Javier Guarataro, municipio San Felipe del estado Yaracuy, Venezuela, a 107 msnm. Las condiciones climáticas de la zona son humedad relativa media anual de 87%, precipitación media anual de 1.296 mm, distribuida entre los meses de mayo y noviembre, y

una temperatura media anual de 27,1°C. Los suelos tienen como material parental sedimentos aluviales subcrecientes del río Yaracuy (Torres y Madero, 1999) y presentan riesgos de salinidad y humedad por baja infiltración y mal drenaje (Cuadro 1).

El experimento se realizó desde septiembre de 2003 hasta octubre de 2006. Los materiales fueron sembrados colocando el equivalente a 18 yemas por metro lineal de hilo y a 1,5 m de separación entre hilos. La fertilización se realizó en forma fraccionada: una aplicación al momento de la siembra (50% N y K, 100% P) y 45 días después de la siembra (50% N y K) para totalizar 180 kg/ha de N, 100 kg/ha de P₂O₅ y 240 kg/ha de K₂O. Se realizó un control inicial de malezas en postemergencia temprana y un control periódico manual posterior cada 3-4 meses. Se realizó un riego semanal por aspersión las primeras ocho semanas de crecimiento del cultivo, con un volumen neto aproximado de 12,1 L/m² de suelo en riegos de 2 h de duración. Posteriormente, no se aplicaron fertilizantes ni riego.

Durante la realización del experimento, se obtuvieron los registros de algunos factores climáticos generados por la estación climatológica El Naranjal, localizada en el Campo Experimental de la Fundación Danac (Figura 1). En todos los meses de realización del experimento se registraron precipitaciones, aunque éstas mostraron un comportamiento variable entre años, con máximos mensuales de 370 mm en mayo 2004 y 422,9 mm en febrero 2005. Sobre la base de la relación entre la precipitación (P) y la evapotranspiración (ETP) diarias (ETP = evaporación x 0,8), los meses que mostraron déficit hídrico (relación P/ETP ≤ 0,5) con mayor frecuencia fueron enero, febrero, marzo y abril (Figura 2).

Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron los cultivares experimentales V 90-14, V 99-6, V 99-8, V 99-23, V 99-250, V 99-258, V 99-260, V 99-261, V 99-262 y V 99-263 seleccionados en forma preliminar por el Programa de Mejoramiento de Variedades de Caña de Azúcar del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas por su menor contenido de sólidos totales y mejor relación hoja:tallo y los cultivares comerciales V 71-39, My 55-14, PR 61-632 y PR 69-2176 que se utilizaron como testigos. Los intervalos de corte evaluados fueron 3, 4, 6 y 10 meses.

Cuadro 1. Características iniciales del suelo utilizado para el experimento.

Característica	Valor
Clasificación taxonómica	Gleyic Luvisol (LVg)
Textura	Fa
Densidad aparente, ton/m ³ †	>1,7
pH	5,9
Conductividad, dS/m	0,1
Materia orgánica, %	2,1
Fósforo, mg/kg	5,0
Potasio, mg/kg	124,0
Calcio, mg/kg	524,0

† Referencia de perfil YAR-02 a 50 m de distancia (Torres y Madero, 1999).

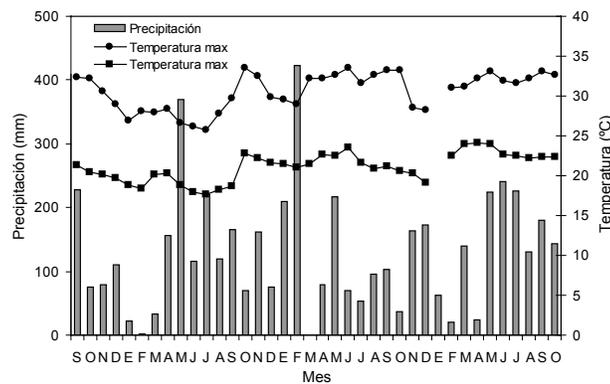


Figura 1. Comportamiento de la precipitación, temperatura máxima y mínima durante la realización del experimento de intervalos de corte en cultivares de caña de azúcar, San Javier, estado Yaracuy, Venezuela. Período septiembre 2003-octubre 2006.

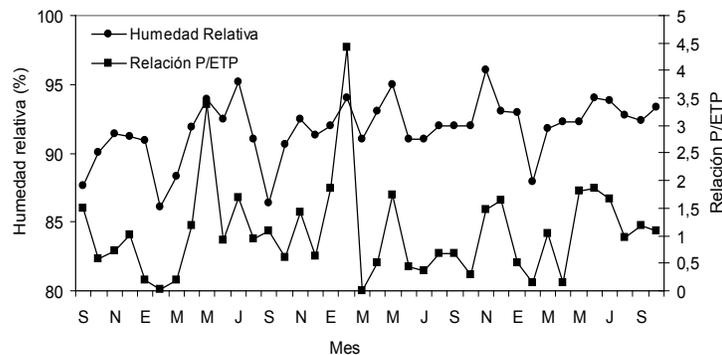


Figura 2. Humedad relativa y relación precipitación - evapotranspiración (ETP) diaria mensual durante la realización del experimento, período septiembre 2003-octubre 2006.

El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones, donde las parcelas principales las constituyeron los intervalos de corte y las parcelas secundarias los cultivares de caña de azúcar. El área de cada unidad experimental fue de 22,5 m² (5 x 4,5 m) con tres hilos de cinco metros de largo por cultivar. En cada parcela secundaria, se utilizó el cultivar PR 61-632 como bordura y no se establecieron callejuelas de separación entre los cultivares de cada unidad experimental.

Variables agronómicas evaluadas y procesamiento de los datos

Se efectuaron 11, 8, 6 y 3 cortes para los intervalos de 3, 4, 6 y 10 meses, respectivamente. Los cortes se realizaron en forma manual, siguiendo el criterio de cosecha manual de la caña de azúcar de corte de los tallos a ras del suelo para asegurar un buen rebrote y producción posterior.

Al momento del corte, se evaluaron las variables altura de planta (AP) tomando cinco muestras de la línea central de cada parcela y la producción de tallos (NT) en número por metro lineal, promediados a partir del conteo de los tallos en la línea central de la parcela. De acuerdo con el corte correspondiente, se cosechó la biomasa de cada parcela, se pesó el material y se expresó la cantidad en t MF (materia fresca) de biomasa verde (BV) por ha por corte. Se tomaron muestras representativas de 2 kg de peso aproximadamente (trozos de 10 a 12 cm), que se sometieron a secado en estufa de convección forzada para obtener el contenido de materia seca (MS), después de 72 horas a una temperatura de 65°C (Ferrer, 1993). El valor de biomasa seca (BS) se obtuvo de corregir el contenido de BV por la proporción de MS determinada en la muestra correspondiente. Para homogeneizar la contribución de los cortes y favorecer su comparación, se realizó una corrección de los valores de BV y BS para expresarlos en t ha⁻¹ año⁻¹. Esto se hizo mediante la multiplicación del valor cosechado (BV o BS) por un factor de corrección de 4, 3, 2 y 1,2 en el intervalo de 3, 4, 6 y 10 meses, respectivamente. De esta forma, se estimaron los valores de biomasa por año y las nuevas variables se identificaron como biomasa verde ajustada (BVaj) y biomasa seca ajustada (BSaj).

La relación hoja:tallo (RHT) se estimó a partir del peso de diez muestras de plantas enteras, separada en tallos y hojas+cogollos en cada una.

El procesamiento de los datos (originales y ajustados) de las variables se realizó a través de un análisis de varianza y la separación de medias por la prueba de mínima diferencia significativa. También se estimó el grado de asociación entre las variables agronómicas evaluadas, mediante la prueba de correlación de Pearson, otorgando significancia estadística a los valores con $P \leq 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del intervalo de corte sobre las variables agronómicas

Para las variables agronómicas evaluadas no se detectó interacción entre el intervalo de corte y los cultivares. Se detectó efecto del intervalo de corte en las variables AP, NT, RHT, BVaj y BSaj (Cuadro 2). Las referencias que han documentado el efecto del intervalo de corte sobre variables agronómicas similares se asocian con los pastos de corte. En algunos trabajos (Quevedo *et al.*, 1993; Clavero y Pulgar, 1995; Yrausquín *et al.*, 1995) también se detectaron el efecto del intervalo de corte sobre las variables AP, NT, BV y BS.

El mayor valor de AP se obtuvo con el intervalo de diez meses, seguido de los cortes cada seis meses y cada cuatro meses. En caña de azúcar comercial, se estima que aproximadamente 150 días después de la siembra se produce una acelerada elongación de los tallos, identificada como fase de crecimiento o período vegetativo (Doorenbos y Kassan, 1979; Ruiz Silvera, 2000; Ikisan, 2004), en la cual los tallos pueden crecer a una tasa de hasta 4 a 5 entrenudos por mes y culminaría a los 270 días, en cultivares de caña de azúcar de 12 meses. De allí que se podría esperar que los mayores valores de AP se obtengan con los intervalos de corte más amplios. Sin embargo, en el caso de pastos de corte, Bernal (2003) sugiere valores de AP adecuados para corte en un rango de 1,2 a 1,8 m, a los cuales se aproximaron los cultivares de caña de azúcar en los intervalos de tres y cuatro meses.

El NT fue mayor al realizar el corte cada cuatro meses, con un promedio superior a los 16 tallos/m; sin embargo, no se detectaron diferencias estadísticas con los valores de NT de los intervalos de seis y diez

Cuadro 2. Efecto de la frecuencia de corte (FC) en variables agronómicas de catorce cultivares de caña de azúcar, Yaracuy, Venezuela, 2003-2007. BVaj y BSaj: Biomasa verde y seca ajustada, respectivamente. H:T: Relación hoja:tallo.

FC	Altura	Tallos	H:T	BVaj	BSaj
meses	m	numero/m		t MF ha ⁻¹ año ⁻¹	t MS ha ⁻¹ año ⁻¹
3	1,61 ± 0,03d†	14,83 ± 0,35b	0,74 ± 0,03b	53,2 ± 2,9c	9,8 ± 1,6c
4	1,98 ± 0,02c	16,32 ± 0,40a	0,97 ± 0,03a	87,6 ± 3,4b	34,5 ± 1,8b
6	2,30 ± 0,03b	15,13 ± 0,44ab	0,73 ± 0,04b	80,4 ± 3,9b	34,5 ± 2,1b
10	2,90 ± 0,04a	15,93 ± 0,62ab	0,57 ± 0,05c	113,8 ± 5,5a	59,8 ± 2,9a

† Valores en una misma columna con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí (P<0,01).

meses. El menor valor se obtuvo con el intervalo de tres meses. Este comportamiento se puede explicar en que la fase de encepamiento (producción de tallos) se inicia a partir de los 45 días y hasta los 120 días después de la siembra (Ikisan, 2004), proceso que pudo tener lugar en forma consistente en el intervalo de cuatro meses.

La RHT fue mayor para el intervalo de corte de cuatro meses, en comparación con el resto de intervalos. El menor valor de RHT se obtuvo con el intervalo de 10 meses. Hernández *et al.* (2002) estimaron en caña de azúcar para uso forrajero que la RHT fue mayor cuando la edad de cosecha del cultivo fue menor. La RHT es de gran importancia para el uso del cultivo con fines forrajeros, ya que facilita la cosecha manual y contribuye con una mayor presencia de la fracción digestible para el animal, siendo preferible un valor de RHT igual o superior a 1.

El valor de biomasa (BVaj y BSaj) por ha por año fue superior en el intervalo de 10 meses. No se detectaron diferencias estadísticas entre los valores de biomasa obtenidos con cortes realizados cada cuatro y seis meses. Sin embargo, Cesnik (1975) recomendó realizar cortes de los cultivares de caña de azúcar cada cuatro meses para disponer de un alimento de fácil digestibilidad y con bajos niveles de azúcares. Aunque con el intervalo de corte de 10 meses se pudo obtener mayor cantidad de biomasa, la oportunidad de aprovechar la biomasa dentro del período seco y una condición del cultivo ventajosa para el uso como forraje (RHT, NT y AP favorables) sugieren considerar el corte de los cultivares a los cuatro y hasta los seis meses.

Efecto de los cultivares sobre las variables agronómicas evaluadas

Se detectó efecto del cultivar en las variables AP, NT, BV y BS. Los mayores valores promedio de AP los mostraron los cultivares V 71-39, V 99-258, V 99-6 y V 99-262, sin diferencias estadísticas entre ellos. Los valores de AP promedio más bajo los mostraron V 90-14, V 99-23 y V 99-261 (Cuadro 3). Sin embargo, los valores de AP en estos cultivares se ubicaron próximos a la recomendación de 1,2 a 1,8 m para la cosecha.

El NT fue mayor en el cultivar V 90-14, con un valor superior a los 24 tallos/m, seguido por V 99-6 y V 99-262. Los menores valores promedio de NT los mostraron los cultivares V 71-39, My 55-14, V 99-250 y V 99-263. Esta variable puede considerarse de importancia porque puede influir directamente en una mayor población y producción de biomasa, y por ende, en una mayor cobertura del suelo (Mateus *et al.*, 1997). Sin embargo, Gómez (1983) menciona que en algunos cultivares con alto número de tallos, puede reducirse el peso de los tallos o éstos pueden morir en la fase de crecimiento, limitando su asociación directa con el valor de biomasa.

Los mayores valores de RHT fueron mostrados por los cultivares experimentales V 99-6, V 99-8, V 99-23 y V 99-260. Sin embargo, no se detectaron diferencias estadísticas para esta variable entre los cultivares.

El valor de biomasa (BV y BS) por ha fue superior en los cultivares V 99-6 y V 99-262, con valores sobre las 45 t MF/ha y 18 t MS/ha (Cuadro 3) al momento del corte, diferenciándose estadísticamente del resto. Los valores de biomasa obtenidos, que se proyectan

Cuadro 3. Variables agronómicas medidas en los cultivares de caña de azúcar bajo evaluación en Yaracuy, Venezuela, 2003-2007. H:T: Relación hoja:tallo.

Variedades	Altura	Producción de tallos	H:T	Biomasa verde	Biomasa seca
	m	número/m		t MF/ha	t MS/ha
<u>Comerciales</u>					
V71-39	2,22a†	12,87d	0,92	31,7bcd	11,9cd
My55-14	2,12ab	11,17d	0,96	38,3b	16,4ab
PR61-632	2,13ab	13,66cd	0,77	31,3cd	12,3cd
PR69-2176	2,15ab	15,99c	0,83	35,1bc	13,9bc
<u>Experimentales</u>					
V90-14	1,74c	24,58a	0,86	35,2bc	12,9bcd
V99-6	2,19a	18,83bc	1,31	51,2a	19,7a
V99-8	2,05ab	16,38c	1,32	36,9b	13,7bc
V99-23	1,82c	16,59c	1,00	28,9cd	11,4cd
V99-250	2,04ab	10,24d	0,83	31,2cd	11,9cd
V99-258	2,21a	13,55c	0,92	30,9cd	11,9cd
V99-260	1,98b	15,12c	1,07	27,9cd	11,1cd
V99-261	1,83c	14,28c	0,80	26,7d	10,4d
V99-262	2,14a	20,15b	0,75	48,8a	18,3a
V99-263	1,82bc	13,29d	0,89	29,9cd	12,3bcd

†Valores en una misma columna seguidos con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí ($P < 0,01$).

hacia las 150 t MF ha⁻¹ año⁻¹, podrían considerarse bajos en relación con los referidos por Bernal (2003) de 450 t MF ha⁻¹ año⁻¹. Sin embargo, aquellos valores se corresponden con evaluaciones sin fertilización ni riego, por lo cual se podrían esperar mayores cantidades de biomasa con la aplicación de esas prácticas de manejo en condiciones agroecológicas similares a las consideradas por el último autor.

Integrando las variables donde se detectaron diferencias estadísticas en la respuesta agronómica de los cultivares, se pudo estimar con mayor potencial a V 99-6, V 99-8 y V 99-262. De éstos, V 99-6 y V 99-262 mostraron en evaluaciones previas la mejor respuesta de germinación en la localidad (Urdaneta *et al.*, 2005).

Asociación entre las variables agronómicas

Se pudo detectar asociación positiva entre AP y NT con las variables de biomasa (Cuadro 4). AP se asoció en todos los intervalos de corte con las variables BV y BS y con BSaj solo no mostró asociación en el intervalo de seis meses, aunque si con BVaj.

El NT también se asoció positivamente con las variables de producción de biomasa BSaj, BV y BVaj;

sin embargo, en función del intervalo de corte, se diferenció la variable con la que mostró asociación. De Sousa y Rea (1993), en cultivares de caña de azúcar en fase de soca, también encontraron una asociación positiva entre el número de tallos por metro lineal y las toneladas de caña por hectárea.

En el análisis no se consideraron las asociaciones entre las variables de biomasa, debido a que las mismas ya estaban correlacionadas entre sí, al ser generadas unas a partir de otras. Como se estima que a lo largo del desarrollo vegetativo de la planta de caña de azúcar, la fase de crecimiento se inicia desde los 120 días y culmina a los 270 días, entonces, los resultados obtenidos de acuerdo con los intervalos de corte, reflejaron los cambios fisiológicos que ocurren en forma progresiva. Es por esta razón que la variable AP haya mostrado en cada intervalo la mayor asociación con las variables de biomasa. La asociación detectada en forma consistente entre la AP y las variables de biomasa también permite sugerir la consideración de la primera variable en experimentos de características similares y la posibilidad de estimar el valor de biomasa de estos materiales a partir de la determinación de la AP.

Cuadro 4. Asociaciones detectadas entre las variables agronómicas evaluadas en los cultivares de caña de azúcar, sometidos a diferentes intervalos de corte.

Intervalo de corte	Numero de observaciones	Asociación detectada	Coefficiente r
Todos los cortes	1.078	AP-BV	0,77**
		AP-BS	0,70**
		AP-BSaj	0,61**
		NT-BSaj	0,98**
Cada 3 meses	391	AP-BV	0,64**
		AP-BS	0,51**
		AP-BSaj	0,50**
		NT-BV	0,99**
Cada 4 meses	312	AP-BV	0,74**
		AP-BS	0,64**
		AP-BSaj	0,65**
		NT-BSaj	0,99**
Cada 6 meses	249	AP-NT	0,65**
		AP-BV	0,72**
		AP-BS	0,62**
		NT-BV	0,51**
		NT-BVaj	0,98**
Cada 10 meses	126	AP-BV	0,76**
		AP-BS	0,75**
		AP-BSaj	0,70**

** indican significancia estadística ($P < 0,01$) de la asociación.

Los resultados obtenidos en el trabajo, constituyen aportes para ampliar la información en relación con el momento del corte de la caña de azúcar forrajera, cuyas ventajas para su aprovechamiento en condiciones tropicales en época seca han sido ampliamente documentadas. De igual forma, contribuyen con el fortalecimiento de las bases técnicas para la selección de cultivares de caña de azúcar venezolanos para la alimentación animal.

CONCLUSIONES

El intervalo de corte tuvo efecto sobre la altura de la planta, producción de tallos, relación hoja/tallo y biomasa de cultivares de caña de azúcar.

El intervalo de corte de cuatro meses permitió expresar la mejor respuesta de valor forrajero de los cultivares.

Los cultivares experimentales V 99-6, V 99-8 y V 99-262 mostraron la mejor respuesta agronómica

para ser considerados con potencial como cultivares forrajeros.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa de Tecnología Agrícola del INIA, Fundación CIEPE y la Fundación Empresas Polar por el financiamiento de la investigación a través del Proyecto INIA, Código FCI 04 (PR 69-05) y también a la Fundación Danac por la cesión de los terrenos para el experimento de campo y el apoyo brindado para la realización de las labores de cultivo. A la Dra. Rosa Razz por el apoyo brindado para el análisis estadístico de los datos. De igual forma, el reconocimiento a los técnicos Delbis Almerón y Wendy Medina quienes apoyaron las evaluaciones de campo y laboratorio.

LITERATURA CITADA

Bernal J. 2003. Pastos y Forrajes Tropicales. Producción y Manejo. Ideagro. Bogotá, Colombia.

- Cesnik R. 1975. Mejoramiento de cañas forrajeras. Brasil Açucareiro, 86(6): 34-35.
- Clavero T. y C. Pulgar. 1995. Dinámica de crecimiento de pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) bajo defoliación. Rev. Fac. Agron. LUZ, 12: 501-509.
- Combellas J. 1998. Alimentación de la Vaca de Doble Propósito y de sus Crías. Fundación INLACA. Valencia, Venezuela.
- De Sousa O. y R. Rea. 1993. Correlación entre los componentes de rendimiento y calidad en cinco cultivares híbridos de caña de azúcar. Caña de Azúcar, 11(1): 45-52.
- Doorenbos J. y A. Kassan. 1979. Efectos del Agua sobre el Rendimiento de los Cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje. No. 33. FAO. Roma, Italia.
- Ferrer O. 1993. Técnicas de Análisis Químico Cuantitativo Aplicadas a las Ciencias Agropecuarias. Manual de Laboratorio. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.
- Gómez F. 1983. Caña de Azúcar. 2^{ed}. UPAVE/ Distribuidora Venezolana de Azúcares, Caracas, Venezuela.
- González Stagnaro C., N. Madrid y E. Soto. 2008. Desarrollo Sostenible de la Ganadería Doble Propósito. Fundación GIRARZ. Maracaibo, Venezuela.
- Hernández E., F. Amaya, V. Galeano, F. Ramírez y R. Cortés. 2002. Alternativas tecnológicas para la producción de Caña Panelera. INIA/Gobierno de Táchira. San Cristóbal, Venezuela.
- Ikisan. 2004. Crop Information. Sugarcane morphology/growth phases. Ikisan. Disponible en línea: http://www.ikisan.com/links/ap_sugarcaneMorphology.shtml
- López Y., J.L. Ramírez, K. Nieves y P.L. Fonseca. 2004. Valor nutritivo de variedades de caña de azúcar para forraje. Pastos y Forrajes, 27(3): 273-278.
- Mateus H., D. Hernández y S. Latorre. 1997. La caña de azúcar forrajera en la alimentación animal. En Memorias Curso internacional de la caña panelera y su agroindustria. CIMPA, Barbosa, Colombia. pp. 144-154.
- Mosquera O. 2005. Caracterización de las formas de producción bovina de la región Centrocidental 2000-2003, Venezuela. Gac. Cien. Vet., 10(2): 61-72.
- Pate F.M., J. Alvarez, J.D. Phillips y E.R. Beiland. 2002. Sugarcane as a cattle feed: Production and utilization. Extension Service Bull. No. 884. University of Florida, Gainesville, EUA.
- Quevedo F., T. Clavero, A. Casanova y N. Noguera. 1993. Efecto de la frecuencia de corte e intensidad de defoliación sobre el rendimiento de materia seca y relación hoja:tallo del pasto elefante enano *Pennisetum purpureum* Schum cv. Mott bajo riego. Rev. Fac. Agron. LUZ, 10(4): 499-510.
- Rincón A. 2005. Evaluación agronómica y nutricional de variedades de caña de azúcar con potencial forrajero en el piedemonte llanero. Revista Corpoica, 6(2): 60-68.
- Ruiz Silvera, C. 2000. Cosecha en crudo de la caña de azúcar: potencial para su aplicación y experiencias en Venezuela. Bol. Informativo Fundación Danac, 2: 1-3.
- Torres S. y L. Madero. 1999. Suelos de referencia de la depresión del Yaracuy (Valle Alto y Medio): Resumen de Características. Univ. Central de Venezuela, Boletín Técnico No. 3. Maracay, Venezuela.
- Urdaneta J., C. Ruiz Silvera y W. Medina. 2005. Germinación de variedades experimentales y comerciales de caña de azúcar para selección con fines forrajeros. Caña de Azúcar, 23(1-2): 5-15.
- Yrausquin X., A. Páez, J. Villasmil y M. Urdaneta. 1995. Comportamiento fisiológico del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) sometido a diferentes frecuencias y alturas de corte. I. Distribución de biomasa y análisis de crecimiento. Rev. Fac. Agron. LUZ, 12(3): 313-323.

Efecto de la alimentación animal sobre la calidad microbiológica de estiércoles usados como fertilizantes

Yusmary Espinoza^{1*}, Marcos J. Hernández Z²., Teresa V. Barrera Ch². y Néstor E. Obispo¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Apartado Postal 4653. Maracay 2105, Aragua. Venezuela. *Correo electrónico: yespinoza@inia.gob.ve

²Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química. Valencia, Carabobo. Venezuela.

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar la relación entre el tipo de dieta recibida por los animales sobre la calidad microbiológica de las excretas de bovinos, aves y cerdos y su uso como fertilizantes, se recolectaron muestras de las correspondientes excretas animales (EA), en granjas ubicadas en distintas localidades de los estados Aragua, Carabobo y Yaracuy. En un diseño experimental completamente aleatorizado con cuatro repeticiones, se compararon los siguientes tratamientos basados en tres tipos de excretas: vacuno o bosta (B), de gallina o gallinaza (G) y porcino o cerdaza (C), en combinación con dos diferentes dietas alimenticias (D1 y D2), diferentes en cada caso, suministrados a los animales. Se les determinó el contenido de bacterias y hongos totales, bacterias coliformes totales y fecales. No se observó una respuesta concreta relacionada con la dieta sobre el número bacterias y hongos presentes en las EA estudiadas. El mayor número de bacterias se encontró en la bosta y el mayor número de hongos en la gallinaza. En general, la cantidad de coliformes fecales, encontradas en las EA estudiadas, estuvo en el rango de 2×10^6 a 7×10^7 NMP/g. Estos valores excedieron los valores permitidos para estos patógenos en materiales orgánicos de origen animal para su uso como fertilizantes orgánicos. La bosta con ambas dietas mostró tener el menor grado de estabilización, determinada en base a la cantidad de C mineralizado. En base a las similitudes encontradas entre las variables estudiadas, los tratamientos fueron agrupadas, mediante un análisis cluster, de acuerdo a sus cargas microbianas, patógenos, o de condiciones de fertilización, encontrándose tres grupos claramente definidos: Grupo I: BD1 y BD2; Grupo II: GD1, GD2 y CD1 y el Grupo III: CD2. El primer grupo tuvo una condición menos estable asociado a la mineralización y aun mayor número de bacterias, el segundo fue estable como abono orgánico y con capacidad para inmovilizar menor cantidad de N, pero con un alto riesgo para la salud pública por su carga de patógenos. El tercer grupo, de altísimo riesgo para la salud pública, potencialmente lo cuestiona en su uso como fertilizante orgánico.

Palabras clave: estiércol, dieta, alimentación, calidad microbiológica, fertilizante orgánico.

Effect of animal feeding on the microbiological quality of manures used as fertilizers

ABSTRACT

To evaluate the relationship between type of diet and microbiology quality of cow, hen, and pig manure used as fertilizers, we collected samples of each manure (M) from farms located in Aragua, Carabobo, and Yaracuy states, Venezuela. On the basis of a completely randomized experimental design with four repetitions, the following treatments were compared: bovine (B), poultry (G), and pork (C) manures, in combination with two different types of diets (D1 and D2) provided to the animals, for six treatments. Samples were processed and analyzed for total bacteria and fungi contents, and total and fecal coliform bacteria. There was not a specific effect of the type of diet on the number of bacteria and fungi among the manures. The higher content of bacteria and fungi was observed in bovine and poultry manures, respectively. In general, the amount of fecal coliforms found in the manures ranked between 2×10^6 to 7×10^7 MPN/g. These values exceed those values internationally allowed

for these pathogens in the manures used as fertilizers. Manures were grouped on the basis of their similarities of microbial loads, pathogens or fertilizer conditions, in three well defined groups: I: BD1 and BD2, II: GD1, GD2 and CD1, and III: CD2. Group I, with less stable conditions, was associated to the mineralization and higher number of bacteria. The second was more stable as organic fertilizer with lesser capacity to immobilize the N, but with a high risk for the public health due to its high load of pathogens. The third group had the highest risk for public health that compromises its use as organic fertilizer.

Keywords: manure, diet, feeding, quality, fertilizer.

INTRODUCCIÓN

El uso de los estiércoles animales (EA) como fertilizante, minimiza los costos a los productores agrícolas y permite remediar problemas de fertilidad del suelo, mejorando su capacidad de retención de agua, lo que favorece el desarrollo de las plantas y la obtención de una mayor capacidad productiva, entre otros beneficios. Cuando un productor agrícola toma la decisión de utilizar estiércoles con fines de fertilidad, debería considerar la correspondencia entre los aportes de nutrientes, su carga microbiológica, tipo de suelo, así como las prácticas de manejo a ser utilizadas. Aunque por lo general, los estiércoles contienen pequeñas cantidades de nutrientes, su carga microbiológica puede ser muy elevada. Esta carga microbiológica indica que los estiércoles son materiales biológicamente activos donde el tipo de microorganismo presente va a depender de la energía que estos contienen. El uso de esta energía por la población microbiana es en sí el proceso natural de descomposición. Excepto en casos extremos de frío, pH, falta de agua y O₂, la descomposición microbiana de los estiércoles frescos es inevitable. Esta actividad ocasiona la formación de subproductos que son los nutrientes que luego van a ser utilizados por las plantas (Sollins *et al.*, 1984)

Existe un importante aspecto de salud relacionado a la aplicación de estiércoles frescos con fines de fertilidad, el cual está dado por la incidencia de enfermedades en los seres humanos, que son producidas por los microorganismos patógenos que pueden contener las EA, por lo que la determinación de su calidad microbiológica es de gran importancia desde el punto de vista de la salud pública. Un alto número de patógenos presentes en la excreta es un indicador de alto riesgo de contaminación, tanto de los alimentos como de las aguas de riego y de consumo humano (Mara *et al.*, 2007). Debido a que la detección y cuantificación de microorganismos

patógenos específicos son difíciles, las bacterias coliformes fecales (CF) han sido ampliamente usadas como indicadoras de contaminación de suelos y aguas (Turco, 1994). Numerosos estudios han reportado el transporte vertical y superficial de CF en el suelo luego de ser abonado con estiércoles (Edwards *et al.*, 2000, Walker *et al.*, 1990, Khaleel *et al.*, 1982, Doran y Linn, 1979). Estas bacterias pueden causar fiebre, diarrea, vómitos, náuseas y dolores abdominales en humanos expuestos al contaminarse. De acuerdo a Jorgensen *et al.* (1999), la selección de la dieta que se le suministra al animal puede disminuir el nivel de patógenos en los estiércoles. Estos autores argumentan, que la forma física en que se alimenta a los cerdos puede afectar los niveles de bacterias en el estiércol. Cuando los cerdos son alimentados con alimentos más finamente granulados la probabilidad de ser positivos para Salmonella es mayor (Buchko *et al.*, 2000). Por otro lado, dada la naturaleza ligeramente compleja del sistema digestivo de los rumiantes, se han observado inconsistencia en la relación entre la alimentación y la presencia de patógenos en las excretas (Hovde *et al.*, 1999). Con el fin de minimizar los riesgos de salud pública por el uso de excretas con fines de fertilización, se planteo como objetivo evaluar la relación entre el tipo de dieta que reciben bovinos, cerdos y aves y la calidad microbiológica de las excretas producidas por estos animales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de los estiércoles en base a la dieta de los animales.

Muestras de estiércoles de bovinos, aves y cerdos fueron colectadas en granjas ubicadas en los estados Aragua, Carabobo y Yaracuy, Venezuela. Se registró la información sobre el tipo de sistema de producción, así como del animal, edad, dieta y la disponibilidad de los estiércoles y se seleccionaron estiércoles

provenientes de animales de la misma especie, bajo dos distintos tipos de dieta.

Los tratamientos quedaron definidos por los tres tipos de estiércol: bosta (B), gallinaza (G) y cerdaza (C) y las dos dietas suministradas (D1 y D2), nominadas así para los efectos de esta investigación, sobre la base de las diferencias en tipo y composición dentro de cada especie (Cuadro 1). La combinación de ambos factores arrojó un total de seis tratamientos, los cuales fueron: BD1 (excretas de bovinos alimentados con pasto y residuos de cervecería), BD2, (excretas de bovinos alimentados con sólo forraje), GD1 (excretas de gallinas ponedoras alimentadas con concentrado comercial 1), GD2 (estiércol de pollos de engorde en jaula alimentados con concentrado comercial 2; este sistema de cría es semejante a la de las gallinas ponedoras y sus excretas no contienen restos de otros elementos como virutas, conchas de granos, entre otras), CD1 (estiércol de cerdos de granja comercial alimentados con alimento concentrado) y CD2 (estiércol de cerdos de granja familiar, alimentados con residuos de comida).

Se tomaron cuatro muestras de aproximadamente 2 kg de cada excreta, las cuales fueron colocadas en bolsas de polietileno estériles y transportadas al laboratorio bajo refrigeración (aproximadamente 10°C). Una vez en el laboratorio fueron tamizadas a través de una malla de 4 mm para su homogenización y separación de cualquier cuerpo extraño. Una porción de cada muestra recolectada se conservó en refrigeración a 4°C para posteriores análisis biológicos.

Análisis microbiológico

El recuento de bacterias totales y hongos se realizó utilizando el método de dilución seriada y extensión en placa conteniendo un medio selectivo (agar nutritivo de extracto de carne-pectona para bacterias y agar rosa de bengala para hongos). Los resultados fueron expresados en unidades formadoras de colonias por gramo de materia seca (UFC/g MS).

La determinación de coliformes se realizó según el método del número más probable (NMP) en medio líquido, el cual consistió de una prueba presuntiva que proporcionó una estimación de los coliformes totales y una confirmativa para los coliformes fecales. En la prueba presuntiva se realizaron diluciones decimales seriadas hasta 10^{-8} a partir de una solución madre de

estiércol en solución fisiológica salina (relación 1:10). Se le agregó 1 mL de cada dilución a tubos de ensayo que contenían 9 mL de caldo lauryl-triptosa (pH 6,8) y un tubo Durham invertido. La prueba se consideró positiva por la presencia de gas en el interior de los tubos Durham después de su incubación.

Para la prueba confirmativa se seleccionaron los tubos positivos resultantes de la prueba anterior para inocular tubos que contenían 9 mL de un medio de complejo enzimático (caldo de bilis) y un tubo Durham invertido. El NMP se determinó al llevar el número de tubos positivos presentes en cada dilución a una tabla probabilística. Los datos fueron expresados como número más probable por gramo de materia seca (NMP/g MS).

La actividad microbiana de los EA se determinó midiendo la producción de $C-CO_2$ en 30 g de muestra fresca de los estiércoles vacunos y en 50 g de estiércoles porcinos y de gallinas, incubadas aeróbicamente por aproximadamente 40 días. Las muestras fueron colocadas en frascos de vidrio de boca ancha de 500 mL y después de cerrados se incubaron a 35°C. El CO_2 liberado se midió cada tres días al inicio de la incubación y posteriormente cada siete días en un cromatógrafo de gases (Agilent Technologies, EUA). Después de efectuada la lectura, las jarras se dejaron abiertas por aproximadamente 10 min para permitir el equilibrio con la atmósfera.

Análisis estadístico

El diseño estadístico fue completamente aleatorizado con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Los datos fueron analizados usando el PROC GLM de SAS (SAS, 2002). Para la separación de medias de los tratamientos se utilizó la prueba de mínima diferencia significativa, establecida a $P < 0,05$. Con la finalidad de definir la calidad de las EA, se realizó un análisis de componentes principales y de agrupamiento de las mismas en base a las variables estudiadas, utilizando la distancia euclidiana promedio con el programa Infostat (2002) con variables estandarizadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bacterias y hongos

Los valores promedios de contenido de bacterias totales estuvieron en el orden de $5,85 \times 10^8$ a $1,77 \times$

Cuadro 1. Procedencia de los estiércoles vacuno (bosta), porcino (cerdaza) y gallina (gallinaza) seleccionados, sistemas de producción y dietas (D1 y D2) suministradas a los animales.

Estiércol	Procedencia	Sistema de producción	Dieta
Bosta	Finca Rancho Alegre, ubicada en el municipio San Felipe, estado Yaracuy	Vacunos de producción tradicional de leche	D1: Residuos de cervecerías (derivados de la cebada) y suplementos minerales. Pasto durante la noche
		Vacunos de producción extensiva de carne	D2: Exclusivamente pasto
Cerdaza	Granja porcina en Mariara, estado Aragua	Porcinos de producción intensiva de carne	D1: Fórmula comercial que contiene los siguientes ingredientes: maíz y/o trigo y/o sorgo, subproductos de trigo y/o maíz, harinas de ajonjolí y/o soya y/o pescado y/o algodón y/o plumas y/o carne y/o grasa animal y/o vegetal, vitaminas y minerales, carbonato y/o fosfato de calcio, sal, sulfato de cobre y de hierro, ácido arsenílico y antibióticos
	Granja familiar ubicada en Valencia, estado Carabobo	Porcinos de producción tradicional de carne	D2: Desperdicios de comida de comedores escolares, bagazo de caña, frutos de calabaza y otras verduras producidas en la misma granja
Gallinaza	Granja avícola del CENIAP-INIA en Maracay, estado Aragua	Gallinas ponedoras criadas en jaulas (producción intensiva)	D1: Fórmula comercial que posee la siguiente composición porcentual: 12,5 % máximo de humedad, 16,0 % mínimo de proteína cruda, 3,5 % mínimo de grasa cruda, 4,5 % máximo de fibra cruda, 4,2 % máximo de Ca, 0,45 % mínimo de P y 48,5 % mínimo de extracto libre de N
		Pollos de engorde criadas en jaulas (producción intensiva)	D2: Fórmula comercial que posee la siguiente composición porcentual: 12,5 % máximo de humedad, 19,0 % mínimo de proteína cruda, 2,5 % mínimo de grasa cruda, 4,0 % máximo de fibra cruda, 1,1 % máximo de Ca, 0,5 % mínimo de P y 54,5 % mínimo de extracto libre de N

10^{10} UFC/g MS. Estos valores siguieron el siguiente orden: B-D1 > BD2 > GD1 > GD2 > CD2 > CD1. Sin embargo, no se encontró efecto significativo ($P < 0,05$) de las dietas sobre el número bacterias en los EA estudiados, con la excepción de la gallinaza, donde el número de bacterias para D1 fue superior ($P < 0,05$) a D2 (Figura 1).

Con respecto a la abundancia de los hongos totales, la misma varió entre $2,17 \times 10^5$ a $5,13 \times 10^6$ UFC/g MS (Figura 2) y fue mayor en la gallinaza en comparación con el resto de las EA. Cuando comparamos las dietas se observó una diferencia significativa sólo en la

cerdaza, donde la dieta D1 resultó en un número de hongos superior al de la dieta D2.

Estos resultados indican que no existe un patrón de comportamiento similar de contenido de bacterias y hongos totales en los tratamientos. En general, la abundancia de bacterias fue mayor a la de hongos, siendo más marcada en el estiércol vacuno, el cual presentó mayor abundancia de bacterias, pero menor abundancia de hongos que el resto de los EA. La mayor abundancia de bacterias posiblemente se debió a la naturaleza misma de la fisiología digestiva de los vacunos, donde a nivel del ciego y colon ocurren procesos fermentativos importantes y se sintetizan

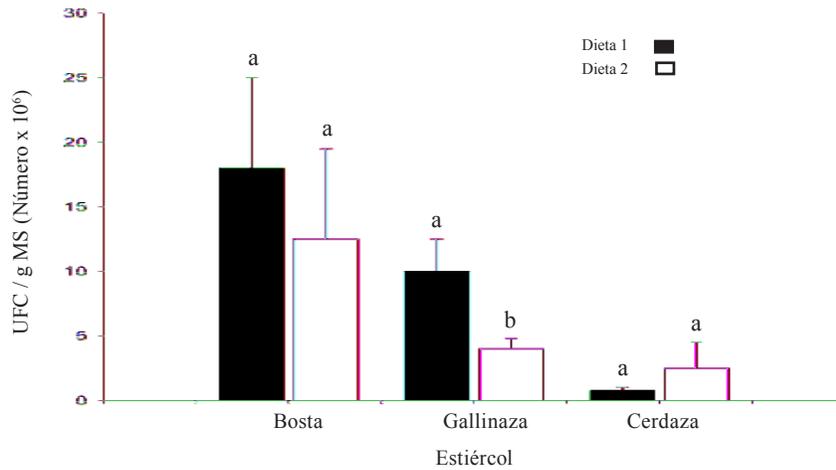


Figura 1. Bacterias totales en bosta, gallinaza y cerdaza. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos ($P<0,05$). Las barras representan la desviación estándar.

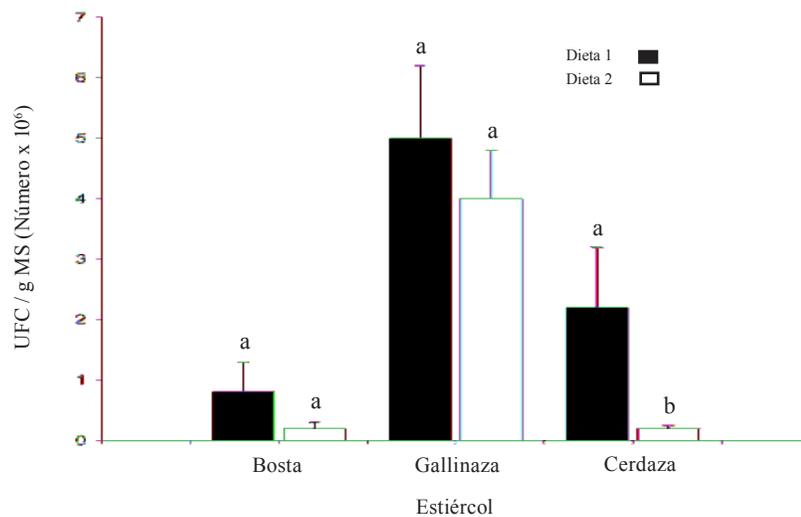


Figura 2. Hongos totales en bosta, gallinaza y cerdaza. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos ($P<0,05$). Las barras representan la desviación estándar.

microorganismos que no son utilizados por el huésped, sino que son expulsados con las excretas (Church, 1988). Por otra parte, la relativa baja presencia de hongos aerobios puede relacionarse con la escasa representación de estos en la comunidad microbiana del rumen, en donde es probable que ocurran más los de tipo anaeróbicos (Obispo y Dehority, 1990).

La cantidad de C-CO₂ acumulado producto del proceso de mineralización durante un período de 35 días por parte de los microorganismos presentes en los

EA, nos muestra como la bosta en ambas dietas provocó un incremento de la respiración en comparación con el resto de los EA (Figura 3), además, el tipo de dieta tuvo un efecto significativo. La alimentación suministrada al ganado vacuno basada en pastos combinados con residuos derivados de cebada y suplementos minerales (D1), proporciono el estiércol con mayor contenido de compuestos carbonados fácilmente mineralizables comparada con D2. Esta respuesta parece estar relacionada a la condición fisiológica de esta especie, donde la degradación

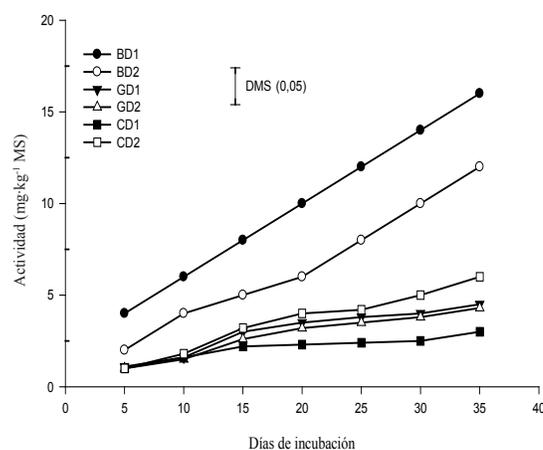


Figura 3. Actividad microbiana (n=8) durante 35 días de incubación de estiércol vacuno (B), gallinaza (G) y cerdaza (C) con dos tipos de dieta (D1 y D2). La línea vertical indica diferencia mínima significativa a $P < 0.05$.

del alimento es compartamental y los carbohidratos más recalcitrantes (fibra) que se ingieren en grandes volúmenes, se digieren sólo parcialmente a lo largo del tracto gastrointestinal (Van Soest, 1994). Esta característica presentada por EA1 es indicativa que es un material menos estable como abono orgánico comparado con EA2 (Burbano, 2001).

Coliformes totales y fecales

La abundancia promedio de coliformes totales y fecales estuvo comprendida entre $3,23 \times 10^6$ a $8,89 \times 10^7$ y entre $2,33 \times 10^6$ a $7,96 \times 10^7$ NMP/g MS, respectivamente (Figuras 4 y 5). Esta abundancia fue mayor ($P < 0,05$) para la cerdaza al compararlo con el resto de las EA. Cuando comparamos el tipo de dieta proporcionada a los animales, los valores de coliformes totales resultaron similares con la excepción de la gallinaza en donde los valores de D1 fueron mayores en aproximadamente un 60% con respecto a los de D2.

Los coliformes fecales siguieron el orden: $CD2 > CD1 > GD1 > GD2 = BD1 = BD2$. El efecto de las dietas fue significativo sólo en la cerdaza con valores de 8×10^7 NMP/g MS para CD2 y 2×10^7 NMP/g MS para CD1. Esta tendencia podría ser explicada tomando en cuenta el tipo de sistema de producción o explotación a la cual se encontraban sujetos los

animales (Cuadro 1). En el sistema de producción tradicional, las condiciones sanitarias del criadero eran muy precarias, pudiéndose destacar en los pisos del criadero abundante excretas en avanzado estado de descomposición y en contacto con las de recién deposición. Esto pudo haber ocasionado cargas estables de coliformes fecales (Rodríguez, 2002) en las excretas recolectadas para este estudio. Oliva *et al.* (2004) señalaron un promedio en el contenido de coliformes fecales en cerdaza de 1×10^7 NMP/g MS, el cual fue mayor al encontrado en este estudio con la dieta D2, y casi el doble al encontrado con la dieta D1.

En el caso de la gallinaza, el contenido promedio de coliformes fecales fue de aproximadamente 6×10^6 NMP/g MS, valor mucho menor al reportado por Palacios (2005) de $3,5 \times 10^8$ NMP/g MS.

Relaciones entre el tipo de dieta del animal y la calidad del estiércol como fertilizante

El contenido de bacterias y hongos de los EA es determinante en la valoración de su calidad. Se ha demostrado que la calidad del residuo orgánico a utilizar como fertilizante es baja cuando contiene mayor carga microbiana, como es el caso de la bosta. Esto se debe a que los microorganismos inmovilizan y ayudan a retener el N en el suelo, trayendo como

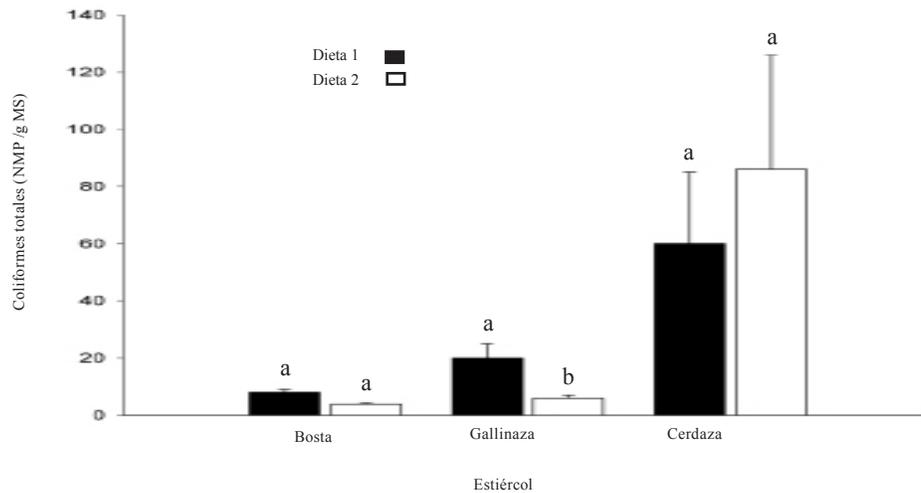


Figura 4. Coliformes totales en bosta, gallinaza y cerdaza. Letras diferentes indican diferencias entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras representan la desviación estándar.

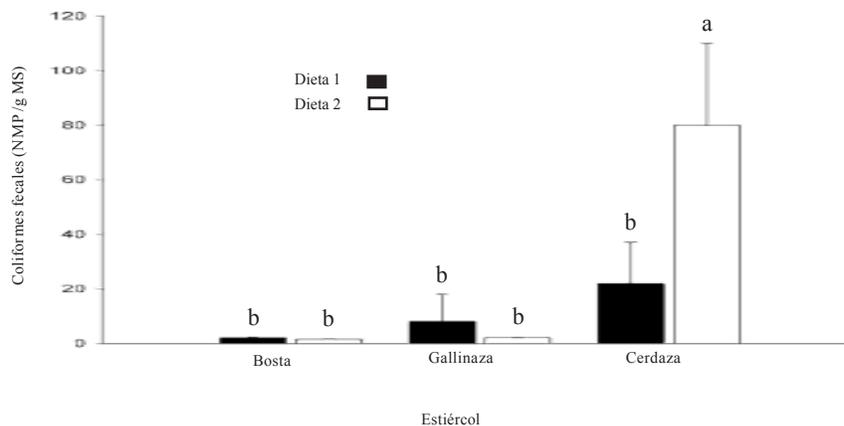


Figura 5. Coliformes fecales en bosta, gallinaza y cerdaza. Letras diferentes indican diferencias entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras representan la desviación estándar.

consecuencia la disminución de la eficiencia de asimilación de este elemento por las plantas (Oliva *et al.*, 2004). Sin embargo, una alta carga microbiana es deseable cuando el material que se está aplicando al suelo contiene diferentes fracciones de C. Estas fracciones definen la velocidad de mineralización del material que se está aplicando al suelo (Espinoza, 2004). Se han definido la presencia de tres fracciones

orgánicas en los estiércoles. Una primera fracción que se descompone rápidamente, y representa aproximadamente 10% del C total. La segunda es una fracción que se mineraliza el primer año de aplicación y representa 46%. La fracción restante se descompone lentamente y por lo general, las formas de C más complejas, son descompuestas por los hongos (Sluijsmans y Kolenbrander, 1977).

Por otra parte, Fauci y Dick (1994) y Hadas *et al.* (1995) demostraron que el manejo de suelo con abonos orgánicos incrementó la biomasa microbiana y su actividad, así como, un aumento de la tasa de mineralización (Espinoza, 1997), lo que implica, una mayor liberación de nutrientes para el crecimiento de las plantas. La predominancia de la mineralización sobre la inmovilización o viceversa, va a depender de la relación C:N de cada estiércol (Espinoza, 1997; Espinoza *et al.*, 2007). Al incrementar la actividad de los microorganismos, se incorpora a su biomasa el N mineral disponible para cubrir sus necesidades, y en el caso de BD1 y BD2, provocó una fuerte inmovilización del nitrógeno (datos no mostrados). Esto se traduciría a nivel de campo en una falta de nitrógeno para el cultivo. Nosotros especulamos que una vez que la actividad microbiana se estabilice debido al agotamiento de los productos fácilmente metabolizables, el número de microorganismos disminuiría, remineralizándose el nitrógeno.

De acuerdo a la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA, 1999), los productos orgánicos a ser utilizados como fertilizantes deben contener una cantidad de coliformes fecales menores a 1.000 NMP/g MS para ser distribuidos o vendidos para su uso en cultivos de consumo directo (productos clase A) y los que califican como clase B con valores de coliformes fecales menores a 2×10^6 NMP/g son restringidos a suelos de sitios apartados, donde existan restricciones de acceso al público. Estos últimos, generalmente son usados con fines de recuperar suelos, plantaciones forestales, en cultivos que no se consuman directamente o en la cobertura de rellenos sanitarios.

El contenido de coliformes fecales determinado en todas las EA fue superior a los máximos permitidos según las especificaciones ya indicadas. La aplicación de las EA frescas como fertilizante traería como consecuencia la contaminación biológica de los cultivos, el suelo y el ambiente animal. Estos resultados sugieren que las EA deben ser tratadas previamente antes de su utilización como abonos, para reducir el contenido de coliformes de estos, sobre todo en la cerdaza. Se ha demostrado que el compostaje de las EA es un método efectivo para eliminar bacterias coliformes fecales, así como para disminuir la sobrevivencia de hongos y bacterias (Oliva *et al.*, 2004).

Evaluación general de la calidad

La reducción de las variables a principales componentes en base a las similitudes, permitió la visualización de dos componentes que explicaron el 93% de la variabilidad observada. El primer componente, CP1 (Figura 6), separó a las variables bacterias totales y mineralización del contenido de coliformes totales y fecales, por lo tanto la mayor variabilidad entre las EA son explicadas con estas variables. La BD1 y BD2 se asociaron con el mayor número de bacterias totales y mineralización. Estos resultados ponen en evidencia que la bosta con ambas dietas puede liberar nutrientes al suelo a través del proceso de mineralización. Este es un aspecto importante a considerar, si el destino del abono orgánico animal es con fines de fertilidad, ya que parte de estos nutrientes pueden estar disponibles a los pocos meses, así como años después de su aplicación al suelo. Por otra parte, estas excretas mostraron la menor potencialidad de daños a la salud pública.

Las CD1 y CD2 se asociaron con el altísimo contenido de coliformes totales y fecales, lo que manifiesta la probabilidad de contaminación de algún patógeno, siendo este riesgo mayor para las CD2, donde la asociación es más estrecha. Esta diferencia entre dietas, parece estar relacionada con el sistema de producción. En el segundo componente se separan a los hongos totales del resto de las variables estudiadas, asociando estos a las gallinazas.

Con el objetivo de hacer una agrupación de los EA se realizó una clasificación jerárquica ascendente (Figura 7). Los grupos formados en base a su similitud en cuanto las variables estudiadas, utilizando la distancia euclidiana promedio fueron tres. Grupo I: BD1 y BD2, Grupo II: GD1, GD2 y CD1 y Grupo III: CD2. El grupo I contiene los estiércoles menos estables, ya están asociados con el alto número de bacterias y actividad de los microorganismos, ocasionando la incorporación del N mineral a su biomasa, lo que provoca una inmovilización del N. El grupo II manifiesta una mayor estabilidad como abono orgánico, lo que implica menor posibilidad de inmovilizar N, pero con mayor riesgo de salud pública debido a la carga de coliformes fecales. El grupo III presenta altísimo riesgo de salud pública, lo cual lo elimina como posibilidad de ser utilizado como fertilizante.

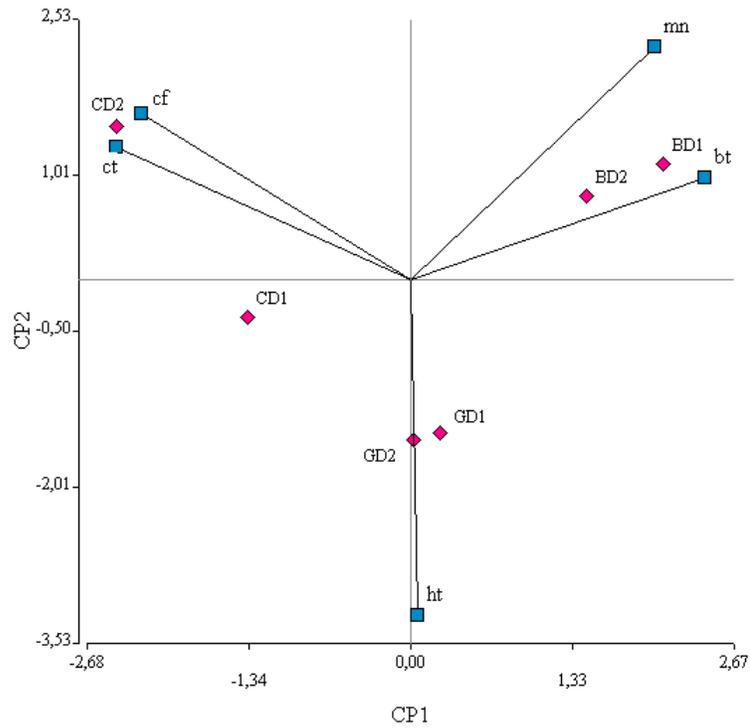


Figura 6. Distribución de los estiércoles animales (EA) en los ejes coordenadas de los componentes principales 1 y 2., donde BD1, BD2, CD1, CD2 y GD1 y GD2, representan los estiércoles de bovinos, aves y cerdos en las diferentes dietas estudiadas.

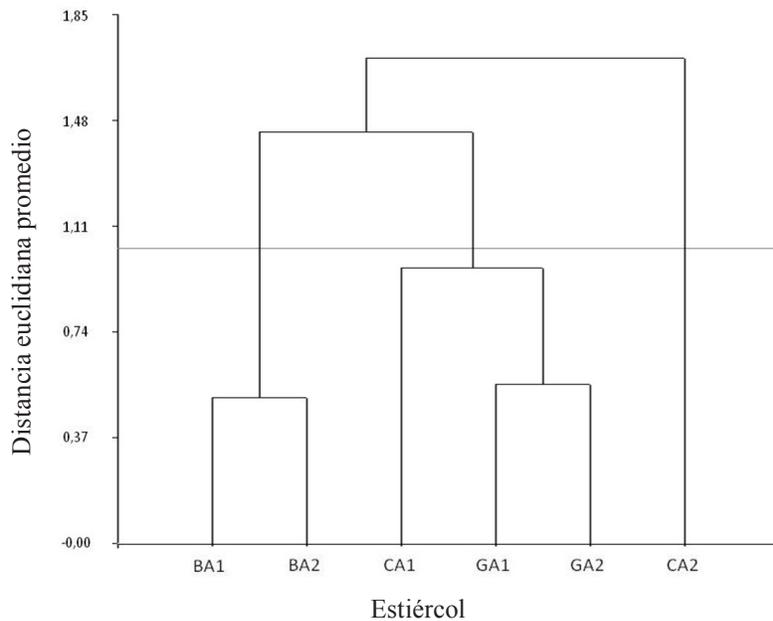


Figura 7. Dendrograma de agrupamientos de los EA por similitud, en base a la distancia Euclidiana promedio en base a cinco variables de estudio.

CONCLUSIONES

No se observó un patrón determinante entre el tipo de dieta y la carga microbiana total (bacterias y hongos) de las excretas de bovinos, aves y cerdos.

El sistema de manejo de las excretas en las granjas porcinas influyó significativamente sobre la calidad sanitaria de las mismas, particularmente en relación a la carga en coliformes fecales. En general, los coliformes fecales en las excretas estudiadas tendieron a ser más abundantes en la cerdaza, con valores intermedios en la gallinaza y muy inferiores en la bosta. Este tipo de patrón estuvo en correspondencias con el de los coliformes totales.

El estiércol proveniente del ganado vacuno, aunque mostró una menor condición como fertilizante, fue el que presentó la posibilidad de menor riesgo desde el punto de vista de la salud pública. Por el contrario, los estiércoles de cerdo y aves se presentaron con un alto potencial de riesgo para la salud por relacionarse con altas cargas de microorganismos fecales, lo que pudiera incrementar la incidencia de patógenos en el suelo.

LITERATURA CITADA

- Burbano H. 2001. La materia orgánica del suelo en el contexto de una agricultura sostenible. *En* Mojica F. (Ed.) Fertilidad de Suelos. Diagnostico y Control. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 2^{da} ed. Bogotá, Colombia. pp. 197-217.
- Buchko S.J., R.A. Holley, W.O. Olson, V.P. Gannon y D.M. Veira. 2000. The effect of different grain diets on fecal shedding of *Escherichia coli* O157:H7 by steers. *J. Food Prot.*, 63: 1467-1474.
- Church D.C. 1988. *The Ruminant Animal. Digestive Physiology and Nutrition.* Prentice Hall, Englewood Cliffs, EUA.
- Doran J.W. y D.M. Linn. 1979. Bacteriological quality of runoff water from pastureland. *Appl. Environ. Microbiol.*, 37: 985-991.
- Edwards D.R., B.T. Larson y T.T. Lim. 2000. Runoff nutrient and fecal coliform content from cattle manure application to fescue plots. *J. Am. Water Res. Assoc.*, 36: 711-724.
- EPA (Environmental Protection Agency). 1999. Standards for the use or disposal of sewage sludge. 40 CRF part 503. Biosolids Rule. Washington, EUA.
- Espinoza Y. 1997. Availability of nitrogen to corn after five years of manure and fertilizer application under tillage and no-tillage system. Tesis Maestría. Kansas State University. Manhattan, EUA.
- Espinoza Y. 2001. Calidad de la material orgánico bajo diferentes prácticas de manejo de un suelo ácido tropical. *Rev. Fac. Agron. LUZ*, 21: 126-140.
- Espinoza Y., J.L. Gil y N.E. Obispo 2007. Uso de estiércoles y siembra directa para incrementar la productividad de *Brachiaria humidicola*. XX Reunión de la Asociación Latinoamericana de de Producción Animal, Sección Pastos y forrajes, Resumen Completo No. 10. Cusco, Perú
- Fauci M.F. y R.P. Dick. 1994. Soil microbial dynamics: short-and long-term effect of inorganic and organic nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58: 801-806.
- Hadas A., L. Kaustsky y R. Portnoy. 1995. Mineralization of composted manure and microbial dynamic in soil as affected by long-term nitrogen management. *Soil Biol. Biochem.*, 28: 733-738.
- Hovde C.J., P.R. Austin, K.A. Cloud, C.J. Williams y C.W. Hunt. 1999. Effect of cattle diet on *Escherichia coli* O157:H7 acid resistance. *Appl. Environ. Microbiol.*, 65: 3233-3235.
- Infostat. 2002. InfoStat. Manual del Usuario. Ver. 1.1. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Jorgensen L., J. Dahl y A. Wingstrand. 1999. The effect of feeding pellets, meal, and heat treatment on the *Salmonella*-prevalence in finishing pigs. *Proc. 3rd Int. Symp. Epidemiology and Control of Salmonella in Pork.* Washington, D.C. pp. 308-312.
- Khaleel R., K.R. Reddy y M.R. Overcash. 1982. Transport of potential pollutants in runoff water from areas receiving animal waste: a review. *Water Res.*, 14: 421-436.

- Mara D.D., P.A. Sleight, U.J. Blumenthal y R.M. Carr. 2007. Health risks in wastewater irrigation: comparing estimates from quantitative microbial risk analyses and epidemiological studies. *J. Water Health*, 50: 39-50.
- Obispo N.E. y B.A. Dehority. 1990. A most probable number method for enumeration of rumen fungi with studies on factors affecting their concentrations in the rumen. *J. Microbiol. Met.*, 16: 259-270.
- Oliva M., Velasco D., Ventura L., Ballinas E., Salvador M. y Gutiérrez F. 2004. Estudios de eliminación de microorganismos patógenos de residuales porcinos en un biorreactor con tiempo de retención corto. *Rev. Comp. Prod. Porcina*, 2(Supl. 1): http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/rccpn/revista11_01_2004/oliva.htm [abril 10, 2008].
- Palacios O. 2005. Evaluación de un sistema discontinuo de biodigestión anaerobia para el tratamiento de desechos avícolas. *Rev. Fac. Ing. UCV*, 20: 105-112.
- Rodríguez C. 2002. Residuos ganaderos. VET-UY. Disponible en línea en <http://www.vet-uy.com/articulos/agricultura/050/0009/agri009.htm>. [Consulta: 2007, julio 1].
- Sollins P., G. Spycher y C.A. Glassman. 1984. Net nitrogen mineralization from light and heavy fraction soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.*, 16: 31-37.
- SAS (Statistical Analysis System). 2002. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, EUA.
- Sluijsmans C. y G. Kolenbrander. 1977. The significance of animal manure as a source of nitrogen I soils. *Proc. Inter. Seminar on Soil environment and Fertility Management on Intensive Agriculture*. Tokyo, Japon. pp. 403-411.
- Turco R.F. 1994. Coliform bacteria. *En* Weaver R.W., S. Angle, P. Bottomley, D. Bezdicek, S. Smith, A. Tabatabai y A. Wollum (Eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Microbiological and Biochemical Properties*. Soil Science Society of America, Madison, EUA. pp. 145-158.
- Van Soest P.J. 1994. *Nutritional Ecology of Ruminant*. 2^{da} ed. Cornell University Press. Ithaca, EUA.
- Walker S.E., S. Mostaghimi, T. A. Dillaha y F.E. Woeste. 1990. Modeling animal waste management practices: Impacts on bacteria levels in runoff from agricultural lands. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 33: 807-817.

Factores no genéticos que afectan el peso al nacer en vacunos Brahman registrados

Yhoangel Rodríguez, Gonzalo Martínez G.* y Rafael Galíndez G.

¹Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Producción Animal. Apartado Postal 4579. Maracay, Aragua, Venezuela. *Correo electrónico: martinezg@agr.ucv.ve

RESUMEN

Para determinar la influencia de algunos factores no genéticos sobre el peso al nacer (PN) se analizaron 4.078 observaciones de becerros Brahman. Todos los animales se encontraban a pastoreo, bajo manejo sanitario adecuado a las condiciones de cada hato. El modelo incluyó los efectos fijos hato (H: 1 a 4), año de nacimiento (AN: 1996 a 2005), época de nacimiento (EN: seca y lluviosa), edad de la madre al parto (EM: 3, ..., 10 ó más años) y sexo (S: macho y hembra) y las interacciones H x AN, H x EN, H x S, AN x EN y AN x EM. El promedio ajustado para PN fue de $34,68 \pm 0,29$ kg. El PN fue afectado por todos los factores ambientales estudiados, excepto EN, aunque sin embargo, si existió diferencias entre épocas dentro de H y AN. Los efectos S y H fueron los que presentaron la mayor influencia sobre la variación de PN. Las interacciones con H indican que la dirección y magnitud de los efectos no son constantes dentro de cada hato. Existieron diferencias de 5,49 kg entre hatos extremos. La diferencia entre los mejores años (2002 y 2005) y el peor (1996) fue 3,25 kg. Vacas de 3, 4 y 10 ó más años parieron en promedio becerros menos pesados (1,11 kg) que las vacas de 5 a 9 años. Becerros machos pesaron 2,25 kg más que las hembras.

Palabras clave: ganado de carne, Brahman registrado, factores ambientales, crecimiento prenatal.

Non-genetic factors affecting birth weight in registered Brahman cattle

ABSTRACT

To determine the influence of some non-genetic factors on birth weight of Brahman registered cattle, 4078 observations were analyzed. All the animals were grazing and under sanitary management according to the conditions of every herd. The statistical model included herd (H: 1 to 4), year of birth (AN: 1996 to 2005), season of birth (EN: dry and rainy), age of mother at calving (EM: 3, ..., 10 ó more years), and sex (S: males and females) and the interactions H x AN, H x EN, H x S, AN x EN, and AN x EM. The average PN was 34.68 ± 0.29 kg. The PN was affected by all the environmental factors studied, except EN; however, some differences existed between EN within H and AN due to the interactions H x EN and AN x EN. The effects S and H had the largest effect on the variation of PN. The interactions with H indicate that the direction and magnitude of the effects are not constant inside every herd. Important differences existed among herds, being 5.49 kg for the extreme ones. The difference between the best years (2002 and 2005) and the worst year (1996) was 3.25 kg. Cows of 3, 4, and 10 ó more years gave birth smaller calves (in average 1.11 kg), than cows from 5 to 9 years. Male calves weighed 2.25 kg more than female.

Keywords: beef cattle, Brahman registered cattle, environmental factors, prenatal growth.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela la ganadería de carne se caracteriza por sus bajos índices productivos (particularmente en rebaños comerciales), como consecuencia de una serie de elementos que afectan directa o indirectamente la productividad de estos sistemas. Los factores climáticos, alimenticios, reproductivos, sanitarios, de manejo del rebaño, entre otros y la falta de conocimiento técnico, afectan marcadamente los resultados obtenidos en este sistema.

Dentro de las características de importancia económica para el sistema de producción de carne, el crecimiento tiene un sitio primordial. Entre los indicadores comúnmente utilizados, el peso al nacer mide el crecimiento desde la concepción hasta el final de la gestación (Plasse, 1978). La importancia de estudiar el peso al nacer radica en que animales con bajo peso o muy alto peso mueren más en las primeras etapas de vida (especialmente en el primer mes de vida) ocasionando pérdidas importantes en el sistema (Koger *et al.*, 1967, Martínez, 1997). Es importante señalar que las diferencias en peso al nacer se deben tanto a factores genéticos, como a los no genéticos (llamados también ambientales) entre los que podemos nombrar: año y mes de nacimiento, sexo del becerro, edad de madre y hato. Se sabe estos factores son diferentes en la magnitud relativa, según la zona agroecológica, unidad de producción y constitución genética de la población que se estudie (Plasse, 1978). Sin embargo, y aunque existe conocimiento de cómo estos factores afectan el desarrollo de los bovinos en diferentes etapas de su vida productiva, poco se ha estudiado sobre las interacciones que incluyen a hato conjuntamente con otros factores importantes como lo son el año y mes de nacimiento, sexo y edad de la madre.

En tal sentido, en el presente trabajo se planteó como objetivo cuantificar el efecto de factores no genéticos, tales como hato, año y época de nacimiento, sexo del animal y edad de la madre sobre el peso al nacer en vacunos Brahman registrados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo fue realizado con datos de cuatro centros genéticos ubicados en tres estados de Venezuela.

Hato 1. Está ubicado en el municipio Las Mercedes, estado Guárico, Venezuela. Cuenta con 662 ha, utilizadas en módulos de pastoreo con pastos introducidos como brizanta (*Urochloa brizantha*), decumbens (*Urochloa decumbens*) y humidicola (*Urochloa humidicola*), con una carga animal aproximada de 0,80 UA/ha. La precipitación promedio anual fue 950 mm, donde la época seca va desde octubre hasta abril y en los meses restantes se ubica la época lluviosa. Los animales recibieron sales minerales *ad libitum* durante todo el año y durante cien días de verano los animales de levante y vacas de primer parto recibieron bloques multinutricionales. La temporada de servicio antes del año 2000 tuvo una duración de 90 días para las novillas y 120 días para las vacas comenzando en abril y finalizando en julio. A partir del año 2001, la temporada se redujo en 30 días para ambos grupos. Los nacimientos antes del 2000 ocurrieron de febrero a mayo y luego del 2000 entre mayo y julio. Todas las vacas y novillas fueron incorporadas al programa de inseminación artificial con un máximo de dos servicios y posteriormente de no quedar preñada pasaron a un rebaño unitario.

Hato 2. Se encuentra ubicado en la Parroquia Boca de Aroa, Municipio Silva, estado Falcón, Venezuela. La superficie es de 186 ha y se encuentra dividido en potreros con pasturas introducidas, como estrella (*Cynodon nlemfluensis*), guinea (*Panicum maximum*), alemán (*Echinochloa polystachya*) con una carga animal aproximada variable de acuerdo a la época del año de 0,8 a 2,0 UA/ha. La precipitación promedio anual fue de 1.333 mm, con ocho meses de precipitación (mayo – diciembre) y un período seco de enero a abril. Los animales fueron suplementados con sales minerales *ad libitum*. La temporada de servicio antes del año 1999 tuvo una duración de seis meses (julio a diciembre) y luego del año 1999 de cuatro meses (septiembre a diciembre). Los nacimientos antes del año 1999 ocurrieron de mayo a noviembre y luego del año 1999 entre junio y septiembre. Todas las hembras fueron servidas por inseminación artificial donde recibieron un máximo de dos servicios y de repetir celo fueron pasadas a un rebaño unitario.

Hato 3. Esta ubicado en el Municipio Ospino, estado Portuguesa, Venezuela. Posee una extensión de 372 ha, donde 80% de esta superficie cuenta con pasturas introducidas, tales como estrella (*Cynodon nlemfluensis*), decumbens (*Urochloa decumbens*) y humidicola (*Urochloa humidicola*) y el resto con

pasturas naturales. La precipitación promedio anual fue 1.505 mm, con seis meses de época lluviosa (mayo – octubre) y el mismo tiempo para la época seca (noviembre a abril). Los animales fueron suplementados con bloques multinutricionales y las vacas de primer parto fueron suplementadas con bloques proteicos. La temporada de servicio iba de diciembre a marzo con una duración de 120 días. Los nacimientos ocurrieron entre septiembre y diciembre, pudiendo ocurrir algunos nacimientos en los primeros días de enero. Todas las hembras en reproducción recibieron un máximo de dos servicios vía inseminación artificial en los primeros 45 días de la temporada y luego iban a repaso con toro en rebaños unitoro.

Hato 4. Se encuentra ubicado el Municipio Silva, estado Falcón, Venezuela. Cuenta con 192 ha y en su totalidad con pasturas introducidas tales como estrella (*Cynodon nlemfluensis*), guinea (*Panicum maximum*) y humidicola (*Urochloa humidicola*). La precipitación promedio anual fue de 1.640 mm con una época lluviosa de noviembre a julio y una época seca de agosto a octubre. Los animales no recibieron ningún tipo de suplementación. La temporada de servicio fue de 120 días para las novillas y 90 para las vacas comprendida entre abril y julio. Los nacimientos se iniciaban a partir del primero de enero hasta abril. Todas las hembras aptas reproductivamente fueron incorporadas al programa de inseminación artificial donde reciben un máximo de dos servicios y si repetían celo eran pasadas a un rebaño unitoro.

El plan sanitario fue similar en todos los hatos, el cual incluyó el tratamiento del recién nacido, las vacunaciones rutinarias de ley, así como particulares para cada hato y varios tratamientos antiparasitarios externos e internos durante el año.

Mayores detalles sobre la descripción de los hatos fueron presentados por Rodríguez (2006).

Datos utilizados

Los pesos utilizados en este trabajo fueron registrados por el personal de cada hato durante los años 1996 al 2005. Se contó con un total de 4.078 pesos al nacer (PN) de becerros nacidos vivos. La base de datos original estaba comprendida de 4.117 observaciones de las cuales se eliminaron 39 por no tener información correspondiente a fecha de nacimiento, edad de la madre o nacidos fuera de la

temporada. Los becerros nacieron en potreros de maternidad de acuerdo a la temporada de nacimiento de cada hato fueron pesados y tatuados dentro de los primeras 24 horas de vida. La distribución de estos pesos por hato y año se observa en la Cuadro 1.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza utilizando un modelo lineal aditivo por el método de máxima verosimilitud restringida (Littell *et al.*, 2002) utilizando el siguiente modelo:

$$Y_{ijklmn} = \mu + H_i + AN_j + EN_k + EM_l + S_m + H_i*AN_j + H_i*EN_k + H_i*S_m + AN_j*EN_k + AN_j*EM_l + E_{ijklmn}$$

donde

Y_{ijklmn} = peso al nacer de un “n-esimo” animal, del “i-esimo” hato, nacido el “j-esimo” año y “k-esima” época, de edad la “l-esima madre” y de “m” sexo,

μ = media teórica de la población para peso al nacer,

H_i = efecto de hato ($i = 1, \dots, 4$),

AN_j = efecto de año de nacimiento ($j = 1996, \dots, 2005$),

EN_k = efecto de época de nacimiento ($k =$ seca o lluviosa),

EM_l = efecto de la edad de la madre al parto en años ($l = 3, \dots, 10$ ó más),

S_m = efecto del sexo del becerro ($m =$ macho o hembra),

H_i*AN_j = efecto de la interacción hato x año de nacimiento,

H_i*EN_k = efecto de la interacción hato x época de nacimiento,

H_i*S_m = efecto de la interacción hato x sexo,

AN_j*EN_k = efecto de la interacción año de nacimiento x época de nacimiento,

AN_j*EM_l = efecto de la interacción año de nacimiento x edad de madre y

E_{ijklmn} = efecto del error experimental, normal e independientemente distribuido con media cero y varianza σ^2 .

Todas las interacciones simples fueron incluidas en análisis previos, siendo eliminadas aquellas que no resultaron significativas al menos a un valor de $P < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con excepción de la época de nacimiento ($P=0,7951$), todos los efectos incluidos en el modelo afectaron ($P<0,01$) el peso al nacer, siendo la interacción año de nacimiento x época de nacimiento la que afectó en menor grado ($P = 0,0462$). El promedio no ajustado (e.t.) para peso al nacer en las 4.078 observaciones fue 34,52 (0,07) kg y el ajustado 34,68 (0,29) kg, con valor mínimo de 12 kg y máximo de 60 kg. Estos valores fueron superiores a los encontrados por diversos autores en el ámbito nacional donde el valor mínimo y máximo fue 26,5 y 34,30 kg, respectivamente, con un promedio no ponderado de los trabajos revisados de 29,50 kg (Arango *et al.*, 1999; Plasse *et al.*, 1999a,b; 2000a,b; 2002a,b; Romero *et al.*, 2001; Gómez, 2003; Arias, 2007). Esta diferencia se puede deber a que en el presente estudio los hatos estudiados tienen menor tamaño que la mayoría de los estudios encontrados en la literatura y por lo tanto los animales pueden recibir mejor atención y cuidado.

Efecto hato

Es interesante poder tener en un mismo estudio datos de hatos ubicados en zonas ecológicas diferentes, ya que permite estimar las diferencias entre ellos que generalmente atribuimos al manejo y las condiciones climáticas. Este efecto fue la segunda causa de variación más importante sobre peso al nacer, resultando altamente significativas ($P=0,0000$), lo que corrobora lo discutido anteriormente sobre las diferencias ecológicas, sanitarias, nutricionales y de manejo de un hato a otro que pueden generar estas diferencias, además de las divergencias genéticas entre los rebaños (Cuadro 2). Existieron diferencias a favor del hato 1 con respecto a los hatos 2, 3 y 4 de 5,35; 5,50 y 3,85 kg, respectivamente. Es importante señalar que el hato 1 presentó las peores condiciones ecológicas con relación a los demás; sin embargo, se pueden explicar estas diferencias posiblemente debido a la suplementación estratégica de las vacas previo al parto, realizada durante el periodo seco, lo que coincidió con el último tercio de la gestación. Por otro lado, en este hato se utiliza rutinariamente semen de toros con alto valor genético para peso a 18 meses, el cual es sabido esta correlacionado positivamente con el peso al nacer. Asimismo, en el hato 1 se ha utilizado en un número importantes de vacas un toro particular que tiene una elevada (+ 2,5 kg) Diferencia Esperada en la Progenie (DEP) para peso al nacer. El

peso al nacer de los otros tres hatos son similares con una pequeña superioridad de los animales nacidos en el hato 4 con respecto a los nacidos en los hatos 2 y 3 con diferencias de 1,50 y 1,65 kg, respectivamente, pero no estadísticamente significativo (Cuadro 2). Lo anterior coincide con lo encontrado en la literatura (Martínez, 1993; Gómez, 2003).

Efecto del año de nacimiento

El año de nacimiento de la cría resultó tener un efecto importante ($P=0,0000$), siendo una causa importante de variación del valor del peso al nacer en este estudio, lo que coincide con lo reportado en la literatura (Arango *et al.*, 1999; Plasse *et al.*, 1999a,b; 2000a,b; 2002a,b; Romero *et al.*, 2001; Gómez, 2003; Arias, 2007). Se encontró una superioridad de 3,25 kg de los mejores años (2002 y 2005) sobre el peor año (1996) como se observa en el Cuadro 3. Este valor se encuentra dentro del intervalo de las diferencias entre el mejor y peor año encontrado en la literatura que va desde 2,00 hasta 4,80 kg (Arango y Plasse, 1994; Romero y Plasse 1995; Arango *et al.*, 1999; Romero *et al.*, 2001; Gómez, 2003). Es importante resaltar que estas diferencias no se deben exclusivamente a mejoras ambientales, sino también al aprovechamiento de las mejoras genéticas logradas utilizando toros y semen con DEP positivas para peso a los 18 meses.

Efecto época de nacimiento

El efecto de época de nacimiento no afectó el peso al nacer ($P=0,7951$). El peso de animales nacidos en la época seca y lluviosa fue 35,01 y 34,14 kg, respectivamente. Estos resultados coinciden con Otero (1995), pero difieren de lo encontrado por Carreño (2004). Esto se puede deber a que los nacimientos de los animales de los diferentes hatos están ocurriendo en momentos distintos, ya que las temporadas de servicio difieren entre los hatos y los nacimientos se están solapando a lo largo de los años entre estos hatos y las diferencias entre épocas pueden estar contrarrestadas. Esto ya fue reportado en ganaderías doble propósito comerciales en un estudio con varias fincas en al menos tres regiones contrastantes del país y el autor no encontró diferencias en el peso al nacer debido a la época de nacimiento (Martínez, 1993).

Efecto sexo

El sexo del becerro resultó altamente significativo ($P=0,0000$), siendo esta la causa más importante de

Cuadro 1. Número de observaciones por hato y año de nacimiento para pesos al nacer.

Año	Hato				Total
	1	2	3	4	
1996	72	102	179	35	388
1997	89	103	165	46	403
1998	103	107	119	78	407
1999	123	93	143	65	424
2000	89	98	183	87	457
2001	69	70	199	85	423
2002	63	90	223	64	440
2003	90	79	241	62	472
2004	78	66	150	63	357
2005	68	50	128	61	307
Total	844	858	1730	646	4078

variación sobre el peso al nacer. Este resultado fue encontrado también por otros autores (Arango *et al.*, 1999; Plasse *et al.*, 1999a,b; 2000a,b; 2002a,b; Romero *et al.*, 2001; Gomez, 2003; Arias 2007). Los machos pesaron 36,20 kg y las hembras 33,95 kg con una diferencia fue 2,25 kg. Esta divergencia es superior a las encontradas en la literatura que oscilan de 1,10 a 2,19 kg, siempre a favor de los machos.

Efecto de edad de la madre al parto

Se observaron diferencias altamente significativas ($P=0,0000$), para peso al nacer debidas a la edad de la madre. En el Cuadro 4 se puede observar la importancia que tiene este componente materno sobre el crecimiento prenatal. Madres de 5 a 9 años parieron en general los becerros más pesados en promedio, los cuales superaron claramente a aquellas madres con edad de 3 y 4 años y 10 ó más años. Las vacas de 3 años fueron las que parieron los becerros más livianos y las vacas de 10 ó más años parieron becerros por debajo del promedio. Estas diferencias pueden deberse a que las vacas jóvenes tienen mayores requerimientos de nutrientes para su propio desarrollo y las vacas viejas por desgaste fisiológico paren y crían becerros menos pesados que las vacas de edad intermedia. Las discrepancias entre edades encontradas están por debajo del intervalo en la

literatura (Arango *et al.*, 1999; Plasse *et al.*, 1999a,b; 2000a,b; 2002a,b; Romero *et al.*, 2001; Gomez, 2003; Arias, 2007).

Interacción hato con año de nacimiento

La interacción hato x año de nacimiento resultó altamente significativa ($P=0,0000$). Para el año 1996, el hato 2 fue superior a los hatos 1, 3 y 4 (Figura 1), siendo las diferencias de 2,48; 2,18 y 2,21 kg, respectivamente. Sin embargo, para los hatos 1, 3 y 4 para este mismo año no existieron diferencias. Es importante señalar que para el hato 2 este fue el mejor año de nacimiento con relación al peso al nacer. El hato 1 fue superior a los otros hatos (2, 3 y 4) para el resto de los años de estudio. Existieron cambios tanto en la magnitud de las diferencias entre años, así como cambios en las posiciones entre los hatos 2, 3, 4, como puede ser observado para el año 2001 y 2002. En general, en la Figura 1 se puede observar que el hato 1 tuvo una tendencia al incremento en los pesos al nacer a través de los años, mientras que los otros tres hatos esta tendencia fue relativamente constante. No se encontró reportes relacionados con esta interacción para ganado de carne; sin embargo, Martínez (1993) en un estudio con ocho fincas doble propósito en tres estados del país no encontró efecto de la interacción sobre el peso al nacer.

Cuadro 2. Efecto de hato sobre el peso al nacer.

Hato	n	Peso	Error típico
		----- kg -----	
1	844	38,75a†	0,30
2	858	33,40b	0,19
3	1730	33,25b	0,11
4	646	34,90b	0,91

† Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

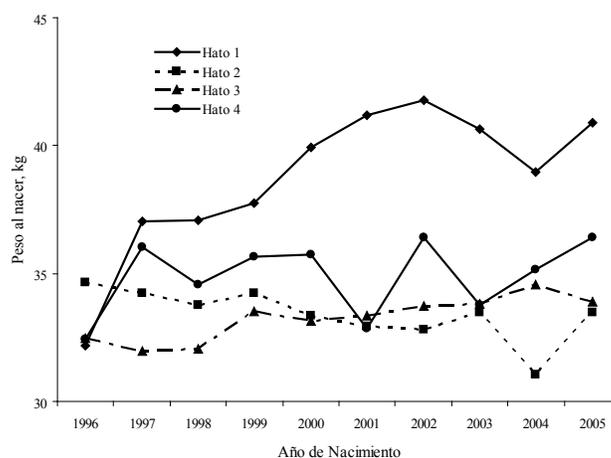


Figura 1. Efecto de la interacción hato con año de nacimiento sobre el peso al nacer.

Interacción hato con época de nacimiento

Esta interacción resultó altamente significativa ($P=0,0057$), lo que implica que las épocas no tuvieron el mismo efecto en todos los hatos, como se puede apreciar en la Figura 2, donde hubo tanto cambios en las posiciones como en las magnitudes de las diferencias. En este sentido, en el hato 1, becerros nacidos en la época seca pesaron 1,42 kg ($P=0,0302$) más que becerros nacidos en la época lluviosa, mientras que para el hato 3 becerros nacidos en la época seca pesaron 0,9199 kg menos que aquellos nacidos en época lluviosa ($P=0,0000$). Para los hatos 2 y 4 no hubo diferencias entre las épocas. Los resultados concuerdan con lo esperado, en vista de que en los hatos 1 y 3 (Guarico y Portuguesa) las diferencias climáticas entre las dos épocas son mayores comparadas con las diferencias entre épocas

para la zona de los hatos 2 y 4 (Boca de Aroa y Tucaras, Falcón). Para ganaderías doble propósito ha sido señalado un efecto importante de esta interacción sobre el peso al nacer (Martínez, 1993) coincidiendo con lo encontrado en el presente trabajo.

Interacción hato con sexo de la cría

La interacción fue altamente significativa ($P=0,00013$). En la Figura 3 se observa que los machos en todos los hatos superaron a las hembras. Las diferencias entre machos y hembras a pesar de no haber existido intercambios en las posiciones no fueron constantes entre los hatos. En este sentido, las diferencias entre sexo fue 2,16; 1,94; 1,53 y 3.34 kg, respectivamente para los hatos 1, 2, 3 y 4. Se puede evidenciar que la diferencia entre sexos en el hato 4 duplicó a la diferencia encontrada en el hato

Cuadro 3. Efecto del año de nacimiento sobre el peso al nacer.

Año	n	Peso	Error típico
		----- kg -----	
1996	388	32,92d†	0,34
1997	403	34,83c	0,34
1998	407	34,38c	0,37
1999	424	35,29ab	0,37
2000	457	35,55a	0,37
2001	423	35,07bc	0,38
2002	440	36,17a	0,38
2003	472	35,43a	0,39
2004	357	34,93bc	0,44
2005	307	36,17a	0,46

† Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

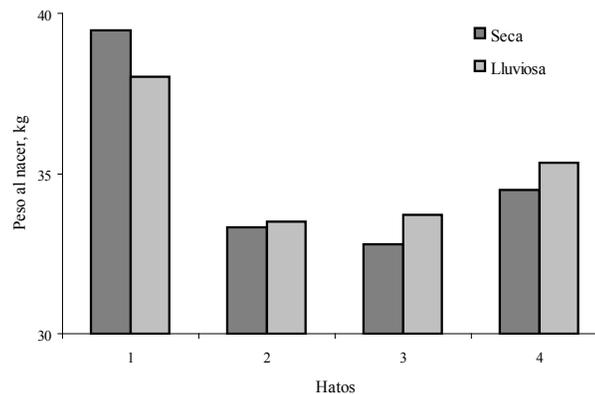


Figura 2. Efecto de la interacción hato con época de nacimiento sobre el peso al nacer.

3. Martínez (1993) en un estudio con fincas doble propósito no encontró efecto de la interacción sobre el peso al nacer.

Interacción año de nacimiento con época de nacimiento

Existieron cambios significativos ($P=0,04620$) tanto en la magnitud de las diferencias, así como en las posiciones de las épocas durante los años de estudio. En la Figura 4 se puede observar que para los años 1996, 1997, 1998, 1999 y 2004, los pesos de los animales nacidos en la época lluviosa fueron mayores que los nacidos en la época seca. Sólo en el año 1998

existió mayor diferencia ($P=0,04142$) entre las épocas, siendo ésta de 1,46 kg a favor de los animales nacidos en la época lluviosa. Sin embargo, la situación se invirtió en los años 2000, 2001, 2002, 2003 y 2005, donde los animales nacidos en la época seca superaron los pesos de los nacidos en la época lluviosa. El año 2001 fue donde se observó la mayor diferencia (0,77 kg) a favor de la época seca, aunque no significativa ($P=0,2973$). Los resultados encontrados coinciden con lo señalado para otras ganaderías (Arango, 1994; Gómez, 2003; Arias, 2007). Sin embargo, es importante resaltar que estos tres autores trabajaron con mes de nacimiento y no época. Vale la pena resaltar que de haber sido posible una mejor explicación de este efecto puede ser

Cuadro 4. Efecto de edad de la madre sobre el peso al nacer.

Edad de la madre	n	Peso	Error típico
Año		----- kg† -----	
3	891	33,80c	0,28
4	609	34,88b	0,30
5	640	35,59a	0,30
6	538	35,71a	0,31
7	443	35,61a	0,32
8	337	35,28ab	0,35
9	256	35,27ab	0,37
10 o más	336	34,47b	0,34

† Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

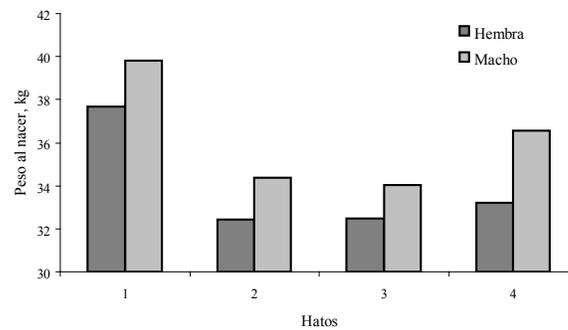


Figura 3. Efecto de la interacción hato con sexo de la cría sobre el peso al nacer.

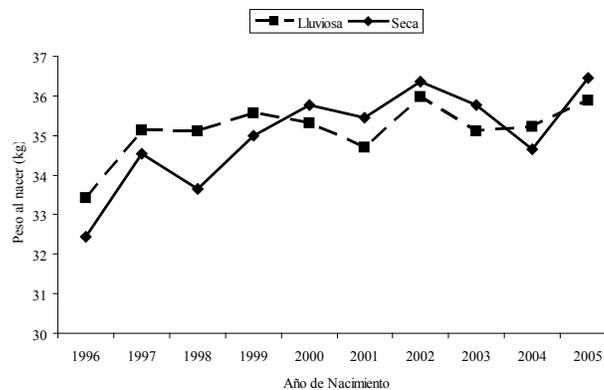


Figura 4. Efecto de la interacción año de nacimiento con época de nacimiento sobre el peso al nacer.

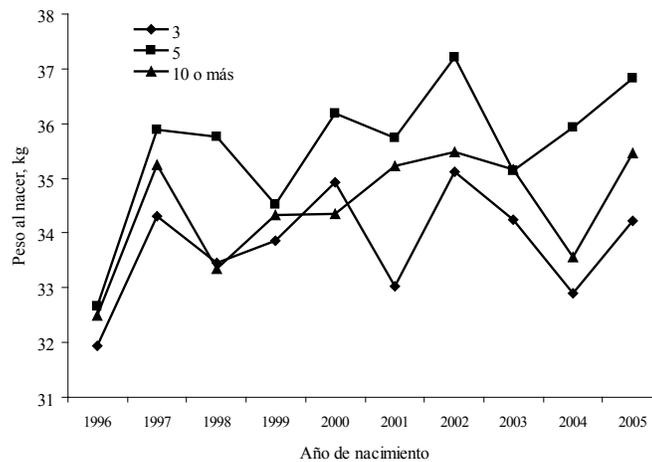


Figura 5. Efecto de la interacción año de nacimiento con edad de madre sobre el peso al nacer.

dada por la interacción triple de H x AN x EN, pero el número de observaciones por sub-celda fue muy pequeño.

Interacción año de nacimiento con edad de la madre

Esta interacción resultó altamente significativa ($P=0,00579$). Para la discusión de esta interacción limitaremos el gráfico a tres edades extremas, las cuales fueron vacas de 3, 5 y 10 o más años. En la Figura 5 se puede observar que los becerros de vacas de 3 y 10 o más años de edad, comparadas con los becerros de vacas de 5 años fueron inferiores en peso, a lo largo de todos los años de comparación. Sin embargo, existieron cambios en la magnitud de las diferencias entre edades así como en su posición, como se puede observar para los años 1996, 1999 y 2003 donde no hubo diferencias entre los pesos de los becerros hijos de vacas de estas tres edades. Por otro lado, podemos observar como el peso de hijos de vacas de 3 y 10 o más años de edad intercambian posiciones a través de los años de estudio. Lo anteriormente señalado coincide por lo indicado por otros autores (Gómez, 2003; Arias, 2007).

CONCLUSIONES

El promedio ajustado para peso al nacer de estos cuatro centros genéticos de vacunos Brahman registrados fue alto en comparación con otros rebaños

Brahman. Este peso varió de forma importante debido a factores no genéticos, tales como hato, año de nacimiento, edad de la madre al parto y sexo, así como a las interacciones hato x año de nacimiento, hato x época de nacimiento, hato x sexo, año de nacimiento x época de nacimiento y año de nacimiento x edad de madre. De estos factores, sexo y hato fueron los que explicaron la mayor parte de la variación para el peso al nacer. Por otro lado, el peso al nacer no fue afectado por la época de nacimiento. A pesar de que existe influencia importante de los efectos principales su comportamiento no es igual de un hato al otro, como lo demuestran las interacciones que incluyen este efecto. Es importante tomar medidas que mantengan el peso al nacer a través de los años, en vista de que un aumento prolongado puede traer problemas al parto especialmente en vacas de primer parto. La utilización de toros probados con DEP para peso al nacer cercanos a cero o incluso negativo puede ser una opción desde el punto de vista genético, pero sin descuidar el progreso en los otros pesos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a los hatos que permitieron la utilización de la base de datos. Asimismo, al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela por el financiamiento del proyecto PI 01-00-6215-2006.

LITERATURA CITADA

- Arango J. 1994. Estudio genético de características de crecimiento en Brahman y sus cruces con Guzerá y Nelore. Tesis Maestría. Fac. Agronomía y Ciencias Veterinarias, Univ. Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Arango J y D. Plasse. 1994. Crecimiento de razas cebuinas. *En* Plasse D., N. Peña de Borsotti y J. Arango (Eds.) X Cursillo sobre Bovinos de Carne. Univ. Central de Venezuela, Fac. Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. pp. 159-198.
- Arango J., D. Plasse, O. Verde, H. Fossi, R. Hoogesteijn, P. Bastidas y R. Romero. 1999. Producción de Brahman y sus cruces por absorción a Guzerá y Nelore en sabanas. 2. Pesos al nacer, destete y 18 meses. *Lives. Res. Rural Dev.*, 11(3). [_http://www.lrrd.org/lrrd11/3/ara113b.htm](http://www.lrrd.org/lrrd11/3/ara113b.htm) [Diciembre 28, 2007]
- Arias M. 2007. Estudio genético de crecimiento entre el nacimiento y los 18 meses de edad de animales Brahman. Tesis Maestría. Fac. Agronomía y Ciencias Veterinarias, Univ. Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Carreño H. 2004. Factores no genéticos que afectan el peso al nacer y la ganancia de peso predestete en un rebaño de ganadería de carne en el estado Apure. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Univ. Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Gómez M. 2003. Factores genético – cuantitativo de la producción de un rebaño Brahman bajo condiciones de sabana. Tesis Magíster Scientiarium. Fac. Agronomía y Ciencias Veterinarias, Univ. Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Koger J., S. Mitchell, R.W. Kidder, W.C. Burns, J.F. Hentges Jr. y A.C. Warnick. 1967. Factors influencing survival in beef calves. *J. Anim. Sci.*, 26: 205.
- Littell R.C., W.W. Stroup y R.J. Freund. 2002. SAS for Linear Models. 4^{ta} ed. SAS Institute Inc. Cary, EUA.
- Martínez G. 1993. Factores que afectan el crecimiento hasta los 18 meses de machos y hembras en explotación de bovinos de doble propósito. Tesis Magíster Scientiarium. Fac. Agronomía y Ciencias Veterinarias, Univ. Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Martínez G. 1997. Factores que afectan la supervivencia hasta los doce meses en un rebaño doble propósito. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 5(Supl. 1): 491-493.
- Otero J. 1995. Factores genéticos y ambientales que afectan el peso al nacer y al destete en el rebaño Brahman registrado. Tesis Ing. Agr. Fac. Agronomía. Univ. Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Plasse, D. 1978. Aspectos de crecimiento de *Bos indicus* en el trópico americano. Parte 1. *World Rev. Anim. Prod.*, 14(4): 29-48.
- Plasse D., O. Verde y H. Fossi. 1999a. Tendencias genéticas y fenotípicas durante tres décadas en un rebaño Brahman registrado. *En* Romero R., D. Plasse y N. Peña de Borsotti (Eds.) XV Cursillo sobre Bovinos de Carne. Fac. Ciencias Veterinarias. Univ. Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. pp. 173-213.
- Plasse D., O. Verde, H. Fossi, R. Hoogesteijn, P. Bastidas y R. Rodríguez. 1999b. Absorción de Brahman a Guzerá en sabanas. 2. Pesos al nacer, destete y dieciocho meses. *Rev. Fac. Cien. Vet. UCV*, 40(1): 29-35.
- Plasse, D.; O. Verde y L. Camaripano. 2000a. Tendencias genéticas y fenotípicas durante cuatro décadas en un rebaño Brahman registrado. *En* Romero R., D. Plasse y N. Peña de Borsotti (Eds.) XVI Cursillo sobre Bovinos de Carne. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. pp. 247-277.
- Plasse D., H. Fossi, R. Hoogesteijn, O. Verde, C. Rodríguez y R. Rodríguez. 2000b. Producción de vacas F_1 *Bos taurus* x Brahman apareadas con toros Brahman y de vacas Brahman con toros F_1 *Bos taurus* x Brahman versus Brahman. 1. Pesos al nacer, destete, 18 meses y peso final. *Lives. Res. Rural Dev.*, 12(4): <http://www.lrrd.org/lrrd12/4/plas124a.htm> [Diciembre 28, 2007]

- Plasse D., O. Verde, J. Arango, L. Camaripano, H. Fossi, R. Romero, C. Rodríguez y J. Rumbos. 2002a. (Co)variance components, genetic parameters and annual trends for calf weights in a Brahman herd kept on floodable savanna. *Genet. Mol. Res.*, 1: 282-297.
- Plasse D, O. Verde, H. Fossi, R. Romero, R. Hoogesteijn, P. Bastidas y J. Bastardo. 2002b. (Co)variance components, genetic parameters and annual trends for calf weights in a pedigree Brahman herd under selection for three decades. *J. Anim. Breed. Genet.*, 119: 141-153.
- Plasse D., O. Verde, J. Arango, H. Fossi, L. Camaripano, G. Llamozas, A. Pierre y R. Romero. 2004. Genetic and non-genetic trends for calf weights in a *Bos indicus* herd upgraded to pedigree Brahman Lives. *Res. Rural Dev.*, 16(7): <http://www.lrrd.org/lrrd16/7/plas16046.htm> [Febrero 15, 2008].
- Rodríguez Y. 2006. Factores no genéticos que afectan el crecimiento en vacunos Brahman registrados. Tesis Ing. Agr. Fac. Agronomía, Univ. Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Romero R. y D. Plasse. 1995. Crecimiento de Brahman, Guzerá, Nelore y sus cruces en un rebaño en pasto cultivado. *En* Plasse D., N. Peña de Borsotti y J. Arango (Eds.) XI Cursillo sobre Bovinos de Carne. Univ. Central de Venezuela, Fac. Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. pp. 249-287.
- Romero R., D. Plasse, O. Verde, R. Hoogesteijn, P. Bastidas y R. Rodríguez. 2001. Absorción de Brahman a Guzerá y Nelore en pasto mejorado 2. Pesos al nacer, destete y dieciocho meses. *Livest. Res. Rural Dev.*, (13): 1. Disponible en línea: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/romel31.htm> [Diciembre 15, 2007]
- SAS (Statistical Analysis System). 2004. SAS User's Guide. Ver. 9.1. SAS Institute Inc., Cary, EUA.

Efecto de la edad de la codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) y del aturdimiento eléctrico al momento del beneficio sobre las características de la canal

Marta E. Cori^{1*}, Vasco De Basilio², Rosana Figueroa Ruiz³, Coromoto Michelangeli⁴,
Rafael Galíndez² y Jhonel García¹

¹Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela (UCV). Apartado Postal 4579. Maracay 2101. Aragua. Venezuela. *Correo electrónico: martacori@gmail.com

²Instituto de Producción Animal, Facultad de Agronomía, UCV. Maracay, Aragua. Venezuela.

³Instituto de Ingeniería Agrícola, Facultad de Agronomía, UCV. Maracay, Aragua. Venezuela.

⁴Centro de Bioquímica Nutricional, Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV. Maracay, Aragua. Venezuela.

RESUMEN

Con el objeto de evaluar el efecto de la edad de la codorniz y del aturdimiento eléctrico al momento del beneficio sobre algunas características de la canal, se diseñó e implementó un sistema de aturdimiento eléctrico con 117 V AC, 17 mA, 60 Hz durante 4 s. Se evidenciaron los signos del choque electropléctico en las aves, la ausencia de fracturas en las canales y el tiempo de recuperación entre 2 y 3 minutos, lográndose así la adecuada insensibilización de los animales. Se beneficiaron codornices macho de 28-31, 42-45 y de 56-59 días de edad, con y sin la aplicación del aturdimiento eléctrico, observándose que con la edad se incrementó el peso vivo (109,8 a 127,9 g), el rendimiento de la canal fría (73,1 a 75,6%) y el peso de la carne de la canal (31,0 a 38,4 g) desde los 28-31 hasta los 42-45 días de edad, respectivamente. Se comprobó además que la edad no influyó en otras variables como la absorción de agua de la canal ni en la proporción de carne de la misma. El aturdimiento no afectó ninguna de las variables evaluadas. Los resultados indican que el beneficio de los animales entre 42 y 45 días permitiría garantizar ganancias al productor así como la satisfacción de las expectativas del consumidor, efectuándolo con aturdimiento eléctrico para asegurar el bienestar animal sin desmejorar características de la canal.

Palabras clave: codorniz, aturdimiento eléctrico, edad, canal, beneficio.

Effect of slaughter age of quail and the electrical stunning on some characteristics of the carcass

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of the slaughter age of quail and the electrical stunning on some characteristics of the carcass, an electrical stunning system was designed and implemented with 117 V AC, 17 mA, 60 Hz during 4 s. As a result, appropriate stunning of the animals was achieved, showing the signs of electroplectic shock in the birds, absence of fractures in carcasses and a recovery time between 2 and 3 minutes. Male quails of 28-31, 42-45, and 56-59 days were slaughtered with and without the application of electrical stunning. It was observed that with age there was an increase in live weight (109.8 to 127.9 g), cold carcass yield (73.1 to 75.6%) and weight of the carcass meat (31.0 to 38.4 g) from 28-31 to the 42-45 days, but age did not influence other variables such as carcass water absorption and proportion of meat of the carcass. Results indicate that slaughter of quails is appropriate at 42-45 days, since it enables the producer to obtain profits while satisfying consumer's expectations, with the application of the electrical stunning to guarantee the animal's welfare without being detrimental to the characteristics of the carcass.

Key words: quail, electrical stunning, age, carcass, slaughtering.

INTRODUCCIÓN

La codorniz pertenece al orden Galliformes, familia Fasiánidas, siendo la codorniz doméstica o codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) la más difundida a nivel mundial (Lázaro *et al.*, 2005). Esta especie es principalmente conocida en Venezuela por la producción de huevos (Ravel, 2006; Martínez, 1990), posee un peso promedio de 10 g al nacer, pero tiene un crecimiento muy rápido alcanzando entre los 35-45 días de edad un peso de 120 g el macho y 150 g la hembra (Lucotte, 1990). Dado que el reconocimiento de los sexos lo puede efectuar el productor fácilmente solo después de los 21 días (Lucotte, 1990), se deben criar machos y hembras hasta ese momento. En Venezuela, las hembras se destinan a la postura y los machos se venden en canal como un subproducto del sistema (Martínez, 1990). Datos de granjas de la zona central del país señalan que la tasa de crecimiento de la codorniz es mayor hasta aproximadamente la quinta semana de vida, momento a partir del cual tiende a disminuir el incremento de peso (Ravel, 2006). Por esta razón, los productores suelen beneficiar los machos para su venta un poco después de los 35 días de edad. La venta se realiza en canal por docena o por media docena, siendo poco importante el peso de las mismas, destinándose a la venta al detal, a restaurantes y a algunas cadenas de supermercados, aparte del consumo en la granja.

Dada la excelente tasa reproductiva, su adecuado índice de conversión del alimento, las mínimas exigencias que requiere su explotación y el rápido ciclo de crecimiento y desarrollo (Pérez y Pérez, 1974), la producción de la codorniz ha alcanzado mayor popularidad entre los pequeños y medianos productores del país. Hasta ahora su explotación se ha basado en la producción de huevos, por lo que resulta pertinente enfocar ciertos esfuerzos en conocer hasta qué punto la edad al beneficio afecta algunas características de la canal de la codorniz macho, incluyendo su peso y la carne producida, a fin de efectuar las recomendaciones más adecuadas a los productores que se inicien en la explotación de su carne. Pocas son las investigaciones que evalúan el efecto de la edad de la codorniz sobre las características de la canal. Yalcin *et al.* (1995), evaluaron en Turquía las características de la canal de codorniz macho sacrificada entre las 5 y las 9 semanas de vida con un intervalo de 7 días entre beneficios, determinando que

la edad influyó en el peso del ave y de la canal, pero no afectó el peso del hígado, tracto gastrointestinal, molleja, corazón ni el rendimiento en canal.

El sacrificio de las codornices en Venezuela es por degüello directo o por decapitación, sin insensibilización, métodos descritos por Pérez y Pérez (1974), a pesar de que la Gaceta Oficial de Venezuela (1997, 2000) señala que en los pasos de la faena de las aves (pollo, gallinas, gallos y pavos) se debe incluir un aturdimiento eléctrico previo al desangrado. El aturdimiento se realiza para minimizar la posibilidad del ave de sentir dolor durante o después del corte del cuello, inmovilizarla para garantizar que el corte de cuello se efectúa fácil y apropiadamente, para prevenir las convulsiones que ocurren durante el desangrado (Gregory, 1989; Turcsán *et al.*, 2001) y para facilitar el desangrado (Gracey, 1989), aunque como consecuencia de un proceso de aturdimiento eléctrico se pueden presentar, en la canal, hemorragias musculares y fracturas (Gracey, 1989). Escasos estudios han sido desarrollados sobre la influencia de las condiciones del sacrificio sobre las características de la canal de la codorniz. Tserveni Gousi *et al.* (1999) compararon el efecto de dos métodos de insensibilización, electroshock (275 V, 60 mA, 50 Hz por 4 s) y atmósferas modificadas, sobre la proporción de huesos rotos y aparición de hemorragias al trabajar con *Coturnix coturnix japonica*, encontrando que al emplear ciertas atmósferas modificadas como método de aturdimiento-muerte, se eliminó el problema de los huesos fracturados durante el beneficio y se disminuyó significativamente la aparición de hemorragias en los músculos de la pechuga y pierna de las aves al compararse con aquellas beneficiadas por aturdimiento mediante electroshock y degüello posterior.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la edad y del aturdimiento eléctrico al momento del beneficio sobre algunas características de la canal de la codorniz macho.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experimentación con los animales se realizó en la Sección-Laboratorio de Aves de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, para lo cual se acondicionaron dos galpones: uno para ser utilizado como sala de beneficio y el otro para la cría de las codornices. Dicha Sección está

ubicada a 480 msnm, a 10° 17' 14" N y 67° 36' 2" O, con valores promedios anuales de humedad relativa, precipitación y temperatura de 67,5%, 1.100 mm y 24,7°C, respectivamente (CENIAP-INIA 2007, comunicación personal).

Sistema de aturdimiento de codornices

Con respecto al sistema de aturdimiento, solo se contaba como puntos de referencia con la información que existe a nivel internacional para pollos y pavos, y un trabajo de investigación donde se empleó un aturdimiento eléctrico en codornices (Tserveni Gousi *et al.*, 1999). Así, con base en el estudio de estos autores y en los trabajos de Bilgili (1999) y Gregory (1989) se construyó un sistema, con materiales poco sofisticados, que funciona colocando al ave en un gancho metálico conectado a tierra, logrando así que el animal complete un circuito eléctrico. La corriente alterna es provista por un tablero equipado con breakers de modo que su paso puede ser regulado hasta una tina de acero inoxidable aislada con una capa de fibra de vidrio y que contiene agua. La tina está ubicada sobre una superficie de material aislante (plástico); el contacto del ave con el agua contenida en la tina se realiza con la ayuda de un gancho de cobre al cual se cuelga el ave por ambas patas y que está conectado a tierra a través de un cable, cerrándose entonces el circuito cuando el animal tiene contacto con el agua de la tina. La inmersión de la cabeza del animal en el agua por el tiempo pautado se controla por medio de un pedal que se comunica con el gancho de cobre a través de un hilo de nylon, produciendo el efecto de subir y bajar el animal, y evitando así arriesgar la seguridad del operario encargado.

El voltaje, amperaje, frecuencia y tiempo de exposición utilizados fueron establecidos una vez lograda la eficiencia en la insensibilización de los animales, mediante el método de respuesta a un estímulo físico en una de las patas del animal (Bremner, 1977; Tserveni Gousi *et al.*, 1999) y mediante la aparición de los signos del choque electroléctico (Gracey, 1989). Adicionalmente, se evaluó la presencia o no de fracturas en la canal y el tiempo de recuperación del aturdimiento, a fin de garantizar que el ave sería degollada y desangrada estando aún aturrida.

Para la instalación de las siguientes áreas de la sala de beneficio se siguió el diseño propuesto y validado

conjuntamente con García (2007). Para el desangrado se empleó una estructura dotada de conos plásticos, adaptados al tamaño de la codorniz, con la finalidad de que solo pudiera ser introducida la cabeza del animal a través del orificio del cono. El escaldado se efectuó en un recipiente metálico con agua potable calentada por combustión a gas. La cesta para el escaldado se conectó a una polea anclada en el techo del galpón para su fácil manipulación. El desplumado, corte de cabeza y patas y eviscerado se realizaron manualmente en mesones de acero inoxidable. El corte de patas se efectuó a nivel de la articulación metatarsiana y el de la cabeza por sección del cuello a nivel de la primera vértebra cervical. El eviscerado se realizó a través de una incisión ventral y extracción de las vísceras abdominales no adheridas a la canal. El pre-enfriamiento (10-12°C) y enfriamiento (0-2°C) de las canales se llevó a cabo en recipientes de plástico provistos de agua potable enfriada con hielo. Se dispuso de un recipiente plástico horadado para el escurrimiento de las canales antes de su empacado en bolsas de polietileno y almacenamiento (0-4°C) en cava con hielo picado hasta las 6 h *postmortem* para su posterior evaluación.

Evaluación del efecto de la edad y del aturdimiento eléctrico

A partir de un lote de 200 codornices macho de 23-26 días de edad provenientes de una granja comercial, de la línea de ponedoras, se seleccionaron 168 aves y se alojaron en 24 jaulas con 7 animales cada una, ocupando una superficie efectiva de 247 cm²/animal, excluyendo las áreas de comedero y bebedero. El peso promedio de los animales en cada una de las jaulas fue similar (aproximadamente 108 ±10 g). Durante el período experimental, se empleó un alimento comercial, conteniendo en base seca 24,41% de proteína cruda, 9,23% de cenizas, 5,06% de fibra cruda, 11,72% de extracto etéreo y 49,58% de extracto libre de nitrógeno. Tanto el agua como el alimento fueron suministrados *ad libitum*.

Se evaluaron seis tratamientos con cuatro repeticiones siguiendo un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2x3, siendo los factores evaluados, método de sacrificio y edad. El sacrificio se realizó mediante degüello con y sin la aplicación del aturdimiento previo (117 V AC, 17 mA, 60 Hz, 4 s) realizando una incisión de carótida y yugular a nivel de la base del cuello (Pérez y Pérez,

1974). Los tres rangos de edades fueron 28-31, 42-45 y 56-59 días. Como puede observarse se manejaron intervalos de edades y no valores puntuales, debido a la poca precisión que se tenía en la fecha exacta de nacimiento, dado que el período de eclosión de los huevos en las máquinas necedoras puede durar de dos a tres días.

Los animales fueron sometidos a 12 h de ayuno y consumo de agua *ad libitum* antes del sacrificio (Gaceta Oficial de Venezuela, 1997; Tserveni Gousi *et al.*, 1999; Oliveira *et al.*, 2005; Mori *et al.*, 2005). Una vez que se efectuaba o no la aplicación del aturdimiento eléctrico a las aves, se siguió el método empleado por Yalcin *et al.* (1995), Gaceta Oficial de Venezuela (1997) y Oliveira *et al.* (2005) para lo cual los animales fueron degollados y luego desangrados por 4 minutos; las aves fueron sumergidas en un baño de agua a 53°C por dos minutos y las plumas fueron removidas manualmente. Después de un lavado, corte de cabeza y patas, las aves fueron evisceradas manualmente y las canales obtenidas fueron sometidas al proceso de pre-enfriamiento y enfriamiento por 15 minutos cada uno, tal y como se explicó previamente, para luego ser refrigeradas en empaques de polietileno hasta las 6 horas *postmortem* para las evaluaciones correspondientes.

La unidad experimental para esta evaluación correspondió al conjunto de cuatro aves de las siete colocadas en cada jaula, evaluándose las siguientes variables: rendimiento de canal fría, entendido como (peso de la canal fría/peso vivo) x 100, peso de la canal caliente (antes del enfriamiento en agua potable) y canal fría (después del enfriamiento), absorción de agua de la canal (Covenin, 1986), pesos y proporciones de: sangre (Goksoy *et al.*, 1999; McNeal *et al.*, 2003), vísceras totales y vísceras comestibles (hígado, corazón y molleja), carne total, carne de pechuga y de la pierna. A fin de minimizar el error por absorción de agua en el plumaje para la evaluación de la proporción de sangre liberada, se humedeció la cabeza de las aves no aturridas también. La absorción de agua de la canal y la carne total, de pechuga y de pierna fueron evaluadas en las canales a las 6 h *postmortem*. La carne de la pechuga correspondió al músculo pectoral torácico y al músculo supracoracoideo (Shively, 1987) y la carne de la pierna estuvo conformada por los músculos que recubren el fémur y la tibia del ave (Schwarze y Schroder, 1970).

Una vez probado el cumplimiento de los supuestos del análisis de varianza, se procedió a efectuar el análisis para cada una de las variables evaluadas y en aquellos casos donde se encontraron diferencias significativas se ejecutó la prueba de medias de Tukey, empleando un nivel de significación de 5%. Los datos fueron analizados con el programa SAS (1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sistema de aturdimiento de codornices

Sobre la base de una prueba piloto usando 8 aves, 4 de ellas de 30 días de edad, con pesos entre 50 y 80 g y 4 aves de 48 días con pesos entre 130 y 140 g, se observó que al emplear 117 V de corriente alterna, 17 mA, 60 Hz por 4 s, todas las aves mostraron los signos del choque electropléctico y la sensibilidad en las patas y resto del cuerpo se comenzó a recobrar en todos los casos entre los dos y tres minutos luego del aturdimiento. Asimismo, en el caso de los animales aturridos, se observó que la labor del corte del cuello de las aves era efectuada a mayor velocidad, de manera más segura y sin las contracciones del cuerpo de las aves, lo cual en general obstaculiza el normal desenvolvimiento de las actividades en el área.

Adicionalmente, a través de ensayos de validación de la sala de beneficio, con una muestra de 11 aves del lote, no se observó la incidencia de fracturas en las canales sometidas al aturdimiento, lo cual contrasta con los resultados de Tserveni Gousi *et al.* (1999) quienes encontraron que aturdiendo eléctricamente las codornices se generaban huesos rotos en las canales, principalmente del área pectoral.

Efecto de la edad y del aturdimiento eléctrico

El peso vivo del animal aumentó hasta los 42-45 días, no presentando diferencias estadísticamente significativas al compararse con los pesos de los animales de 56-59 días (128 g). En animales de 28-31 días (109,8 g de peso) días esta variable es estadísticamente inferior (Cuadro 1).

La tendencia observada en el peso vivo con respecto a la edad es lógica y coincide con lo reportado por Oliveira *et al.* (2005) con codornices macho cuyos pesos fueron 123,6, 172 y 183,4 g a los 28, 42 y 56 días, respectivamente. Yalcin *et al.* (1995), por su parte, encontraron para la codorniz japónica macho, valores de 144, 166 y 162 g a los 35, 42 y 56 días,

Cuadro 1. Efecto de la edad y del aturdimiento eléctrico en el peso vivo, peso y rendimiento de la canal fría y en la absorción de agua de la canal de la codorniz macho (media \pm desviación estándar).

Tratamiento	Peso vivo	Peso canal caliente	Peso canal fría	Rendimiento canal fría	Absorción de agua
	g/ave	----- g -----	----- g -----	----- % -----	----- % -----
<u>Edad, d</u>					
28-31	109,8 \pm 11,7b [†]	75,5 \pm 9,4b	80,4 \pm 11,2b	73,1 \pm 3,6b	6,3 \pm 3,2
42-45	127,8 \pm 5,7a	90,8 \pm 4,3a	96,7 \pm 4,9a	75,6 \pm 1,4ab	6,4 \pm 1,6
56-59	128,0 \pm 4,6a	90,9 \pm 5,5a	98,1 \pm 3,9a	76,7 \pm 1,5a	8,1 \pm 5,5
P	0,0005	0,0003	0,0007	0,0188	0,5946
<u>Aturdimiento</u>					
Sin	121,2 \pm 11,9	83,7 \pm 9,2	90,0 \pm 10,3	74,2 \pm 1,7	7,5 \pm 4,4
Con	122,6 \pm 11,7	87,9 \pm 10,4	93,4 \pm 11,6	76,0 \pm 3,3	6,3 \pm 2,9
P	0,6870	0,1592	0,3070	0,0652	0,4578
Interacción	n.s. [‡]	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
CV§	7,40	8,68	8,68	3,05	56,75

[†] En cada columna valores seguidos de letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) de acuerdo a la prueba de Tukey.

[‡] n.s. = no significativa ($P > 0,05$).

[§] CV = Coeficiente de variación.

respectivamente. Hyankova *et al.* (1997) reportaron 108,1 g para machos de codorniz japónica de 28 días y 120,7 g para los de 35 días, siendo estos últimos similares a los resultados obtenidos en el presente trabajo. En granjas de la zona central de Venezuela, Ravel (2006) trabajando con codornices macho encontró valores de 108 g para animales de 35 días y de 120 g para los de 42 y 49 días, por lo cual se puede afirmar que los pesos reportados en el presente estudio son representativos de las codornices de la región central del país. Se puede hacer referencia igualmente a algunos valores puntuales de peso vivo de codornices macho en el momento del beneficio, como el caso de Pérez y Pérez (1974) que reportaron 94,5 g como peso promedio y Genchev *et al.* (2005) quienes señalan 171,6 g para animales de 31 días de edad.

Los valores y tendencias encontrados coinciden de forma general con información de la bibliografía consultada, siendo atribuibles las diferencias obtenidas a múltiples factores, entre los que están la genética, el alimento suministrado e inclusive las circunstancias bajo las cuales se efectuó el pesaje

de los animales, pues se ha encontrado que en una codorniz con un ayuno de 12 horas la merma del peso vivo puede ser de 9,3%, pero si el tiempo de ayuno es inferior también disminuye la merma de peso (Becker *et al.*, 1985).

El mismo comportamiento del peso vivo se observó para el peso de la canal, caliente y fría. Algunos trabajos señalan valores de peso de canal superiores a los encontrados en el presente estudio, como el de Díaz *et al.* (2005) quienes señalaron 105,3 g para machos de 45 días de las granjas andinas encuestadas. Por su parte, Tserveni Gousi y Yannakopoulos (1986) obtuvieron 134,73 g para machos de 42 días, mientras que otros trabajos (Pérez y Pérez, 1974) reportaron valores inferiores de 69,08 g, o bien bastante similares con 93,12 g para machos de 35 días (Kirkpınar y Oguz, 1995). Estas diferencias de peso pudieran deberse principalmente al material genético utilizado, dada una posible selección de codornices para engorde a fin de lograr animales con un peso en canal de 134 g.

La falta de diferencias estadísticas entre los valores de peso vivo, peso de canal y rendimiento para las edades 42-45 y 56-59, indica que no pareciera

rentable hasta este punto el empleo de animales de la última edad, pues el consumo del alimento durante esos 15 días adicionales no se tradujo en incrementos de peso importantes, lo cual se confirma con los valores obtenidos en un estudio previo realizado por el equipo de trabajo, donde se aprecia que desde los 28-31 días hasta los 42-45 días se observó una conversión de 19,8, valor cercano al reportado por Almeida *et al.* (2002) de 21,56 para el período entre 28 y 42 días, pero inferior estadísticamente al obtenido en el presente trabajo entre 28-31 días y 56-59 días de 37,1. Este último valor refleja algo que se hacía evidente en el galpón del ensayo, como lo era el comportamiento desordenado de los animales sobre el comedero, facilitando la caída del mismo al piso pero contabilizándose como alimento consumido.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las tres edades evaluadas para el para la proporción de agua absorbida durante el enfriamiento. Tampoco hubo efecto del aturdimiento eléctrico aplicado ($P > 0,05$) para esta variable ni para el peso de las canales frías y calientes (Cuadro 1). La proporción de agua absorbida tuvo un valor promedio de 6,9%, ajustándose a lo señalado en la Norma Venezolana Covenin (1986) correspondiente a pollo beneficiado y a la Gaceta Oficial de Venezuela (1997), que establecen como máximo permitido de agua absorbida para la canal escurrida un valor de 12%.

Con respecto al rendimiento en canal, Yalcin *et al.* (1995) no observaron diferencias entre los valores de machos con edades comprendidas entre 5 y 9 semanas, reportando valores entre 69 y 72%, ligeramente inferiores a los señalados en el Cuadro 1. Otras investigaciones que presentan valores de rendimiento de codorniz macho inferiores a los del presente trabajo son Martínez (1990) con 69,5%, Kirkipinar y Oguz (1995) con 70,9%, Hamm y Ang (1982) con 70% y Caron *et al.* (1990) con 71,7%, mientras que hay otros que son similares como los de Díaz *et al.* (2005) y Pérez y Pérez (1974) con valores de 83,1 y 73,1%, respectivamente. En algunos de estos trabajos no se describe detalladamente el proceso de beneficio del ave, por lo cual no se puede asegurar que se trate de los valores de rendimiento de la canal fría, pero dado a que este es el producto que se debería obtener al finalizar la faena se decidió asumirlo así para hacer las comparaciones correspondientes.

Con respecto a la proporción de sangre liberada, Newell y Shaffner (1950) señalaron que después del corte de cuellos, en el caso de los pollos, existió una pérdida del 35 al 50% de la sangre total, lo cual representó entre 3,3 y 4% del peso vivo. Los valores obtenidos en el presente trabajo oscilaron entre 2,1 y 3,5% y fueron similares a los reportados por Pérez y Pérez (1974) de 3,31% y por Singh y Panda (1987) de 3,96%. Lambooij *et al.* (1999) reportaron en pollos aturridos eléctricamente que el peso de la sangre liberada correspondía al 2,85%, valor muy similar al del presente trabajo. Craig *et al.* (1999) no hallaron diferencias estadísticamente significativas en la proporción de sangre liberada del cuerpo de pollos aturridos y de pollos sin recibir aturdimiento eléctrico, siendo en ambos casos 3,47%, lo cual coincide con los resultados que se muestran en el Cuadro 2. Este fenómeno se podría atribuir a las observaciones de Buhr *et al.* (1997), quienes notaron que el incremento de peso de las aves por el aturdimiento eléctrico (absorción de agua en el plumaje) o la excreción a través de la cloaca afectaban las mediciones de peso. Esto pudiera llevarnos a la consideración de que realmente no existen diferencias o que las mismas son tan sutiles, dado los pequeños volúmenes de sangre liberada correspondientes a la codorniz, que no pueden ser evidentes debido al agua absorbida en el plumaje de las aves.

Se presentaron diferencias entre las proporciones de sangre liberada, tendiendo a ser menor en la medida en que aumenta la edad del animal, sin embargo esta tendencia no se pudiera considerar concluyente, debido a que la cantidad de agua absorbida por el plumaje de las aves depende de la edad y del tamaño de la codorniz, pero al existir variación en la cantidad de plumas inclusive para animales de la misma edad y otros factores que afectan esta absorción de agua (como por ejemplo el movimiento de las aves en el gancho) se sugiere que en futuros estudios se mejore la metodología para la evaluación de esta variable.

En vista de que los pesos de cabeza y patas, vísceras comestibles y vísceras totales no aumentan significativamente con la edad (Cuadro 3), pero sí se incrementa el peso vivo (Cuadro 1), es lógico que las proporciones de estas variables con respecto al peso vivo tiendan a disminuir con la edad (Cuadro 2), observándose una reducción significativa entre los valores de los animales de 28-31 y los de 56-59 días, pero no entre la edad mayor y los 42-45 días, siendo

Cuadro 2. Efecto de la edad y del aturdimiento eléctrico sobre el peso de diferentes porciones del cuerpo y de la canal de la codorniz macho (media \pm desviación estándar).

Tratamiento	Cabeza y patas	Visceras totales	Visceras comestibles	Sangre	Carne de pechuga	Carne de pierna	Carne total
	----- g/100 g peso vivo -----				----- g/100 g canal -----		
<u>Edad, d</u>							
28-31	8,8 \pm 0,8a†	14,6 \pm 0,6a	6,3 \pm 0,3a	3,5 \pm 0,8a	23,5 \pm 1,1	15,2 \pm 1,6	38,7 \pm 1,9
42-45	7,9 \pm 0,3b	12,9 \pm 0,8b	5,6 \pm 0,3b	3,4 \pm 1,7ab	24,0 \pm 1,1	15,4 \pm 0,4	39,8 \pm 1,3
56-59	8,1 \pm 0,7ab	12,5 \pm 1,2b	5,4 \pm 0,5b	2,1 \pm 0,7b	24,3 \pm 0,8	15,9 \pm 0,6	39,9 \pm 1,2
P	0,0317	0,0005	0,0004	0,0296	0,2802	0,3460	0,2142
<u>Aturdimiento</u>							
Sin	8,1 \pm 0,7	13,7 \pm 1,1	5,7 \pm 0,5	3,2 \pm 1,4	23,8 \pm 0,9	15,4 \pm 0,7	39,4 \pm 1,1
Con	8,5 \pm 0,7	13,1 \pm 1,4	5,7 \pm 0,6	2,8 \pm 1,1	24,1 \pm 1,2	15,6 \pm 1,3	39,4 \pm 1,9
P	0,1163	0,1369	0,8064	0,3961	0,5678	0,5430	0,9681
Interacción	n.s. ‡	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
CV§	7,42	6,82	6,60	37,34	4,44	5,95	3,75

† En cada columna valores seguidos de letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) de acuerdo a la prueba de Tukey.

‡ n.s.= no significativa ($P > 0,05$).

§ CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 3. Efecto de la edad y del aturdimiento eléctrico en el peso de algunas porciones del cuerpo y de la canal de la codorniz macho. Valores para un ave. (media \pm desviación estándar).

Tratamiento	Cabeza y patas	Visceras totales	Visceras comestibles	Sangre	Carne de pechuga	Carne de piernas	Carne total
	----- g -----						
<u>Edad, d</u>							
28-31	9,6 \pm 1,1	16 \pm 1,3	6,9 \pm 0,7	3,8 \pm 0,7	18,9 \pm 2,9b†	12,1 \pm 1,6b	31,0 \pm 4,2b
42-45	10,1 \pm 0,6	16,6 \pm 1,3	7,1 \pm 0,5	4,3 \pm 2,1	23,5 \pm 1,3a	14,9 \pm 0,8a	38,4 \pm 1,9a
56-59	10,4 \pm 0,8	16,01 \pm 1,4	6,8 \pm 0,6	2,7 \pm 0,9	23,6 \pm 1,5a	15,6 \pm 1a	39,2 \pm 2,4a
P	0,1781	0,6197	0,6618	0,0668	0,0004	0,0001	0,0001
<u>Aturdimiento</u>							
Sin	9,7 \pm 0,7	16,5 \pm 1,1	6,9 \pm 0,6	3,8 \pm 1,7	21,5 \pm 2,9	14,0 \pm 1,6	35,5 \pm 4,5
Con	10,4 \pm 0,9	15,9 \pm 1,5	6,9 \pm 0,6	3,3 \pm 1,1	22,5 \pm 3,1	14,4 \pm 2,2	36,9 \pm 5,1
P	0,0756	0,3548	0,9350	0,3537	0,2457	0,4987	0,2928
Interacción	n.s. ‡	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
CV§	8,27	8,29	8,90	37,40	9,66	8,43	8,61

† En cada columna valores seguidos de letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) de acuerdo a la prueba de Tukey.

‡ n.s.= no significativa ($P > 0,05$).

§ CV = Coeficiente de variación.

los valores para vísceras comestibles muy similares a los reportados por Pérez y Pérez (1974) de 5,7% y ligeramente superiores a los de Correa *et al.* (2005) de 4,12%, referidos todos al peso vivo de codornices macho. Yalcin *et al.* (1995) no encontraron diferencias significativas en el peso relativo del hígado, molleja y corazón con respecto a peso de la canal para codornices macho a las 5, 6, 7, 8 y 9 semanas de edad.

En la proporción de cabeza y patas con respecto al peso vivo, se observó una relación inversa con respecto a la edad, con diferencias estadísticamente significativas, lo cual indica que entre los 28 y los 45 días la mayor deposición de músculo y hueso en las aves no es en las patas ni cabeza, razón que favorece aún más la idea de que la edad más apropiada para el beneficio estaría alrededor de 42-45 días. Según Pérez y Pérez (1974), la cabeza y patas en conjunto representan 8,9% del peso vivo en codornices macho de 94,5 g de peso vivo, valor cercano a los obtenidos en el presente estudio, mientras que Tserveni Gousi y Yannakopoulos (1986) encontraron 6,84% para la codorniz macho de 175 g de peso vivo.

El peso de la carne de pechuga, de la pierna y de la carne total aumentaron significativamente con la edad de las aves (Cuadro 3), pero no lo suficiente para que sus proporciones relativas al peso de la canal fría, que también aumentó (Cuadro 1), se manifiesten en diferencias estadísticamente significativas, lo cual explica los valores de $P > 0,05$ obtenidos para estas tres variables con respecto a la edad en el Cuadro 2. Para las aves de 28-31 días las proporciones de carne de pechuga y de pierna obtenidas en el presente trabajo con respecto al peso vivo fueron respectivamente 16,1 y 10,4%, siendo por tanto inferiores a la proporción de carne de pechuga con respecto al peso vivo de codornices macho de 31 días encontrada por Genchev *et al.* (2005) (19,11%) y muy similar a la proporción de carne de muslo (11,4%). Los valores del Cuadro 2 son inferiores a los señalados por Singh y Panda (1987) de 30,62% para la carne de pechuga y 17,76% para la carne de muslo, con respecto al peso de la canal, siendo evidentemente éstas últimas aves seleccionadas para engorde. Caron *et al.* (1990) encontraron que la carne de la pechuga de las codornices por ellos estudiadas representó 21,3% del peso vivo, mientras que la carne del muslo el 9,3%, valores inferiores a los obtenidos en este trabajo. Otros estudios señalan cifras superiores, como el de Hamm y Ang (1982), donde la proporción de carne total en la canal fue 61,3%, y el de Correa

et al. (2005) donde el peso de la carne de pechuga con respecto al peso vivo fue 27,99%. Es importante resaltar la similitud en los valores de rendimiento de carne de las canales de las codornices del presente trabajo, con respecto a otros reportados en la bibliografía, siendo inferior en algunos casos donde evidentemente se trata de animales seleccionados para engorde.

Por otro lado no se encontró efecto del aturdimiento en el peso ni la proporción de las vísceras totales, vísceras comestibles, cabeza y patas, carne de pechuga, carne de pierna y carne total, no existiendo igualmente interacción de los factores para ninguna de las variables evaluadas.

Con respecto a la edad recomendada para el beneficio de los animales, los resultados obtenidos en las variables peso vivo, peso de canal caliente, peso de canal fría y rendimiento de canal fría parecieran indicar que es conveniente beneficiar la codorniz macho a 42-45 días, momento después del cual no se aprecian cambios significativos que pudieran justificar, basándonos en estas variables, el sacrificio a 56-59 días. Sin embargo, además de estos indicadores hay que considerar el costo implicado en llevar a los animales hasta la edad de beneficio y con base en los datos obtenidos en un estudio previo por el equipo de trabajo, al productor le pagarán igual la canal si beneficia a los 28, 42 o 56 días, dado que hasta ahora en Venezuela la codorniz suele comercializarse por media docena o docena de canales, no importando su peso y con animales de 28 días recibiría Bs. 0,97 por canal como ganancia, lo cual es superior a lo que obtendría a las otras dos edades evaluadas. Sin embargo, a los 42 días recibiría aún ganancia (0,44 Bs./canal) y además el peso de las canales y peso de la carne serían mayores, ajustándose probablemente de manera más apropiada a las expectativas del consumidor y por ende garantizándose su venta, mientras que el costo total acumulado a los 56 días supera en Bs. 0,06 al precio de venta de cada canal, confirmándose una vez más la inconveniencia de esperar hasta esta última edad para el beneficio del ave. En dicho estudio también se calculó el número de lotes generados anualmente a cada edad de beneficio, concluyéndose que con la faena a los 28 días se generan 10 lotes/año, que equivale a 3 lotes más que a los 42 días y 4 más que a los 56 días, pero las características de la canal a los 28 días no garantizaría posiblemente la satisfacción del consumidor exigente, con lo cual se

apoya una vez más la idea del beneficio de la codorniz macho entre los 42-45 días. Sin embargo, el beneficio a los 28 días se podría justificar solo si se garantiza la venta de la canal a un consumidor que tenga posiblemente un menor grado de exigencia, ya que a esta edad el productor percibiría una mayor ganancia por canal y generaría un mayor número de canales al año.

CONCLUSIONES

El sistema de aturdimiento diseñado e implementado para el beneficio de codornices permitió evidenciar la insensibilización de las aves por la presentación de los signos del choque electropléctico, no teniendo efecto sobre las variables evaluadas, no observándose además fracturas en las canales y siendo la recuperación de los animales entre los dos y tres minutos posteriores a la aplicación del mismo.

La edad del beneficio de la codorniz macho afectó el peso vivo, peso de la canal, peso de la carne y el rendimiento de la canal fría incrementándolas hasta los 42-45 días, no teniendo efecto en la proporción de carne en la canal.

Las implicaciones de este estudio son evidentes, pues por un lado le da la oportunidad al pequeño, mediano o gran productor de codornices en Venezuela de implementar un sistema de aturdimiento para el beneficio del ave que permita su insensibilización, dar cumplimiento al marco legal y mayor facilidad para las labores del operador, resultando así altamente conveniente, mientras que por otro lado le da bases para decidir si beneficiar a los 42-45 días, edad a la cual se pueden percibir ganancias y satisfacer las expectativas de un consumidor exigente, o a los 28-31 días, justificándose esta última edad siempre y cuando se pueda garantizar la venta de las canales, pues esto generaría para el productor mayores ganancias asociadas a menores costos de producción.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer al CDCH de la UCV por el financiamiento de este trabajo a través de los proyectos PG 01-00-6536-2006 y 01-36-5271-2003.

LITERATURA CITADA

Almeida M., E. Oliveira, P. Ramos, N. Veiga y K. Dias. 2002. Growth performance of meat male

quails (*Coturnix* sp.) of two lines under two nutritional environments. *Arch. Vet. Sci.*, 7(2): 103-108.

Becker W., S. Worden y L. Mirosh. 1985. Body and abdominal fat weight reduction upon feed withdrawal in *Coturnix* quail. *Poultry Sci.*, 64: 597-599.

Bilgili S. 1999. Recent advances in electrical stunning. *Poultry Sci.*, 78: 282-286.

Bremner A. 1977. Higiene e Inspección de Carne de Aves. Editorial Acribia. Madrid, España.

Buhr R., J. Cason y G. Rowland. 1997. Feather retention force in broilers ante-, peri- and post-mortem as influenced by electrical and carbon dioxide stunning. *Poultry Sci.*, 76: 1602-1606.

Caron N., F. Minvielle, M. Desmarais y L. Poste. 1990. Mass selection for 45-day body weight in japanese quail: selection response, carcass composition, cooking properties, and sensory characteristics. *Poultry Sci.*, 69: 1037-1045.

Covenin (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1986. Norma 2343-86: Pollo beneficiado. Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas, Venezuela.

Correa G., M. Silva, D. Fontes, A. Correa, A. Euler, A. Fridrich, I. Ferreira, R. Ventura, J. Rufino y B. Valente. 2005. Efeito de diferentes níveis de proteína e energia sobre o rendimento de carcaca de codornas europeiza. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 57(2): 266-271.

Craig E., D. Fletcher y P. Papinaho. 1999. The effects of antemortem electrical stunning and postmortem electrical stimulation on biochemical and textural properties of broiler breast meat. *Poultry Sci.*, 78: 490-494.

Díaz C., R. Doraida, L. Valera y H. Cabrera. 2005. Manejo e índices productivos en las granjas de codornices en los andes venezolanos. *Agric. And.* 10: 38-46.

Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. 1997. Gaceta N° 36.291. Resolución Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Caracas, Venezuela.

- Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. 2000. Gaceta N° 37.035. Resolución Ministerios de Producción y Comercio y de Salud y Desarrollo Social. Caracas, Venezuela.
- García J. 2007. Diseño y validación de una unidad de aturdimiento y beneficio de codornices. Tesis Pregrado. Fac. Agronomía. Univ. Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Genchev A., S. Ribarski, G. Afanasjev y G. Blohin. 2005. Fattening capacities and meat quality of japanese quails of faraón and white english breeds. *J. Cent. Europ. Agric.*, 6(4): 495-500.
- Goksoy E., L. Mckinsty, L. Wilkins, I. Parkman, A. Phillips, R. Richardson y M. Anil. 1999. Broiler stunning and meat quality. *Poultry Sci.*, 78: 1796-1800.
- Gracey J. 1989. Higiene de la Carne. 8^{va} ed. Interamericana Mc Graw Hill. Madrid, España.
- Gregory N. 1989. Stunning and slaughter. *En* Mead G. (Ed.) *Processing of Poultry*. Chapman & Hall. Londres, Inglaterra. pp. 31-63.
- Hamm D. y C. Ang. 1982. Nutrient composition of quail meat from three sources. *J. Food Sci.*, (47): 1613-1617.
- Hyankova L., L. Dedkova, H. Knizetova y D. Klencker. 1997. Responses in growth, food intake and food conversion efficiency to different dietary protein concentrations in meat-type lines of Japanese quail. *Br. Poultry Sci.*, 38: 564-570.
- Kirkpinar F. e I. Oguz. 1995. Influence of various dietary protein levels on carcass composition in the male Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Br. Poultry Sci.*, 36: 605-610.
- Lambooj E., C. Pieterse, S. Hillebrand y G. Dijksterrhuis. 1999. The effects of captive bolt and electrical stunning and restraining methods on broiler meat quality. *Poultry Sci.*, 78: 600-607.
- Lázaro R., M. Serrano y J. Capdevila. 2005. Nutrición y alimentación de avicultura complementaria: codornices. XXI Curso de Especialización FEDNA. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Madrid, España. Disponible en línea: http://www.wpsa-aeca.com/img/informacion/24_05_18_CAP_XV.pdf [03/11/2006]
- Lucotte G. 1990. La codorniz, Cría y Explotación. 2^{da} ed. Ediciones MundiPrensa. Madrid, España.
- Martínez C. 1990. Evaluación del potencial productivo de la codorniz (*Coturnix coturnix*) existente en granjas comerciales del estado Aragua. Tesis Pregrado, Fac. Agronomía. Univ. Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- McNeal W., D. Fletcher y R. Buhr. 2003. Effects of stunning and decapitation on broiler activity during bleeding, blood loss, carcass and breast meat quality. *Poultry Sci.*, 82:163-168.
- Mori C., E. García, A. Pavan, A. Piccinin y C. Hachón. 2005. Desempenho e rendimento de carcasa de quatro grupos genéticos de codornas para producao de carne. *Rev. Bras. Zootec.*, 34(3): 870-876.
- Newell G. y C. Shaffner. 1950. Blood loss by chickens during killing. *Poultry Sci.*, 29: 271-275.
- Oliveira E., M. Almeida, A. Mendes, R. Oliveira y N. Veiga. 2005. Avaliação sensorial de carne de codornas para corte, abatidas aos 35, 56 e 77 dias de idade. *Vet. Zootec.*, 12 (1): 61-68.
- Pérez y Pérez F. 1974. *Coturnicultura*. Editorial Científico Médica. Barcelona, España.
- Ravel P. 2006. Diagnóstico de las características productivas y reproductivas de la codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) en la zona central de Venezuela. Tesis Pregrado. Fac. Agronomía. Univ. Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- SAS (Statistical Analysis Software). 1989. SAS/STAT User's Guide, Ver. 6, SAS Institute Inc., Cary, EUA.
- Schwarze E. y L. Schroder. 1970. Compendio de Anatomía Veterinaria. Editorial Acribia. Madrid, España.
- Shively M. 1987. Anatomía Veterinaria Básica, Comparativa y Clínica. Editorial El Manual Moderno. Ciudad de México, México.

- Singh R. y B. Panda. 1987. Comparative carcass and meat yields in broiler and spent quails. *Indian J. Anim. Sci.*, 57: 904-907.
- Tserveni Gousi A. y A. Yannakopoulos. 1986. Carcase characteristics of Japanese quail at 42 days of age. *Br. Poultry Sci.*, 27: 123-127.
- Tserveni Gousi A., A. Raj y M. O'Callaghan. 1999. Evaluation of stunning/killing methods for quail (*Coturnix japonica*): bird welfare and carcase quality. *Br. Poultry Sci.*, 40: 35-39.
- Turcsán Z., J. Szigeti, L. Varga, L. Farkas, E. Birlas y J. Turcsán. 2001. The effects of electrical and controlled atmosphere stunning methods on meat and liver quality of geese. *Poultry Sci.*, 80: 1647-1651.
- Yalcin S., I. Oguz y S. Otles. 1995. Carcase characteristics of quail (*Coturnix coturnix japonica*) slaughtered at different ages. *Br. Poult. Sci.*, 36: 393-399.

Influencia del contenido proteico en el crecimiento de alevines de bagre yaque, *Leiarius marmoratus*, alimentados con concentrados comerciales

José A. Mora Sánchez^{1*}, Francis Moyetones¹ y Miguel Jover Cerdá²

¹Estación de Piscicultura, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" Apartado Postal 400, Barquisimeto, Lara. Venezuela. *Correo electrónico: jmora@ucla.edu.ve

²Grupo de Investigación en Recursos Acuícolas. Dep. de Ciencia Animal. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

RESUMEN

Se realizó un ensayo de alimentación para evaluar el efecto de 28, 32 y 36% de proteína cruda en concentrados comerciales extrusionados sobre el crecimiento de alevines de bagre yaque, *Leiarius marmoratus*. Un total de 180 alevines (20,3 g) fueron dispuestos en 12 jaulas (0,5 m³), con cuatro réplicas por tratamiento. Las jaulas se distribuyeron al azar en cuatro tanques (2,0 m³), a razón de tres jaulas/tanque. Cada tanque se dotó con flujo continuo de agua (1,5 L/min), aireación y drenajes independientes. Los concentrados fueron administrados a saciedad aparente durante 40 días. No se encontraron diferencias significativas en la tasa de crecimiento instantáneo (TCI), tasa de alimentación diaria (TAD), índice de conversión del alimento (ICA), coeficiente térmico de crecimiento (CTC) y coeficiente de eficiencia proteica (CEP) en los alevines alimentados con concentrados de diferente nivel proteico. La TCI correspondió a 1,80%/d. La TAD fluctuó de 2,34 a 2,6% PV/d, el ICA entre 1,33 y 1,5, el CTC entre 0,667 y 0,712 y el CEP varió de 2,08 a 2,4. Los niveles proteicos estudiados tuvieron el mismo efecto sobre el crecimiento, conversión del alimento, tasa de alimentación diaria, coeficiente térmico de crecimiento y coeficiente de eficiencia proteica en alevines de *Leiarius marmoratus*.

Palabras clave: Yaque, *Leiarius marmoratus*, bagres, Pimelodidae, coeficiente térmico.

Effect of dietary protein level on growth performance of fingerlings of catfish yaque, *Leiarius marmoratus*, fed with three commercial diets

ABSTRACT

An experiment was conducted to evaluate the effect of dietary protein level on growth performance of bagre yaque, *Leiarius marmoratus*, fingerlings fed with three commercial extruded diets. Fish (20.3 g) were placed in twelve 0.5 m³ cages at a density of 15 fish per cage. Groups of three cages were placed inside each of four 2 m³ interior tanks. Three commercial diets or treatments (28, 32, and 36% crude protein) were randomly assigned to cages inside each interior tank to adjust to a completely randomized block design with four replicates. Each interior tank was provided with continuous water flow (1.5 L/min), aeration and independent drains. Diets were provided at apparent satiety for 40 days. At the end of the experiment there were no significant differences ($P > 0.05$) on specific growth rate (SGR), daily feed consumption (DFC), daily feed conversion ratio (FCR), thermal growth coefficient (TGC), and protein efficiency rate (PER) of fingerlings fed the three commercial diets. SGR was 1.8%/d. The DFC varied between 2.34 and 2.6% BW/d, FCR was between 1.33 and 1.5, and PER varied between 2.08 and 2.4. The protein levels studied had the same effect on growth, feed conversion rate, daily food, and protein efficiency ratio on fingerlings of *Leiarius marmoratus*.

Keywords: *Leiarius marmoratus*, catfish, Pimelodidae, thermal growth coefficient, TGC.

INTRODUCCION

El bagre yaque, *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) (Siluriforme:Pimelodidae), es una especie que se distribuye en las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas (Castillo, 2001; Ramírez y Ajiaco, 1997). En ambientes naturales presenta hábitos alimentarios piscívoros (Layman *et al.*, 2005); sin embargo, algunos autores destacan una tendencia omnívora (Ramírez y Ajiaco, 1997; Novoa, 2002). Esta especie presenta cualidades para ser incorporada a la piscicultura dada la excelente calidad de su carne blanca, la cual posee pocas espinas, textura y sabor de apreciable valor gastronómico. A partir de 1986 se practica su reproducción inducida (Kossowski, 1986; Escobar y Mojica, 1997), lo cual ha permitido la sistematización de la producción de alevines a pequeña escala, sustentada en reproductores de segunda y tercera generación (Mora, 2003; Mora y Kossowski, 2006). Además, se han realizado experiencias en la obtención de híbridos con bagre rayado, *Pseudoplatystoma fasciatum* y *Pimelodus blochii* (Kossowski, 1991, 1992a,b, 1994, 1996a,b).

Sin embargo, es necesario avanzar en la información referida a sus necesidades nutricionales y su alimentación, considerando la alta incidencia de este rubro en los costos de producción en sistemas acuícolas. En este sentido, se ha constatado que a partir de la reabsorción del saco vitelino (48 h a 27°C) se presenta una fase de canibalismo que puede ser superada con suministro de alimento vivo (nauplios de *Artemia*) y luego subsecuentemente, en fases avanzadas, por alimentos húmedos preparados a base de hígado fresco de pollo (licuado), mezcla de hígado licuado y alimentos (molido) para peces, hasta lograr la aceptación de concentrados comerciales extrusionados a los 30 días de edad. Desde este momento, es factible realizar su pre-engorde y engorde con el uso exclusivo de alimentos comerciales (Kossowski, 1992b). No obstante, los alimentos comerciales disponibles en el mercado nacional están formulados para engorde de tilapias, cachamas y sus híbridos en estanques de tierra. Así, Silva Acuña y Guevara (2002) evaluaron el crecimiento en juveniles de híbridos de cachamas en estanques utilizando alimentos comerciales de 24 y 28% proteína cruda, sin encontrar diferencias significativas a nivel de los pesos finales. No obstante, información de esta índole es inexistente en *Leiarius marmoratus*. Por tal razón, el objetivo del presente

trabajo fue evaluar el efecto de la concentración de diferentes niveles proteicos en alimentos comerciales sobre el crecimiento, tasa de alimentación, conversión del alimento y coeficiente de eficiencia proteica en alevines de bagre yaque, *L. marmoratus*.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en la Estación de Piscicultura, adscrita al Decanato de Agronomía de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", en el Municipio Peña (Yaracuy, Venezuela).

Procedencia de los peces

Los alevines fueron producidos en mayo 2006 mediante reproducción inducida aplicando una dosis de 6 µg de LHRHa/kg de hembra (Mora y Kossowski, 2006). En los primeros meses de edad, los alevines fueron alimentados con un concentrado comercial para tilapias (28% proteína cruda, PC y 3% de grasa cruda, GC). En septiembre 2006, 180 alevines (20,3 ±1,2 g) fueron seleccionados, trasladados a los tanques de experimentación y dispuestos según el diseño experimental planteado.

Alimentos y aplicación

Se utilizaron dos alimentos comerciales (Vitalim C.A., Chivacoa, Venezuela), los cuales son extrusionados para peces, con 28 y 36% de PC y 6,34 y 5,8% de GC, respectivamente. Estos se aplicaron en tres esquemas de alimentación: Un primer grupo de peces recibió el alimento con 28% PC (T1), el segundo grupo una mezcla a partes iguales (50:50) de ambos alimentos para conseguir un contenido proteico de 32% PC (T2) y un tercer grupo, el alimento con 36% PC (T3). Con el propósito de adecuar el tamaño del alimento a la boca de los alevines, los concentrados fueron molidos, doblemente cernidos, y finalmente seleccionadas partículas homogéneas de 1,2 mm Ø. Se realizó el análisis proximal (AOAC, 1990) a muestras de estos alimentos, determinando humedad por secado en estufa a 110°C hasta peso constante. El contenido de cenizas se determinó por incineración de las muestras en una mufla a 500°C hasta peso constante (AOAC, 1990). El contenido de proteínas fue calculado a partir del contenido de nitrógeno total de muestras analizadas por el método Kjeldahl. Los lípidos totales fueron determinados por extracción en frío con una mezcla de cloroformo/metanol (Folch *et al.*, 1957) y la fibra por digestión ácido detergente. La

energía bruta se determinó mediante un calorímetro adiabático. Los valores resultantes del análisis se presentan en el Cuadro 1.

Diseño experimental

Los alevines se distribuyeron en tres grupos de peces y en cada uno se dispusieron cuatro réplicas. Para ello fueron asignadas 12 jaulas (0,5 m³), confeccionadas en malla plástica, destinando cuatro unidades por grupo con 15 peces/jaula. Las jaulas se distribuyeron al azar en cuatro tanques (2,0 x 1,0 x 1,0 m), a razón de tres jaulas/tanque. Cada tanque se dotó con flujo continuo de agua (1,5 L/min), aireación y drenajes independientes. A fin de evitar el eventual desplazamiento del alimento entre jaulas, las mismas fueron individualmente provistas de un comedero central, constituido por un cilindro plástico de 30 cm Ø y 30 cm de alto. La alimentación se realizó a saciedad aparente y se estableció mediante la aplicación de pequeñas cantidades de alimento durante un período continuo de 30 min, registrándose la ingesta total como nivel de saciedad aparente. El alimento se suministró dos veces al día, mañana (9:30-10:00 h) y tarde (15:30 – 16:00 h) durante 40 días continuos. Los peces fueron aclimatados por 15 días, y en ese lapso alimentados a saciedad con el concentrado comercial de 28% PC.

Registros biométricos

Se realizaron muestreos biométricos a 12, 25 y 40 días en la totalidad de los peces de cada jaula. En cada ocasión se obtuvo el peso individual promedio,

utilizando una balanza electrónica (Mettler 2000, Suiza) con precisión de 0,1 g. Posteriormente, se calcularon los promedios de peso (\pm desviación estándar) y biomasa (kg) de cada jaula. Al final del ensayo se determinó:

Tasa de crecimiento instantáneo (TCI), según Brown (1957), por la expresión:

$$TCI (\%/d) = (\ln P(t + \Delta t) - \ln P(t)) \times 100$$

Tasa de alimentación diaria (TAD), según Weatherley y Gill (1987), mediante:

$$TAD (\%/d) = (\text{alimento consumido (kg)/biomasa media})/t$$

Índice de conversión del alimento (ICA) se calculó como:

$$ICA = \text{alimento consumido (kg)/incremento biomasa (kg)}$$

Coefficiente de eficiencia proteica (CEP) se obtuvo por la relación:

$$CEP = \text{incremento de biomasa (kg)/proteína ingerida (kg)}$$

Además, se calculó el coeficiente térmico de crecimiento (CTC) propuesto por Iwama y Tautz (1981) y discutido por Cho y Bureau (1998) y Jobling (2003), según:

$$CTC = (P_f^{0,3333} - P_o^{0,3333}) / \sum (T \times d) \times 100$$

donde P_f = peso final, P_o = peso inicial, T = temperatura del agua (°C) y d = días.

Cuadro 1. Análisis proximal de los concentrados comerciales

Parámetro	Nivel proteico, % PC		
	28	32	36
Materia seca, %	91,38	90,90	90,40
Proteína cruda, %	30,29	34,10	37,84
Grasa cruda, %	6,34	6,10	5,80
Fibra cruda, %	5,63	4,50	3,42
Ceniza, %	8,17	8,40	8,54
ELN†	49,57	49,70	44,4
Energía cruda, Mj/kg	16,82	17,00	17,90
PC/EC, mg/kJ	18,01	20,05	21,14

† Extracto libre de nitrógeno.

En los tanques se determinó diariamente, antes de la aplicación del alimento, los niveles de oxígeno disuelto, utilizando un oxímetro (YSI-57, Yellow Springs, Ohio, EUA), pH y nitritos. La temperatura del agua se mantuvo constante (26 - 27°C) mediante la utilización de resistencias eléctricas dispuestas en el tanque-reservorio de distribución de agua al sistema. Los niveles de oxígeno disuelto se mantuvieron por encima de 5 mg/L.

Análisis estadístico

Los valores de peso final (PF), TCI, TAD, ICA y CEP fueron sometidos al análisis de varianza de una vía, en función del nivel proteico (Steel *et al.*, 1997). En todos los casos se utilizó el peso inicial como covariable. En los análisis se adoptó un nivel de significancia de 5%. En el procesamiento de datos se utilizó el programa estadístico Statgraphic Plus (Statpoint, 2005).

RESULTADOS

No se presentó mortalidad en ningún tratamiento y los peces exhibieron una condición saludable al final del ensayo. La evolución de los pesos promedios por tipo de alimento se presenta en la Figura 1. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) en ninguno de los parámetros estudiados (Cuadro 2). El peso final varió entre 38,08 g (32% PC) y 43,8 g (36%

PC). Los promedios de TCI fluctuaron entre 1,8 (28 y 32% PC) y 1,87 %/d (36% PC) y la TAD correspondió a 2,34 (36% PC) y 2,59% biomasa/d (28% PC). El ICA fue 1,33 para el alimento con 36% PC y no presentó diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) respecto al promedio de 1,50 obtenido con 28 y 32% PC. El coeficiente térmico de crecimiento no presentó diferencias estadísticamente significativas y fluctuó entre 0,667 (28% PC) y 0,712 (36% PC). En cuanto al CEP, el valor mínimo fue 2,08 (32% PC) y el máximo 2,40 (28% PC).

DISCUSION

La comparación de los parámetros de crecimiento de bagre yaque (*L. marmoratus*) con la información disponible en otras especies de bagres muestra que su crecimiento fue superior al bagre bagrid (*Mystus nemurus*), similar al bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) e inferior a los bagres jundía (*Rhamdia quelen*) y pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). No obstante, el crecimiento de los alevines de bagre yaque en laboratorio fue inferior al obtenido en peces de mayor tamaño en jaulas flotantes donde se obtuvo una TCI de 2,78 %/d (Mora y Jover, 2005). En el presente ensayo se constató que el bagre yaque exhibió avidez y aceptación de los piensos comerciales a las tasas de alimentación del orden de 2,5 %/d, similares a las citadas en el bagre bagrid (Ng *et al.*, 2000) y

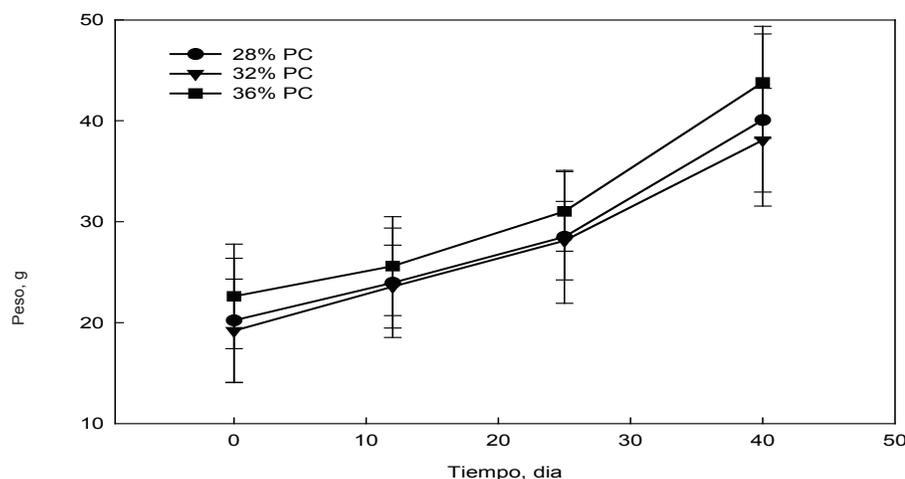


Figura 1. Evolución del peso en alevines de *Leirarius marmoratus* alimentados a saciedad durante 40 días con concentrados comerciales a tres niveles proteicos.

Cuadro 2. Valores medios (\pm desviación estándar) de peso inicial (PI), peso final (PF), tasa de crecimiento instantáneo (TCI), tasa de alimentación diaria (TAD), índice de conversión de alimento (ICA), coeficiente térmico de crecimiento (CTC) y coeficiente de eficiencia proteica (CEP) en alevines de bagre yaque, *Leiarius marmoratus*, alimentados con piensos comerciales de tres niveles proteicos durante 40 días.

Parámetro	Nivel proteico, % PC			Significancia
	28	32	36	
PI, g	20,23 (6,16)	19,20 (5,11)	21,40 (4,67)	ns
PF, g	40,08 (8,53)	38,08 (5,14)	43,80 (5,56)	ns
TCI, %/d	1,80 (0,32)	1,80 (0,35)	1,87 (0,32)	ns
TAD, %/d	2,59 (0,44)	2,58 (0,30)	2,34 (0,20)	ns
ICA	1,50 (0,11)	1,51 (0,13)	1,33 (0,15)	ns
CEP	2,40 (0,18)	2,08 (0,17)	2,12 (0,25)	ns
CTC	0,667	0,658	0,712	ns

bagre de canal (Gaylord y Gatlin, 2001), e inferiores a las del bagre jundía (Salhi *et al.*, 2004) y pintado, que mantuvieron mejor crecimiento. Sin embargo, al menos en bagre jundía, a una TAD menor (2,1 %/d) también redujo su crecimiento (Meyer y Fracalossi, 2004). En cuanto al efecto de la concentración de proteína en la dieta, en general se reconoce un aumento en el crecimiento a medida que se incrementa la proteína en el alimento lo cual ocurre hasta un determinado nivel, a partir del cual el crecimiento se reduce. Este efecto se ha señalado para el bagre bagrid (*M. nemurus*), encontrándose un incremento del crecimiento con piensos de proteína dietaria creciente desde 20 hasta 41% PC, mientras que con 47 y 53% PC el crecimiento se afectó negativamente, por lo cual se estableció un nivel óptimo de 44% PC (Ng *et al.*, 2001). En el bagre jundía (*R. quelen*), especie omnívora, se ha referido a nivel de crías (0,3 a 1,5 g) un incremento del crecimiento y mejora de la conversión de alimento asociada al incremento del nivel proteico de 30 a 38% PC, pero a niveles proteicos mayores en torno a 43% PC el efecto es negativo y así, se reconoció un nivel óptimo de 37% PC (Salhi *et al.*, 2004). No obstante, en esa especie otros autores destacan un crecimiento similar de alevines de 1,5 g con niveles proteicos de 33 y 37% PC (Meyer y Fracalossi, 2004). Para otro bagre omnívoro, como el bagre de canal (*I. punctatus*) se observó una mejora del crecimiento con niveles proteicos de 37 frente a 32% PC, asociados a una reducción de la tasa de

alimentación (Gaylord y Gatlin, 2001). Estos niveles coinciden con las recomendaciones de Wilson y Moreau (1996), Robinson *et al.* (2001) y Robinson y Li (2005) señalando 35% PC para alevines de esa especie. El efecto antes descrito no se obtuvo en este ensayo y así, a pesar del incremento del nivel de proteína en el alimento, la TCI no presentó diferencias significativas. Sin embargo, con 36% PC el valor absoluto de la TAD (2,34%/d) y el ICA (1,33) tendieron a disminuir respecto a 32 y 28% PC, aunque estas diferencias resultaron estadísticamente no significativas. Es de resaltar que resultados similares se obtuvieron en el engorde hasta talla comercial de bagre yaque producido en jaulas (Mora y Jover, 2005), lo cual reafirma el carácter omnívoro en la especie. Los altos niveles proteicos referidos en el bagre jundía (Salhi *et al.*, 2004) pueden estar justificados en virtud del tamaño de los peces (0,3 a 1,5 g), puesto que en general los peces en sus etapas tempranas de vida presentan una alta tasa metabólica que a su vez requiere mayor suministro proteico (Lovell, 1989). De acuerdo a ello, los alevines en este ensayo con pesos de 20 g necesitarían un menor nivel de proteína dietaria en respuesta a una menor tasa metabólica.

En este sentido, el crecimiento del bagre bagrid (*M. nemurus*) alimentados con niveles proteicos 29 y 36% PC (Ng *et al.*, 2001), comparables a los usados en este ensayo, resultaron inferiores (0,97 y 0,89%/d) e incluso a niveles proteicos superiores (41 y 47% PC) a pesar del menor tamaño de los alevines (7 g), por lo

que es claro que *L. marmoratus* creció mejor. Por otro lado, también el nivel de lípidos en el pienso tiene un efecto sobre el crecimiento. En esta forma, en bagrid (*M. nemurus*) el incremento de lípidos en el pienso, de 8 a 14%, mejoró el crecimiento en todos los niveles proteicos (Salhi *et al.*, 2004). En bagres carnívoros, como el pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), también se ha encontrado que niveles crecientes de inclusión de lípidos, a base de aceite de soya, en el alimento (46% PC) mejoran la tasa de crecimiento, eficiencia proteica y reduce la tasa de alimentación (Martino *et al.*, 2002). Los alimentos con un nivel de lípidos de 6,1% promovieron un menor crecimiento (1,1%/d), mientras que con niveles de lípidos 10; 14,8 y 18,1% se obtuvieron crecimientos de 2,4; 2,8 y 4,1%/d, respectivamente (Martino *et al.*, 2002). En esa especie otros trabajos ratifican que en raciones de 46% PC y con inclusión creciente de lípidos de 10,1 a 18,1%, a base de manteca de cerdo o aceites de linaza o maíz, se obtuvo una mejora significativa de la conversión de alimento e incluso puede alcanzar 0,8 con piensos de 46/18,1 (Campos *et al.*, 2006).

El efecto de ahorro de proteínas por inclusión de lípidos también se puede observar en el bagre jundía (*R. quelen*) al considerar los piensos 30/14 y 34/8, obteniéndose en este último un mejor crecimiento; en los piensos 34/14 y 38/8 que mostraron un mismo crecimiento; y además, en los piensos 38/14 y 43/8 donde el primero presentó mayor TCI. No obstante, este efecto de ahorro de proteína no se apreció en el bagre canal, donde inclusiones de lípidos de 4,5 a 11% de grasa cruda no mejoraron el crecimiento. En esta especie se ha demostrado el efecto positivo de la inclusión de carbohidratos en el ahorro de proteína dietaria (Lovell, 1989; Robinson y Li, 2005). En atención a la información disponible en estas especies de bagres, también cabría esperar que el crecimiento de bagre yaque pueda ser mejorado por la inclusión de mayores niveles de lípidos en el pienso y este aspecto constituye un tema de interés que debe ser considerado para futuros estudios, toda vez que la reducción del nivel proteico en el pienso está asociado a un menor costo del alimento.

En conclusión, los niveles proteicos de 28, 32 y 36% PC en los alimentos comerciales estudiados tuvieron el mismo efecto sobre el crecimiento, conversión del alimento, tasa de alimentación diaria, coeficiente térmico de crecimiento y coeficiente de eficiencia

proteica sobre alevines de *Leiarius marmoratus* con pesos de 20 g y alimentados a saciedad aparente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" por el financiamiento parcial de la investigación a través del Proyecto CIAG-052AG-2002. De igual forma al personal de la Estación de Piscicultura, en especial a los Señores José Parada y Carlos Apóstol.

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. AOAC. Arlington, EUA.
- Brown M.E. 1957. Experimental studies on growth. En Brown M.E. (Ed.) The Physiology of Fishes. Vol. I. Academic Press, New York. EUA. pp. 361-400.
- Campos P., R. Martino y L.C. Trugo. 2006. Amino acid composition of Brazilian surubim fish (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with different levels and sources of fat. Food Chem., 96: 126-130.
- Castillo O. 2001. Ecología de la reproducción de los bagres comerciales del río Portuguesa. Trabajo de Ascenso a la categoría Asociado. Univ. Nac. Exp. Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" Guanare, Venezuela.
- Cho C.Y. y D. Bureau. 1998. Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. Aquat. Living Res., 11(4): 199-210.
- Escobar L. y H.O. Mojica. 1997. Ensayos preliminares de reproducción inducida del yaque, *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) (Pisces:Siluriformes:Pimelodiade) en la Orinoquía colombiana. Bol. Cien. INPA, 5: 9- 26.
- Folch J., M. Lees y G.H. Sloane Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 226: 497-509.

- Gaylord T.G. y D. Gatlin III. 2001. Dietary protein and energy modifications to maximize compensatory growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 194: 337-348.
- Iwama G.K. y A. Tautz. 1981. A simple growth model for salmonids in hatcheries. *Can. J. Fish. Aqu. Sci.*, 38: 649-656.
- Jobling M. 2003. The thermal growth coefficient (TGC) model of fish growth: a cautionary note. *Aquacul. Res.*, 34: 581-584.
- Kossowski C. 1986. Observaciones preliminares sobre reproducción inducida y ontogénesis temprana del bagre negro, *Leiarius marmoratus* (Pisces, Siluriformes). Memorias 26^{ma} Convención Anual AsoVAC. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.
- Kossowski C. 1991. Experiencias iniciales sobre la hibridación de *Leiarius marmoratus* (Gill, 1871) por *Pseudoplatystoma fasciatum* (L. 1766) (Pisces, Pimelodidae). *Acta Cien. Ven.*, 42: 48-50.
- Kossowski C. 1992a. Experiencia en varias hibridaciones artificiales logradas en Pimelodidos (Siluriformes). Memorias 7^{mo} Simposium Latinoamericano Acuicultura. Univ. Centrooccidental "Lisandro Alvarado" Barquisimeto, Venezuela.
- Kossowski C. 1992b. Avances en la hibridación artificial de (*Pseudoplatystoma fasciatum* (L. 1766) x *Leiarius marmoratus* (Gill, 1871) (Pisces, Siluriformes, Pimelodidae). *Bol. Red Acuicult.*, 6: 3-7.
- Kossowski C. 1994. Nota inicial sobre la fertilidad del híbrido *Pseudoplatystoma fasciatum* por *Leiarius marmoratus* (F1) y su retrocruza con especies padres (Pisces, Siluriformes, Pimelodidae). Resúmenes 7^{mo} Congreso Latinoamericano Acuicultura. Asoc. Lat. Acuicultura, Cildeserc y Coldeciencias. Santa Fé de Bogotá, Colombia.
- Kossowski C. 1996a. Observaciones sobre el policultivo del híbrido de *Pseudoplatystoma fasciatum* por *Leiarius marmoratus* (Siluriformes, Pimelodidae). Memorias 9^{no} Congreso Latinoamericano Acuicultura. Asoc. Lat. Acuicultura. Coquimbo, Chile.
- Kossowski C. 1996b. Perspectivas de l'élevage des poissons-chats (Siluroidei) em Amerique du Sul. *Aquat. Living Res.*, 9: 189-195.
- Layman C.A., K. Winemiller, A.A. Arrington y D.B. Jepsen. 2005. Body size and trophic position in a diverse tropical food web. *Ecology*, 86(9): 2530-2535.
- Lovell T. 1989. Practical feeding channel catfish. *En* Lovell T. (Ed.) *Nutrition and Feeding of Fish*. Van Nostrand Reinhold. New York, EUA. pp. 145-162.
- Martino R., J.E. Cyrino, L. Portz y L.C. Trugo. 2002. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. *Aquaculture*, 209: 209-218.
- Meyer G. y D. M. Fracalossi. 2004. Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. *Aquaculture*, 240: 331-343.
- Mora J.A. 2003. Avances y perspectivas de la producción comercial de bagres en Venezuela. *El Acuicultor*, 5: 9-14.
- Mora J.A. y M. Jover. 2005. Crecimiento y aprovechamiento nutritivo del bagre yaque, *Leiarius marmoratus* (Gil, 1870) alimentados con piensos comerciales de diferente nivel proteico en jaulas flotantes. Memorias X Congr. Nacional de Acuicultura. Sociedad Española de Acuicultura. Gandía, España. Disponible en línea en <http://www.sea.org.es/xcna/resumenes.asp>. (26-08-2007).
- Mora J.A. y C. Kossowski. 2006. Reproducción inducida del bagre yaque, *Leiarius marmoratus* (Gil 1870) con aplicación de LHRHa. Memorias 13^{er} Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Asoc. Venezolana de Producción e Industria Animal y Universidad Rómulo Gallegos, San Juan de Los Morros, Venezuela.
- Novoa D. 2002. Los recursos pesqueros del eje fluvial Orinoco-Apure: presente y futuro. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Ed. 3XLIBRIS. Caracas, Venezuela.

- Ng W.K., S.C. Soon y R. Hashim. 2001. The dietary protein requirement of a bagrid catfish, *Mystus nemurus* (Cuvier & Valenciennes), determined using semipurified diets of varying protein level. *Aquacult. Nut.*, 7: 45-51.
- Ng W.K., K. Lu, R. Hashim y A. Ali. 2000. Effects of feeding rate on growth, feed utilization and body composition of a tropical bagrid catfish. *Aquacult. Inter.*, 8: 19-29.
- Ramírez G. y M.R. Ajiaco. 1997. Aspectos preliminares de la biología pesquera del yaque, *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) (Pisces: Siluriformes: Pimelodiade) en la parte alta del río Meta (Orinoquía colombiana). *Bol. Cien. INPA*, 5: 9-26.
- Robinson E.H., M.H. Li y B.C. Manning. 2001. A practical guide to nutrition, feeds, and feeding of catfish. Bulletin 1113. Mississippi Agricultural & Forestry Experimental Station. Mississippi State University. Starkville, EUA.
- Robinson E.H. y M. Li. 2005. A summary of catfish nutrition research conducted a cooperative agreement between MAFES and Delta Western research center. Bulletin 1144. Mississippi Agricultural & Forestry Experimental Station. Mississippi State University. Starkville, EUA.
- Salhi M., M. Bessonart, G. Chediak, M. Bellagamba y D. Carnevia. 2004. Growth, feed utilization and body composition of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy levels. *Aquaculture*, 231: 435-444.
- Silva Acuña A. y M. Guevara. 2002. Evaluación de dos dietas comerciales sobre el crecimiento del híbrido de *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*. *Zootecnia Trop.*, 20(4): 449-459.
- Statpoint. 2005. Statgraphics Plus. User Guide. Ver. 5.1. Warrenton, EUA.
- Steel R.G., J. Torrie y D. Dickey. 1997. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. 3^{ra} ed. McGraw Hill. New York, EUA.
- Weatherley A.H. y H.S. Gill, 1987. The Biology of Fish Growth. Academic Press, New York. EUA.
- Wilson R.P. e Y. Moreau. 1996. Nutrient requirement of catfishes (Siluroidei). *Aquat. Living Res.*, 9: 103-111.

Contribución al conocimiento de los macromoluscos bentónicos asociados a la pepitona, *Arca zebra* (Swainson, 1833), del banco natural de Chacopata, Península de Araya, Venezuela

Berenice Licet^{1*}, Vanesa Acosta², Antulio Prieto² y Natividad Garcia³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas del estado Táchira, San Cristóbal, Táchira. Venezuela. *Correo electrónico: blicet@inia.gob.ve

²Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente. Cumana, Venezuela.

³Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.

RESUMEN

Como parte de un programa de monitoreo de áreas marinas del norte del estado Sucre, Venezuela, se analizó la diversidad malacológica de los macromoluscos asociados a la pepitona, *Arca zebra*, ubicado en el banco natural de Chacopata, desde enero hasta marzo 2006. Se identificaron un total de 31 especies pertenecientes a 21 familias y 4 clases de moluscos, que incluyeron 12 especies de bivalvos, 17 gasterópodos, un cefalópodo y un polioplacóforo. Los parámetros de diversidad numérica fueron bajos ($H' = 1,907$ a $2,034$ bits/ind; $J' = 0,591$ a $0,649$, $IS = 0,209$ a $0,258$) mientras que la dominancia osciló entre 35,9 y 46,4%. El índice α de la serie logarítmica mensual fluctuó entre 4,819 y 6,917. La escasa variación mensual de la diversidad confirma investigaciones previas e indican que la estructura comunitaria es estable. Se determinaron 19 especies constantes siendo las más abundantes los bivalvos *Arca zebra*, *Chama congregata*, *Chama sarda* y *Chama sarda*, mientras que en los gasterópodos fueron *Chicoreus brevifrons* y *Crepidula ausitulata*. *Arca zebra* fue la especie dominante en número, indicando que desempeña el papel más importante en la comunidad como un eficiente filtrador, lo cual le permite soportar una de las pesquerías más importantes de la región.

Palabras clave: *Arca zebra*, pepitona, bivalvos, nororiente, moluscos, diversidad.

Contribution to the knowledge of benthonic macromollusks associated to pepitona, *Arca zebra* (Swainson, 1833), in the natural bank of Chacopata, Araya Peninsula, Venezuela

ABSTRACT

As part of a monitoring program of the marine areas at northern of Sucre state, Venezuela, we examined the malacological diversity of macromollusk associated to ark shell, *Arca zebra*, located in the natural bank of Chacopata. Monthly sampling was made from January to March 2006. A total of 31 species were identified belonging to 21 families of 4 classes of mollusk that included 12 species of bivalves, 17 gastropods, one cephalopods and one polioplacophoro. Parameters of numeric diversity were low ($H' = 1.907$ to 2.034 bits/ind; $J' = 0.591$ to 0.649 ; $IS = 0.209$ to 0.258), while the dominance oscillated between 35.99 and 43.61%. Alpha index of the logarithmic series model fluctuated between 4.819 and 6.917. The scarce monthly variation confirms previous research and they indicate that the community structure is stable. Fourteen constant species were determined being those more abundant the bivalves *Arca zebra*, *Chama congregata* y *Chama sarda*, while the gastropods were *Chicoreus brevifrons* and *Crepidula ausitulata*. *Arca zebra* was the dominant species in number and occupied a central role in the community, supporting one of the most important fisheries in the area.

Keywords: *Arca zebra*, pepitona, bivalves, northeast, mollusks.

INTRODUCCION

El 70% de los fondos marinos son sedimentarios (Wilson, 1991; Snelgrove, 1999) y se caracterizan por presentar una alta diversidad de especies en cualquier latitud y profundidad (Snelgrove, 1999; Levin *et al.*, 2001; Gray, 2002). La relevancia de los organismos bentónicos radica en el rol fundamental que desempeñan en los procesos ecológicos del medio marino, y en su aporte alimentario para consumo humano (Thrush y Dayton, 2002).

Las pesquerías de arrastre han sido caracterizadas por su capacidad de afectación a los ecosistemas demersales y bentónicos debido principalmente a la baja selectividad de las redes empleadas (Pascoe, 1997), al daño mecánico que ocasionan al fondo marino (Gordon *et al.*, 1998) y a la destrucción de estructuras biogénicas (Collie *et al.*, 1997; Thrush *et al.*, 2001).

En Venezuela, los bivalvos constituyen un grupo importante desde el punto de vista económico, ya que algunas especies sostienen pesquerías de primer orden e importancia. La pepitona ocupa el primer lugar por pesca artesanal (Novoa *et al.*, 1999) con 86,1%, la ostra perla (*Pinctada imbricata*) con 8,3% y el mejillón (*Perna perna*) con 2,1%, los cuales aportan en su conjunto 96,5% del total de la producción (Salaya, 1999). En 2003, el volumen reportado por extracción para la pepitona fue de 45.850 t, constituyendo un recurso pesquero de importancia comercial, que tiene un alto impacto socioeconómico en la región nororiental, principalmente en algunas comunidades de los estados Sucre y Nueva Esparta, siendo el soporte fundamental de algunos pueblos que dependen exclusivamente de esa actividad.

Para la explotación de la pepitona se emplea la "rastra" como único método artesanal, la cual está confeccionada con materiales de hierro y mecate o cordeles gruesos, con dimensiones de 1,40 x 1,80 x 0,50 m (Salaya, 1971). Cada embarcación lleva a bordo más de una rastra (entre tres y cinco). El arte es utilizado con ayuda de un bote "jalador", el cual, una vez finalizada la fase de arrastre, acerca la rastra a la embarcación, de donde es izada manualmente (Arias *et al.*, 2002). A través de este método se extrae toda la fauna acompañante que conforma el banco natural de la pepitona, produciéndose un efecto negativo que evidencia la baja selectividad de los artes de arrastre.

La explotación de este recurso requiere del establecimiento de medidas de manejo y control. Dada la escasa información que existe sobre macromoluscos bentónicos asociados a la pepitona *Arca zebra*, muchos de ellos de importancia comercial, se hace necesario realizar este trabajo de investigación, analizando los índices ecológicos y taxonomía de cada especie asociada, así como los parámetros ambientales que influyen en dicho banco natural.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras se recolectaron entre Isla Caribe y el Morro de Chacopata (10°42'30" N y 63°48'30" O), ubicados en la Península de Araya, costa norte del estado Sucre (10°42' - 10°46' N y 63°48' - 63°54' O), Venezuela.

Las muestras fueron obtenidas de los arrastres efectuados mensualmente por los pescadores desde enero hasta marzo 2006. Para la extracción de la pepitona, se empleó una rastra de 1 x 0,8 x 0,5 m con una abertura de malla de 8 mm, desde una embarcación pesquera a una profundidad aproximada entre 4 y 8 m, durante 20 minutos.

Una vez colectadas las muestras se procedió a separar los moluscos manualmente según sus características morfológicas externas y se guardaron en bolsas plásticas etiquetadas, siendo trasladadas a un congelador para su posterior identificación. La identificación se llevó a cabo según indicaciones y claves taxonómicas de Princz (1973), Abbott (1974), Linder (1975), Carvajal y Capelo (1992) y Díaz y Puyana (1994).

La diversidad y riqueza malacológica de la comunidad se determinaron utilizando los índices siguientes:

Índice de diversidad de Shannon-Wiener: $H' = -\sum (n_i/N) \times \log_2(n_i/N)$, donde N es el número total de individuos presentes y n_i es el número de ejemplares por especie (Pielou, 1977).

Equitabilidad: $J' = H'/\log_2 S$, según Pielou (1969), donde S es el número de especies (Simpson, 1949).

$$\text{Índice de Simpson: } D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Índice de diversidad de Margalef: $IM = (S-1)/\ln N$ (Margalef, 1969).

Índice de Berger-Parker: $d = N_{\max}/N$, donde N_{\max} es el número de individuos de la especie más abundante (Magurran, 1988). El índice Berger-Parker también se expresa en forma recíproca ($1/d$) para que los aumentos en el valor del índice sigan al aumento de la diversidad de especies o una disminución de dominancia.

Constancia: $C = p \times 100/P$, donde p es número de veces donde aparezca la especie estudiada y P es el número de muestreos realizados (Krebs, 1989).

Dominancia: $ID = (Y1 + Y2 / Y) \times 100$, donde $Y1$ es el número de individuos de la especie más abundante en la zona (supra, medio e infralitoral) en cada estación, $Y2$ es el número de individuos de la segunda especie más abundante de la zona (supra, medio e infralitoral) de cada estación y Y es el número total de individuos de todas las zonas de cada estación (Pielou, 1977).

También se determinó el índice de diversidad d la serie Log-normal, según la ecuación $ST = \alpha \text{Log}_{10}(1+N/\alpha)$, donde ST es índice de la serie logarítmica normal y N es el número total de los individuos (Taylor *et al.*, 1976).

En cada muestreo se determinaron los siguientes parámetros: temperatura con un termómetro de $\pm 1^\circ\text{C}$, salinidad medida mediante un salinómetro (Hand Refracteter Atago S/Mill.), oxígeno disuelto por el método de Winkler (Ros, 1979) y la biomasa se estimó por la concentración de clorofila *a*, mediante alícuotas de 500-1000 mL de agua de cada replica. Estas se concentraron en filtros Whatman GFF (0,7 μm), mediante filtración al vacío y lavados con formiato de amonio, colocándose en acetona 90% en oscuridad y cuantificada la densidad óptica a 665 y 750 nm, sin y con ácido clorhídrico (0,2 mol/L) (Strickland y Parson 1972).

RESULTADOS

Durante los tres muestreos efectuados entre los meses de enero, febrero y marzo 2006, se identificaron 29 especies de moluscos, obteniéndose un total de 576 organismos distribuidos en 7 familias de bivalvos y 12 de gasterópodos (Cuadro 1). Dentro del grupo de los gasterópodos se identificaron 17 especies, mientras que de los bivalvos se encontraron 12 especies. La familia más representativa según el número de individuos totales capturados fue Arcidae con cuatro

especies seguida por la familia Chamidae con 346 individuos.

En el mes de enero se obtuvo una riqueza de 23 especies, en febrero se identificaron 27 y en marzo 21, siendo los bivalvos *Arca zebra*, *Chama sarda* y *Chama congregata* los más abundantes, encontrándose en todos los muestreos. Entre los gasterópodos el más común y abundante fue *Chicoreus brevifrons* (42) que fue recolectado en enero (Cuadro 2).

La diversidad de especies presentó escasa variación en los tres muestreos realizados con un valor máximo en enero (2,034 bits/ind) y el mínimo en marzo (1,907 bits/ind). Los otros índices comunitarios (J' , InvS e IBP) presentaron las mismas tendencias, no así el índice de Margalef (IM) que hace énfasis en el número de especies y el de Simpson (D) que toma en cuenta la dominancia (Cuadro 3). La dominancia máxima se observó en marzo (46,4%) y la mínima en enero (35,9%) estando representada en ambos casos por *Arca zebra* y *Chama sarda*, respectivamente (Cuadro 3). El número de especies más abundante en la comunidad (InvS) osciló entre 4,774 y 3,872, alcanzando su máximo valor en enero y el ajuste de los datos logarítmicos de la abundancia de cada especie con su rango varió entre 6,917 en febrero y 4,819 en marzo con altos coeficientes de correlación que variaron entre 0,96 y 0,97.

Algunos de los factores ambientales en los meses muestreados evidenciaron escasa variabilidad (Cuadro 4). La temperatura presentó en enero un valor de $23,5^\circ\text{C}$, mientras que para marzo y abril se mantuvo en 24°C . La salinidad en los tres meses estudiados tampoco mostró variabilidad, aunque para el mes de febrero se produjo un aumento de 1‰. El oxígeno disuelto en el agua presentó su máximo valor en el mes de marzo (4,7 mg/mL) y el menor valor en enero (3,9 mg/mL). Con respecto a la biomasa fitoplanctónica, expresada en este estudio como clorofila *a* durante todo el período experimental presentó valores superiores a los 4 $\mu\text{g/L}$. El seston total también mostró valores altos correlativos con los niveles de clorofila *a* (>20 mg/L).

DISCUSIÓN

El número de especies de gasterópodos y bivalvos encontrados en el banco natural de Chacopata fue bajo con respecto a otros reportes realizados en comunidades establecidas en la zona oriental

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de las especies de moluscos recolectados en el banco natural de Chacopata, estado Sucre.

Clase	Familia	Especie
Bivalvia	Pteridae	<i>Pinctada imbricata</i>
	Arcidae	<i>Anadara notabilis</i>
	Arcidae	<i>Arca imbricata</i>
	Arcidae	<i>Barbatia candida</i>
	Chamidae	<i>Chama macerophyla</i>
	Chamidae	<i>Chama congregata</i>
	Chamidae	<i>Chama sarda</i>
	Mytilidae	<i>Modiolus squamosus</i>
	Calyptraeidae	<i>Crucibulum auricula</i>
	Hipponicidae	<i>Cheilea equestris</i>
	Cardiidae	<i>Laevicardium pictum</i>
	Pectinidae	<i>Lyropecten (Nodipecten) nodosus</i>
	Ostreidae	<i>Ostrea equestris</i>
Gasterópoda	Turbinidae	<i>Astraea phoebia</i>
	Turbinidae	<i>Turbo castanea</i>
	Muricidae	<i>Chicoreus brevifrons</i>
	Muricidae	<i>Phyllonotus pomun</i>
	Fasciolaridae	<i>Fasciolaria tulipa</i>
	Fasciolaridae	<i>Leucozonia nassa</i>
	Cymatidae	<i>Cymatium parthenopeum</i>
	Strombidae	<i>Strombus gigas</i>
	Trochidae	<i>Polinices hepaticus</i>
	Conidae	<i>Calliostoma sp</i>
	Plicatulidae	<i>Conus spurius spurius</i>
Turritellidae	<i>Plicatula gibosa</i>	
Cefalópoda	Octopodidae	<i>Octopus defilipi</i>
Polyplacophora	Chitonidae	<i>Chiton sp.</i>

de Venezuela. Vera (1978) reportó 56 especies de moluscos, mientras que Gráterol (1986) reportó un total de 75 especies, en las cuales 36 fueron bivalvos y 35 gasterópodos. Jiménez *et al.* (2004) en cuatro localidades del estado Sucre, al igual que Prieto *et al.* (2005) en la Bahía de Mochima identificaron un alto número de especies, pero en períodos de tiempo más largos y áreas más extensas, mientras que en este trabajo se muestran periodos de muestreos más cortos.

Según los resultados obtenidos, la diversidad permaneció casi constante en los tres meses de muestreo. Esto podría explicarse por las condiciones estables que ocurren en el banco natural de Chacopata, que se caracteriza por presentar aproximadamente

durante los cinco primeros meses del año el fenómeno de surgencia. Los resultados de diversidad mensual de este trabajo son superiores a los reportados por Prieto *et al.* (2001) en la misma zona y período de tiempo, observándose las mismas especies, lo que indica cierta estabilidad en la taxocenosis de los moluscos. Sin embargo, la diversidad total de este trabajo fue ligeramente menor a las obtenidas por Marval (1986) en el litoral rocoso de la Isla de Margarita (2,47 bits/ind) y a la reportada por Prieto *et al.* (2005) para la localidad de Punta Patilla (3,42 bits/ind) y de Graterol (1986) en la localidad del Golfo de Cariaco (3,53 bits/ind). Las variaciones en la diversidad mensual de moluscos en Chacopata se explican por las diferencias en la actividad extractiva de la especie dominante, ya

Cuadro 2. Número de individuos capturados por especie en los tres muestreos realizados en el banco natural de Chacopata, Sucre, Venezuela.

Especie	Enero	Febrero	Marzo
<i>Arca zebra</i>	167	155	172
<i>Chama sarda</i>	115	60	54
<i>Chicoreus brevifrons</i>	42	1	12
<i>Chama congregata</i>	40	30	47
<i>Cheilea equestris</i>	21	15	0
<i>Crepidula ausitulata</i>	15	20	15
<i>Barbatia candida</i>	7	0	0
<i>Voluta musica</i>	7	4	1
<i>Pinctada imbricata</i>	6	4	5
<i>Arca imbricata</i>	6	0	0
<i>Ostrea equestris</i>	6	0	5
<i>Crucibulum auricula</i>	5	7	0
<i>Modiolus americanus</i>	5	3	19
<i>Chiton sp.</i>	5	1	7
<i>Modiolus squamosus</i>	4	10	0
<i>Octopus defilipi</i>	4	2	3
<i>Turbo castanea</i>	3	1	1
<i>Anadara notabilis</i>	3	4	9
<i>Caloplax sp.</i>	3	1	1
<i>Astraea phoebia</i>	2	1	0
<i>Phyllonotus pomun</i>	1	1	5
<i>Polinices hepaticus</i>	1	0	0
<i>Laevicardium pictun</i>	1	0	0
<i>Astraea tuber</i>	0	4	0
<i>Turritella variegata</i>	0	3	0
<i>Chama macerophylla</i>	0	2	0
<i>Conus mus</i>	0	2	0
<i>Fasciolaria tulipa</i>	0	1	3
<i>Strombus gigas</i>	0	1	0
<i>Nodipecten nodosus</i>	0	1	1
<i>Cymatium parthenopeum</i>	0	1	0
<i>Leucozonia nassa</i>	0	1	0
<i>Calliostoma sp</i>	0	0	7
<i>Plicatula gibbosa</i>	0	0	2
<i>Conus spurius spurius</i>	0	0	1
<i>Barbatia candida</i>	0	0	1
Total	471	336	371

Cuadro 3. Índices comunitarios obtenidos en la comunidad de moluscos asociados a la pepitona *Arca zebra*. N° Ind: número de individuos, S: número de especies, J': equitabilidad, IM: índice de Margalef, D: índice de Simpson, Inv. D: inverso de Simpson, H': índice de Shannon-Wiener, IBP: índice de Berger-Parker, Inv. BP: inverso del IBP y ST: índice de la serie Log-normal.

Índice	Enero	Febrero	Marzo
N° Ind.	471	336	371
S	23	27	21
J'	0,64	0,59	0,63
IM	3,90	4,67	3,70
D	0,20	0,26	0,24
Inv. D	4,77	3,87	4,07
H'	2,09	1,95	1,99
IBP	0,35	0,46	0,45
Inv. BP	2,82	2,17	2,21
ST	5,63	6,92	4,82

Cuadro 4. Parámetros ambientales registrados en la zona de muestreo desde enero hasta marzo 2006.

Mes	Temperatura °C	Salinidad ‰	Oxígeno -----	Clorofila <i>a</i> mg/mL -----	Seston total
Enero	23,5	36,5	3,9	4,5	20,5
Febrero	24,2	37,6	4,2	5,8	23,4
Marzo	24,4	36,7	4,7	6,2	35,7

que las mayores diversidades observadas por Prieto *et al.* (2001) desde julio hasta septiembre coinciden con los mayores desembarcos de bivalvos (Novoa *et al.*, 1999), aunque también se han reportado altos valores de clorofila *a* en el área desde mayo hasta septiembre (Saint Aubyn, 1998).

La zona de Chacopata, en donde se encuentra establecido el banco natural de *Arca zebra*, presenta una gran variedad de ambientes conformado principalmente por rocas y grava, así como parches incrustados de *Thalassia testudinum* que propician la existencia de una diversidad de nichos, en conjunto con el sustrato del área conformado por arena fina. *Arca zebra* ocupa una posición central en la zona, por las altas densidades que presenta, conformando

una extensa área con alta productividad debido al enriquecimiento y fertilidad de la zona, que está sometida a la acción constante de los vientos alisios, originando surgencias con bajas temperaturas y alta disponibilidad de alimento que favorecen la estabilidad del banco, así como una gran diversidad de organismos asociados al mismo (Prieto y Saint-Aubyn, 1998; Prieto *et al.*, 2001). En este sentido, Jackson (1972) señala que la diversidad de moluscos está asociada con la variación de ciertos factores ambientales, como la temperatura, turbidez, salinidad, pH del agua, granulometría y materia orgánica del sedimento.

En general, la diversidad va a depender de la abundancia y/o dominancia de una especie en

particular. En este sentido, Margalef (1995) plantea que la dominancia de especies es inversamente proporcional a la diversidad y que esta relacionada con la riqueza de especies y la productividad de un ecosistema. También esta directamente afectada por la profundidad, estabilidad del ambiente y sustrato, siendo mayor sobre rocas firmes que sobre otro tipo de sustrato menos estable.

Los resultados en la composición de especies concuerdan con los reportes previos en la misma área de Prieto *et al.* (2001) en la cual se indican la abundancia relativa de los bivalvos como *Pinctada imbricata*, *Anadara notabilis*, *Modiolus squamosus*, *Chama* sp y *Ostrea equestris* y en menor abundancia los gasterópodos predadores *Phyllonotus pomun*, *Turbo castanea* y *Chicoreus brevifrons*, entre otros. Es importante señalar en esta investigación, la mayor abundancia de especies del género *Chama* en relación a muestreos previos en el área (Prieto *et al.*, 2001).

El comportamiento de la equitabilidad en todos los muestreos fue similar al de la diversidad, estando probablemente determinada por las mismas razones que regulan la diversidad. El valor alto de equidad en el mes de enero indica que el número de especies encontradas en esta área es mayor y están mejor distribuidas, con respecto a los otros muestreos. Esto también se ha informado en otras comunidades de moluscos asociadas a praderas de *Thalassia* sp. en la zona nororiental de Venezuela (Graterol, 1986), al igual que en comunidades de *Thalassia* del Parque Nacional Morrocoy donde la equitabilidad varío dependiendo de la localidad (Bitter, 1999). La baja diversidad obtenida en este trabajo puede explicarse, no sólo por la dominancia de *Arca zebra*, sino por el método utilizado que se enfocó principalmente a la obtención de moluscos epibénticos de la macrofauna (>1cm), lo que no permitió la colecta de micromoluscos de la infauna. Tampoco se consideraron para los cálculos otros grupos de invertebrados (crustáceos y equinodermos) asociados tróficamente a la comunidad, lo que permitiría obtener valores más altos de diversidad, como se ha reportado en los bancos de importancia comercial de Bahía de Tango, Chile (Wolf y Alarcón, 1993) y en Bahía de Independencia, Perú (Mendo *et al.*, 1987).

CONCLUSIONES

Los parámetros de diversidad numérica fueron bajos con una composición de especies en la

comunidad que concuerda con investigaciones previas en el área, siendo mayor el número de organismos de la clase Bivalvia, a pesar del número de especies de la clase Gasterópoda. *Arca zebra*, *Chama sarda*, *Chama congregata* y *Chicoreus brevifrons* fueron las especies más abundantes. La diversidad de especies y organismos en el banco de Chacopata indican la importancia de estos ambientes para el establecimiento y colonización de las comunidades de moluscos debido a que algunas de ellas, como *Pinctada imbricata* y *Anadara notabilis*, son también de gran importancia ecológica y comercial.

RECOMENDACIONES

Es aconsejable seguir realizando estudios multidisciplinarios para estudiar la evolución de las comunidades de moluscos bentónicos del ecosistema en general, permitiendo de esta manera conocer la biodiversidad en las costas venezolanas, específicamente en el estado Sucre, debido a que estas albergan una gran variedad de especies de importancia comercial además de la pepitona.

LITERATURA CITADA

- Abbott R. 1974. American Seashells. 2^{da} ed. Van Nostrand Reinhold Company. New York, EUA.
- Arias A., R. Guzmán. R.L. Jiménez y R. Molinet. 2002. La pesquería de la pepitona, *Arca zebra*, en Chacopata, estado Sucre, Venezuela: Un análisis bioeconómico. *Zootecnia Trop.*, 20(1): 49-67.
- Bitter R. 1999. Benthic communities associated to *Thalassia testudinum* at three localities of Morrocoy National Park, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 47: 443-452.
- Carvajal F. y J. Capelo. 1992. Moluscos de la plataforma Margarita-Coche-tierra firme (Venezuela). Su distribución y abundancia. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 140: 159- 175.
- Collie J., G. Escanero y P. Valentine. 1997. Effects of bottom fishing on the benthic megafauna of Georges Bank. *Mar. Ecol. Progr. Series*, 155: 159-172.
- Díaz J. y M. Puyana. 1994. Moluscos del Caribe Colombiano. Un catálogo ilustrado. Colciencias, Fundación Natura e Invemar. Bogotá, Colombia.

- Graterol A. 1986. Diversidad de moluscos en dos localidades del Golfo de Cariaco (estado Sucre), Venezuela. Tesis de Licenciatura. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- Gray J. 2002. Species richness of marine soft sediments. *Mar. Ecol. Progr. Series*, 244: 285-297.
- Gordon D., P. Schwinghamer, T. Rowell, J. Prena, K. Gilkinson, W. Vass y D. McKeown. 1998. Studies in eastern Canada on the impact of mobile fishing gear on benthic habitat and communities. *En* Dorsey E.M. y J. Pederson (Eds.) *Effects of Fishing Gear on the Sea Floor of New England*. Conservation Law Foundation, Boston. pp. 10-18.
- Jackson J. 1972. The ecology of the mollusks of *Thalassia* communities, Jamaica. West Indies. II. Molluscan population variability along an environmental stress gradient. *Mar. Biol.*, 14: 304-337.
- Jiménez M., B. Márquez y J. Díaz. 2004. Moluscos del litoral rocoso en cuatro localidades del estado Sucre, Venezuela. *Saber*, 16: 8-17.
- Krebs C. 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row. New York, EUA.
- Levin L., R. Etter, A. Michael, A. Gooday, C. Smith, J. Pineda, C. Stuard, R. Hessler y D. Pawson. 2001. Environmental influences on regional deep sea species diversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 32: 51-93.
- Lindner G. 1975. *Field Guide to Sea Shell of the World*. Van Nostrand Reinhold. New York, EUA.
- Magurran A. 1988. *Diversidad Ecológica y su Medición*. Ediciones Vedral. Barcelona, España.
- Margalef R. 1969. El ecosistema pelágico del Mar Caribe. *Memoria Fund. La Salle Cien. Nat.*, 29: 5-36.
- Margalef R. 1995. *Ecología*. Omega. Barcelona, España.
- Marval J. 1986. Diversidad de moluscos en dos playas de la Isla de Margarita, Venezuela. Tesis de Licenciatura. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- Mendo J., E. Valdivieso, V. Jurado, O. Moron y J. Rubio. 1987. Evaluación de la concha abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía Independencia, Pisco, Perú. IMARPE. Informe N° 91. Lima, Perú.
- Novoa D., J. Mendoza, L. Marcano y J. Cárdenas. 1999. *Atlas Pesquero Marítimo de Venezuela*. MAC-SARPA y VECEP. Caracas, Venezuela.
- Pascoe S. 1997. *By catch management and economics of discarding*. FAO Fish. Tech. Paper. 370. Roma, Italia.
- Pielou E.C. 1969. *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley Interscience. New York, EUA.
- Pielou E.C. 1977. *Mathematical Ecology*. Wiley & Sons. New York. EUA.
- Prieto A. y M. Saint-Aubyn. 1998. Crecimiento del bivalvo *Arca zebra* (Swainson, 1883) en Chacopata, estado Sucre, Venezuela. *Saber*, 10: 14-19.
- Prieto A., L. Ruiz, N. García y M. Álvarez. 2001. Diversidad malacológica en una comunidad de *Arca zebra* (Mollusca: Bivalvia) en Chacopata, estado Sucre, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 49(2): 591-598.
- Prieto A., S. Sant, E. Méndez y C. Lodeiros. 2003. Diversidad y abundancia de moluscos en las praderas de *Thalassia testudinum* de la Bahía de Mochima, Parque Nacional Mochima, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, (51)2: 413-426.
- Prieto A., L. Ruiz, N. García y M. Álvarez. 2005. Diversidad y abundancia de de moluscos de la epifauna en la comunidad sublitoral de Punta Patilla, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 53(1- 2): 135-140.
- Princz D. 1973. Los moluscos gasterópodos y pelecípodos del estado Nueva Esparta, Venezuela. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 33(108): 169-222.
- Ros J. 1979. *Prácticas de Limnología*. Omega. Madrid, España.
- Salaya J. 1971. La pesca de la pepitona, *Arca zebra*, en el Oriente de Venezuela. Informe Técnico N° 27. MAC. Caracas, Venezuela.

- Salaya J. 1999. La pesca y cultivo de moluscos bivalvos en Venezuela, situación y tendencias a nivel de Latinoamérica y el Caribe. Memorias Taller "Aprovechamiento y comercialización de moluscos bivalvos" Facultad de Ciencias. Univ. Central Venezuela. Margarita, Venezuela. pp. 5-11.
- Saint-Aubyn M., A. Prieto y L. Ruiz. 1998. Producción específica de una población del bivalvo *Arca zebra* (Swainson, 1883) en la costa nororiental del estado Sucre, Venezuela. Acta Cient. Ven., 50: 15-23.
- Simpson E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature, 106: 414-418.
- Snelgrove P. 1999. Getting to the bottom of marine biodiversity: sedimentary habitats ocean bottoms are the most widespread habitat on Earth and support high biodiversity and key ecosystems services. Biosci., 49: 129-138.
- Strickland J. y T. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. J. Fish Res. Board Can., 167: 1-130.
- Taylor L., S. Kemptom y P. Wolwood. 1976. Diversity statistics and the log-series model. J. Anim. Ecol., 45: 337-365.
- Thrush S. y P. Dayton. 2002. Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: Implications for marine biodiversity. Ann. Rev. Ecol. Syst., 33: 449-473.
- Thrush S., J. Hewitt, G. Funnel, V. Cummings y J. Ellis. 2001. Fishing disturbance and marine biodiversity: the role of habitat structure in simple soft sediments systems. Mar. Ecol. Prog. Ser., 221: 255-264.
- Vera B. 1978. Introducción al conocimiento taxoecológico de la comunidad asociada a *Thalassia* en las aguas costeras de la región nororiental del edo. Sucre. Tesis de Licenciatura, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- Wilson T. 1991. Transition from back-arc to foreland basin development in the southernmost Andes: Stratigraphic record from the Ultimate Esperanza District, Chile. Geolog. Soc. Amer. Bull., 103: 98-111.
- Wolf M y E. Alarcón. 1993. Structure of a scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) dominate subtidal macroinvertebrates assemblage in northern Chile. J. Shellfish Res., 12: 295-304.

Prevalencia de *Isospora suis* en granjas porcinas intensivas ubicadas en el estado Aragua, Venezuela

Juan C. Pinilla León*

Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos. Facultad de Ingeniería Agronómica. Área de Producción Porcina. San Juan de Los Morros, Guárico. Venezuela. *Correo electrónico: jcpinilla@hotmail.com

RESUMEN

Se realizó una investigación en el estado Aragua, Venezuela, con la finalidad de evaluar la prevalencia de *Isospora suis* en granjas porcinas intensivas. Para el estudio se seleccionaron cinco municipios del estado (40%) en forma aleatoria y visitadas todas las explotaciones porcinas, donde las muestras se obtuvieron en forma proporcional, según el número de animales y grupos de edad. Para la determinación parasitaria se colectaron 1.000 muestras fecales directamente del recto en camadas, cerdas lactantes y gestantes, cerdas de reemplazo y verracos, así como muestras tomadas del piso en cerdos de iniciación, crecimiento y engorde. En cada granja se aplicó una encuesta para recolectar información sobre cantidad de madres, tipo de piso de la unidad paritoria y uso de anticoccidiales. Los resultados de este estudio señalan que *I. suis* se encontró en las camadas de cuatro municipios, así como 75% de prevalencia en granjas y 31,9% en camadas, con los mayores valores de prevalencia en las dos primeras semanas de vida ($P < 0,05$). Igualmente, se determinaron asociaciones estadísticas entre el número de partos de la cerda y los valores de prevalencia en camadas y cerdas lactantes ($P < 0,05$), lo que indica que a mayor número de partos, disminuye la prevalencia en lechones y madres. Con respecto al tamaño de la granja no se encontraron diferencias estadísticas entre los tres tipos de tamaños ($P > 0,05$); sin embargo, los lechones criados en pisos con paletas de plástico tuvieron la prevalencia más baja ($P < 0,05$). Se concluye que *I. suis* se encuentra ampliamente distribuida en la zona estudiada y que pudiera ser controlada mejorando las condiciones sanitarias de las granjas e igualmente se debería tomar en cuenta la presencia de *I. suis* en otros grupos de edad, así como el número de partos de la cerda y tipo de piso, en los programas de control del parásito.

Palabras clave: Prevalencia, *Isospora suis*, camadas, ooquistes, Aragua

Prevalence of *Isospora suis* in swine intensive herds located in Aragua state, Venezuela

ABSTRACT

It was carried out a research in Aragua state with the aim of evaluating the prevalence of *Isospora suis* in intensive swine herds. For the study, five municipalities of the state (40%) were randomly selected and all farms were visited, from where samples were collected in proportion to the quantity of animals and age groups. For parasitic determination, 1.000 fecal samples were collected directly from the rectum in litters, nurslings and gestating sows, replacement gilts, and hogs, as well as, samples taken from the floor in starting, growing, and finishing pigs. From each herd a survey was applied to collect information about sows quantity, pens floor, and use of anticoccidials. The results of this study indicated that *I. suis* was present in litters of four municipalities, as well 75% of prevalence in farms and 31.9% in litters, with the biggest prevalence values in the first two weeks of life ($P < 0.05$). Also, statistical associations were determined among parity number and prevalence values in litters and lactating sows ($P < 0.05$), that indicate that as parity increase, prevalence decrease in litters and sows. With regard to herd size, there were no statistical differences among the three types of size ($P > 0.05$); however, piglets raised in plastic pens had the lowest prevalence ($P < 0.05$). It is concluded that *I. suis* is broadly distributed in the

studied area and it could be controlled improving sanitary herds conditions and equally it should take into account the presence of *I. suis* in other age groups, as well as, the parity sows and pens floor type, in the control programs of these parasite.

Keywords: Prevalence, *Iso spor a suis*, litters, oocysts, Aragua

INTRODUCCIÓN

La coccidiosis neonatal porcina es una enfermedad causada por *Iso spor a suis*, un protozoario con distribución cosmopolita y que se encuentra en cerdos mantenidos en confinamiento (Lindsay *et al.*, 1999). Según Cordero del Campillo *et al.* (1999) los índices de prevalencia están comprendidos entre 1,3 y 92%. Karamon *et al.* (2007) demostraron 27,8% de prevalencia en camadas y 66,7% a nivel de granjas, mientras que Nistrath *et al.* (2002) y Hamadejova y Vitovec (2005) señalaron 42,5 y 21,8% de prevalencia en camadas, respectivamente. En nuestro país, González (1993) determinó 21,8% de prevalencia en lechones, y posteriormente, González *et al.* (2000) demostraron 75% de prevalencia en granjas. Da Silva y Pinilla (2007) demostraron 19,8% de prevalencia en camadas y 60% en granjas ubicadas en el municipio Mariño del estado Aragua. Posteriormente, Pinilla (2008) determinó 93,3% de prevalencia en granjas ubicadas en la región centro – occidental de Venezuela, así como 31,6% en lechones lactantes. Con respecto a la edad, Sayd y Kawazoe (1996) y Hamadejova y Vitovec (2005) reportaron mayores valores de prevalencia en camadas con dos semanas de vida, mientras que Nistrath *et al.* (2002) encontraron mayores valores en camadas de tres y cuatro semanas de edad.

La epidemiología de *I. suis* es aún confusa y se piensa que las cerdas madres pueden jugar un papel importante en la transmisión, aunque no se encontraron ooquistes en muestras fecales de 77 madres en granjas con historia de coccidiosis neonatal (Lindsay *et al.*, 1984; 1999). De igual forma, Stuart y Lindsay (1988) y Farkas *et al.* (2004) tampoco encontraron cerdas excretando ooquistes, concluyendo que las madres no juegan ningún papel en la transmisión del parásito. Sin embargo, Meyer *et al.* (1999) determinaron 2,3% de prevalencia de *I. suis* en cerdas madres y Karamon y Ziomko (2004) determinaron 15% de madres eliminando ooquistes de *I. suis*. González (1993) determinó 13,6% de prevalencia de *I. suis* en madres

lactantes y 43,4% en lechones destetados, mientras que Pinilla (2008) encontró 9/68 madres lactantes eliminando ooquistes (13,2%), 43,7% en cerdos de iniciación y ningún verraco resulto positivo. Con respecto al tamaño de la granja, Nistrath *et al.* (2002) observaron que la presencia de *I. suis* en lechones fue mayor en granjas pequeñas (20 madres) que en aquellas consideradas grandes (320 madres). Además encontraron valores bajos de prevalencia en unidades paritorias donde emplean pisos de rejillas o perforados, posiblemente debido al menor contacto de los lechones con sus heces. Karamon y Ziomko (2004) encontraron mayor presencia del parásito en granjas grandes. Según Feporcina (2006), el estado Aragua representa el tercer estado productor porcícola de Venezuela, donde se encuentran aproximadamente el 32% del total de vientres de nuestro país y se produce el 15% de lechones que van al mercado nacional. En este orden de ideas, se planteó como objetivo del presente trabajo evaluar la prevalencia de *I. suis* en granjas porcinas ubicadas en el estado Aragua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica del estudio

El estudio se realizó en granjas porcinas ubicadas en los municipios Bolívar, Mariño, Rebenga, Ribas y Sucre del estado Aragua, Venezuela. Las características climatológicas de los cinco municipios son similares y son consideradas como de clima tropical, con registros pluviométricos anuales entre 500 y 900 mm, temperaturas medias anuales de 26,3°C con 66,8% de humedad relativa. Se encuentran situados entre 450 y 700 msnm (MARNR, 2006).

Tipo de granja seleccionada

Se incluyeron únicamente explotaciones porcinas organizadas de ciclo completo y flujo continuo, con tamaño igual o mayor a 100 madres en producción, lo que supone una sólida actividad económica de las mismas (Rodríguez, 1995).

Diseño del muestreo

Se diseñó un muestreo aleatorio por conglomerados bietápico, empleando los registros de censos porcinos existentes en el Departamento de epidemiología del SASA Aragua (2006). En la primera etapa del muestreo, se tomó 40% de los municipios (5/13), los cuales fueron seleccionados al azar utilizando una tabla de números aleatorios. De los municipios seleccionados fueron visitadas todas las granjas organizadas (38 granjas porcinas), que representan 51,3% del total de explotaciones organizadas del estado Aragua. Sin embargo, solamente se pudo examinar 28 granjas (73,6%) ya que al momento de la visita no permitieron el ingreso en 10 explotaciones por motivos sanitarios. Del municipio Bolívar se examinó 1 de 2 (50%) granjas existentes, en Mariño 10/15 (66,6%), en Rebenga 6/9 (66,6%), en Ribas 9/10 (90%) y en Sucre se examinaron 2/2 (100%) de las granjas existentes. En la segunda etapa del muestreo, se tomaron las muestras en cada granja de forma proporcional al total de animales existentes en cada una y según los diferentes grupos de edad (Lohr, 1999). El tamaño de la muestra se calculó aplicando la fórmula $n = p(100 - p) \times 4 / (10 \times p / 100)^2$, utilizando 30% como nivel de prevalencia y 95% de nivel de confianza (OPS, 1973). Se obtuvo un tamaño muestral de 933, pero se decidió fijar en 1.000 unidades experimentales distribuidas proporcionalmente según los diferentes grupos de edad.

Toma de las muestras

El muestreo se realizó durante los meses de enero a diciembre de 2007. En primer lugar, se seleccionaron 254 camadas al azar (grupo 1) y de cada una fueron tomados 4 a 5 lechones con la finalidad de hacer un pool de la muestra. A cada lechón se le introdujo un hisopo por vía rectal con el propósito de estimular la defecación y coleccionar las heces en tubos de ensayo previamente identificados. Se registró la edad de la camada y el número de partos de la madre en una planilla de campo. En segundo lugar, se coleccionaron 746 muestras fecales en otros grupos de edad, siguiendo un orden de menor a mayor según la edad: lechones de iniciación (n = 89), lechones de crecimiento (n = 83), lechones de engorde (n = 68), cerdas de reemplazo (n = 15), madres gestantes en último mes de gestación (n = 121), madres lactantes (n = 254) y verracos (n = 116). A las cerdas lactantes, gestantes, reemplazo y verracos se les extrajo la muestra de heces directamente de la

ampolla rectal y en algunas ocasiones se recurrió al uso del axial para el muestreo de verracos indóciles. La muestra de heces en lechones de iniciación, crecimiento y engorde fue tomada directamente del piso o recién depuesta, tomando una pequeña porción de heces en cinco puntos dentro del corral. Las muestras se coleccionaron en bolsas plásticas previamente identificadas y se introdujeron en una cava refrigerada para ser trasladadas a la Unidad de Investigación en Parasitología de la Facultad de Agronomía de la UNERG donde fueron conservadas en refrigeración hasta su procesamiento. Durante la visita de cada granja se aplicó una encuesta epidemiológica con la finalidad de obtener información referente a cantidad de madres en producción (tamaño de la granja), tipo de piso de la unidad paritoria y uso de anticoccidiales.

Análisis de las muestras

Todas las muestras fueron cultivadas en cápsulas de petri utilizando 20 mL de una solución de dicromato de potasio al 2,5% durante un lapso de 24 a 48 h (pool de cada camada) y de dos semanas para el resto de grupos (Hendrix, 1999). Transcurrido ese tiempo, se empleó una técnica de centrifugación – flotación empleando una solución de azúcar – sal (Henriksen y Christensen, 1992) para realizar el diagnóstico. La visualización e identificación de ooquistes se hizo con un microscopio binocular, usando magnificación de 10 y 40X.

Análisis estadísticos

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante la prueba exacta de Fisher para realizar comparaciones entre valores de prevalencia en los municipios, edad de las camadas, tamaño de granjas, tipos de piso y empleo de anticoccidiales. Así mismo, se empleó la correlación con rangos de Spearman para determinar asociaciones entre grupos de edad y número partos con valores de prevalencia. Para los cálculos se utilizó el programa estadístico Statistix (Analytical Software, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinó *I. suis* en cuatro de los cinco municipios examinados durante el estudio, ya que las camadas evaluadas del municipio Bolívar resultaron negativas a la excreción de ooquistes del protozooario (Cuadro 1). Las muestras del municipio Rebenga resultaron con el más alto valor de prevalencia

Cuadro 1. Comparación de la prevalencia de *I. suis* en cinco municipios del estado Aragua.

Municipio	n	Positiva	Negativa	Prevalencia %
Bolívar	15	0	15	0,0a†
Mariño	90	19	71	7,5b
Rebenga	63	37	26	14,6c
Ribas	64	19	45	7,5b
Sucre	22	6	16	2,4b
Total	254	81	173	31,9

† Medias con diferentes letras indica diferencia significativa ($P < 0,05$).

($P < 0,05$), debido a que en esta localidad se observó que la mayoría de granjas presentan pobres condiciones higiénico – sanitarias y de manejo, lo que trae consigo mayor viabilidad y perpetuación del parásito dentro de las unidades paritorias. Al referirlo a las granjas, se determinó 75% de prevalencia (21/28), lo cual reflejó una alta presencia del protozoario en estas explotaciones, coincidiendo con resultados señalados por González *et al.* (2000) y Pinilla (2008).

Con respecto a las camadas, se determinó 31,9% de prevalencia a *I. suis* (81/254). En el Cuadro 2 se muestra la comparación entre camadas de diferentes edades donde se observan mayores valores de prevalencia en camadas de una y dos semanas de edad ($P < 0,05$) con respecto a aquellas de tres y cuatro semanas. Estos resultados coinciden con lo señalado por González (1993), Sayd y Kawazoe (1996), Hamadejova y Vitovec (2005) y Pinilla (2008), quienes determinaron mayores valores de prevalencia en las dos primeras semanas de vida y podría deberse a la falta de un adecuado programa de profilaxis y control en las granjas, lo que trae consigo mayor presión de infección en estas edades. Por otro lado, estos resultados difieren con lo señalado por Niestrah *et al.* (2002), quienes determinaron mayores tasas de prevalencia en lechones de tres y cuatro semanas de edad.

En el Cuadro 3 se muestran los valores de animales infectados en los diferentes grupos de edad examinados. Aunque se aprecia que todos los grupos de edad aparecen parasitados, excepto las cerdas reemplazo, se encontró una correlación sin significancia estadística ($\rho = -0,40$; $P > 0,05$) entre

los grupos de edad y la prevalencia. Estos resultados difieren con lo señalado por Lindsay *et al.* (1984), Stuart y Lindsay (1988) y Farkas *et al.* (2004), quienes no encontraron cerdas madres eliminando ooquistes de *I. suis*, pero coinciden con González (1993), Meyer *et al.* (1999), Karamon y Ziomko (2004) y Karamon *et al.* (2007) y Pinilla (2008), quienes reportaron la presencia del parásito en cerdas madres. La baja presencia de ooquistes de *I. suis* en heces de madres demuestra que las cerdas pueden eliminar cantidades de ooquistes que no son detectables con las pruebas convencionales y esas cantidades bajas de ooquistes pueden tornarse infectivas y diseminarse por toda la paridera, sobre todo cuando existen problemas higiénico – sanitarios y de manejo. Por su parte, los resultados obtenidos en animales de iniciación demostraron la presencia del protozoario en este grupo, lo cual coincide con lo señalado por González (1993), Pinilla (2008) y Da Silva y Pinilla (2007). Por tanto, se puede pensar que lechones de 4 a 6 semanas de edad, así como cerdos en crecimiento y engorde, criados y mantenidos en corrales próximos al área de maternidad pueden jugar un papel importante en la cadena de transmisión del parásito, sobre todo en explotaciones de flujo continuo.

Actualmente no existen reportes acerca del efecto que pueda tener el número de partos de la cerda sobre los valores de prevalencia en camadas. En el Cuadro 4 se muestra la relación entre los valores de prevalencia en camadas provenientes de cerdas con diferente número de partos, encontrando que a mayor número de partos menor es la prevalencia en camadas ($r = -0,92$; $P < 0,05$). El número de partos de la cerda parece ser un factor de riesgo importante que puede afectar el

Cuadro 2. Comparación de la prevalencia de *I. suis* en camadas de diferentes edades.

Edad semana	n	Negativa	Positiva	Prevalencia %
1	66	39	27	10,6a
2	116	75	41	16,1a
3	53	44	9	3,6b
4	19	15	4	1,6b
Total	254	173	81	31,9

† Medias con diferentes letras indica diferencia significativa (P<0,05).

Cuadro 3. Infección en los diferentes grupos de edad examinados en cinco municipios del estado Aragua.

Grupos de edad	n	Negativa	Positiva	Infección %
Camada	254	173	81	31,9
Iniciación	89	72	17	19,1
Crecimiento	83	80	3	3,6
Engorde	68	64	4	5,9
Reemplazo	15	15	0	0
Madres gestantes	121	116	5	4,1
Madres lactantes	254	234	20	7,9
Verracos	116	110	6	5,2
Total	1.000	864	136	13,6

Cuadro 4. Prevalencia de *I. suis* en camadas provenientes de cerdas con diferente número de partos.

Partos	n	Negativa	Positiva	Prevalencia %
1	74	39	35	13,8
2	45	32	13	5,1
3	50	37	13	5,1
4	42	32	10	3,9
5	16	12	4	1,6
> 6	27	21	6	2,4
Total	254	173	81	31,9

desempeño productivo en las salas de parto y por eso en muchas empresas porcinas se busca mantener cierta uniformidad en esta variable. Cardona *et al.* (2002) han señalado que las cerdas adquieren mejor status inmunitario en la medida que se hacen viejas y esto ha sido comprobado para *Mycoplasma hyopneumoniae*. También se han comprobado diferencias estadísticas respecto a infecciones por *Haemophilus parasuis* en cerdas con diferentes pariciones (Holyoake, 2006). Probablemente, los lechones que se crían con cerdas primerizas no reciben la cantidad y calidad de anticuerpos calostrales para combatir infecciones por *I. suis*, mientras que aquellos que se crían con cerdas adultas con sistemas inmunológicos más desarrollados, reciben los anticuerpos necesarios que le permiten al lechón adquirir una mejor inmunidad pasiva y poder combatir infecciones por *I. suis*.

Con los resultados de las 20 madres lactantes eliminado ooquistes de *I. suis* se realizó una prueba de correlación con rangos de Spearman para determinar la relación existente entre la excreción de ooquistes en cerdas con diferente número de partos. En la Figura 1 se observa que a mayor número de partos, la excreción de ooquistes tiende a disminuir ($r = -0,88$; $P < 0,05$), lo que podría indicar que las cerdas en la medida que se hacen mayores desarrollan un sistema inmune capaz de contrarrestar infecciones de *I. suis*. Con estos resultados se podría pensar que cerdas jóvenes constituyen un factor importante en la transmisión del agente parasitario y de acuerdo a estos hallazgos, se debería considerar los sistemas con paridad segregada como una opción para el control de enfermedades infecciosas que afectan a los porcinos.

Aunque no existe un baremo para establecer el tamaño de la granja, se tomó como referencia la clasificación empleada por Karamon y Ziomko (2004). Por tanto, se clasificaron en grandes (más de 700 madres en producción), medianas (entre 300 y 699) y pequeñas (entre 50 y 299). En el Cuadro 5 se muestran los valores de prevalencia encontrados en granjas con diferentes tamaños, donde se aprecia que no hubo diferencias estadísticas ($P > 0,05$) entre los valores de prevalencia, lo que indica que el protozoario se encuentra presente en granjas con diferentes tamaños. Estos resultados difieren con lo señalado por Nierstrath *et al.* (2002) quienes encontraron mayor prevalencia en granjas pequeñas, mientras que Karamon y Ziomko (2004) en granjas grandes. Sobre este hallazgo pienso que el factor manejo y condiciones sanitarias de la

mayoría de granjas evaluadas, tenga mayor efecto sobre la presencia del parásito que el encontrado en granjas según el tamaño de las mismas. Sin embargo, en nuestras condiciones sería prudente evaluar mayor cantidad de granjas grandes donde existen mayor número de madres y de esta manera sacar conclusiones al respecto.

Los resultados que se muestran en el Cuadro 6 mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los valores de prevalencia de las camadas criadas en tres tipos de pisos. Aunque se encontraron animales excretando ooquistes en los tres tipos de piso, se observó mayores valores de prevalencia en aquellas criadas en pisos sólidos y mixtos (plástico y sólido). En estos tipos de piso se dificulta realizar una buena limpieza y desinfección, lo que trae como consecuencia que ooquistes de *I. suis* se mantengan viables dentro de la unidad paritoria, para que cuando vengan camadas nuevas proliferen el protozoario. Por otro lado, los pisos con paletas de plástico, donde se puede realizar una mejor limpieza y desinfección de los mismos, disminuyen la viabilidad y proliferación del parásito para las siguientes camadas.

Finalmente, de las 28 granjas evaluadas y encuestadas en los cinco municipios del estado Aragua, 60,8% (17/28) aplicaron anticoccidiales para el control de *I. suis* en lechones lactantes; sin embargo, en 64,7% (11/17) de la granjas donde se aplicó el tratamiento se encontró positividad a la infección (Figura 2). Al analizar estos datos con la prueba exacta de Fisher, no se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0,05$) en los valores positivos entre granjas que aplican o no tratamientos anticoccidiales. Aunque el propósito del presente trabajo no fue evaluar programas terapéuticos para la prevención y control de *I. suis* en lechones lactantes, llama la atención este resultado por cuanto se demostró una alta prevalencia en granjas que aplican anticoccidiales. Probablemente la falta de criterio técnico por parte de los productores en el empleo de anticoccidiales sea una variable que este influyendo sobre los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que las cerdas madres y lechones de iniciación pueden jugar un papel importante en la cadena de transmisión de *I. suis*, ya que la poca eliminación de ooquistes pueden tornarse infectivos y diseminarse por toda la maternidad a

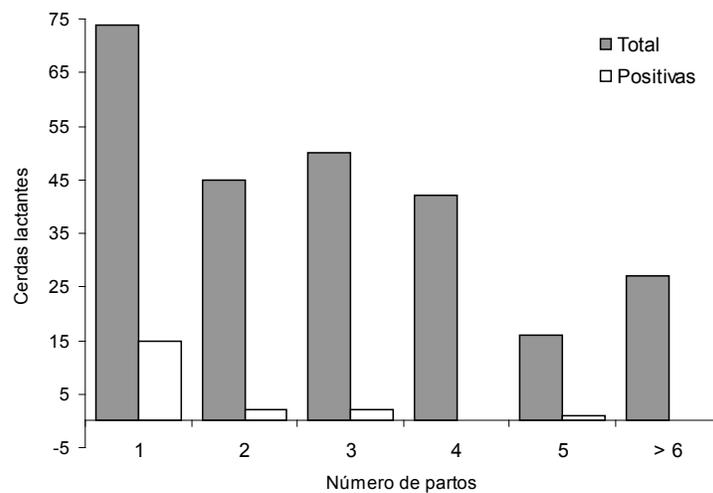
Cuadro 5. Prevalencia de *I. suis* en granjas con diferentes tamaños.

Tamaño	n	Negativa	Positiva	Prevalencia %
Pequeña	9	1	8	88,9
Mediana	15	5	10	66,7
Grande	4	1	3	75,0
Total	28	7	21	76,9

Cuadro 6. Prevalencia de *I. suis* en camadas criadas en tres tipos de pisos.

Tipo de piso	n	Negativa	Positiva	Prevalencia %
Paletas de plástico	102	83	19	18,6a†
Sólido	116	70	46	39,6b
Mixtos	36	20	16	44,4b
Total	254	173	81	31,6

† Medias con diferentes letras indica diferencia significativa ($P < 0,05$).

Figura 1. Comparación entre la excreción de ooquistes de *I. suis* en cerdas lactantes de diferentes paridades.

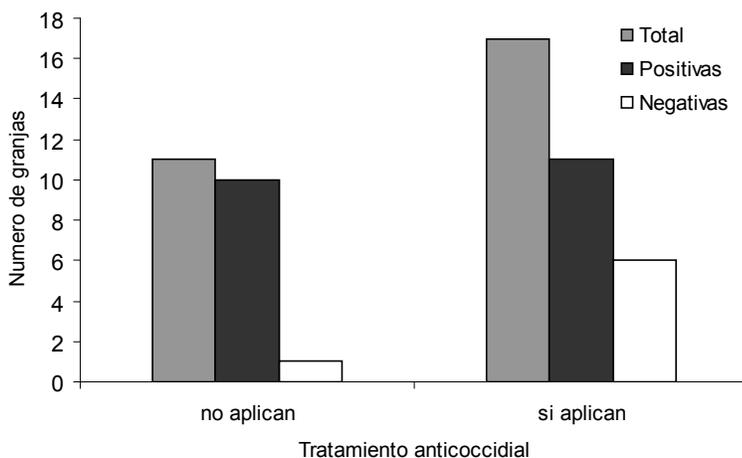


Figura 2. Total de granjas que aplican tratamientos anticoccidiales.

través de mecanismos diseminadores, sobre todo en aquellas granjas con pobres condiciones higiénico – sanitarias.

1. Se demostró que el número de partos de la cerda puede afectar los niveles de prevalencia de *I. suis* en camadas y madres, lo que es de suma importancia para establecer programas de control y prevención del parásito. De igual forma, se determinó que la prevalencia aumenta en camadas criadas en pisos sólidos y mixtos, por tanto, debería prestarse mayor atención en los programas de lavado y desinfección empleados, con la finalidad de disminuir la presión de infección sostenida en este tipo de pisos.
2. A pesar de que la encuesta epidemiológica empleada arrojó que 60,8% de las granjas aplican tratamientos anticoccidiales, se observó una alta prevalencia de *I. suis* en el estado Aragua, que pudiera ser controlada al mejorarse las condiciones higiénico – sanitarias de las granjas e informando mejor al productor a cerca de los programas de control del parásito.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece la colaboración prestada a los productores porcícolos del estado Aragua que permitieron el ingreso en sus explotaciones. Igualmente, se agradece el valioso apoyo a la Dra.

Mercedes Velásquez y Dra. Zaide Tiape, quienes son miembros del personal docente y de investigación de la Facultad de Agronomía de la UNERG, por permitir procesar las muestras en la Unidad de Investigación en Parasitología que se encuentra ubicada en el Laboratorio sobre Manejo y Control de Plagas.

LITERATURA CITADA

- Analytical Software. 2008. Statistix for Windows. User's Manual. Ver. 8. Tallahassee, EUA.
- Cardona A.C., C. Pijoan, V. Utrera y J. Deen. 2002. Prevalence of *Mycoplasma hyopneumoniae* in different parity cull sows. Proc. 18^{vo} International Pig Veterinary Society Congress, Hamburg, Alemania. Vol 1: 402.
- Cordero Del Campillo M., M.R. Hidalgo y N. Díez. 1999. Parasitosis del cerdo. Eimeriosis e Isosporosis. En Cordero Del Campillo M., F.A. Rojo, A.R. Martínez, M.C. Sánchez, S. Hernández, I. Navarrete, P. Díez, H. Quiroz y M. Carvalho (Eds.) Parasitología Veterinaria. McGraw Hill Interamericana, Madrid, España. pp. 451-456.
- Da Silva J.M y J.C. Pinilla. 2007. Evaluación parasitológica y caracterización de granjas porcinas ubicadas en el municipio Santiago Mariño del estado Aragua. Memorias 6^{ta} Jornadas de Investigación y III Jornadas de Extensión, Universidad Rómulo Gallegos, San Juan de Los Morros, Venezuela.

- Farkas R., Z.S. Szeidemann y G. Majoros. 2004. Prevalence and geographical distribution of Isosporosis in swine farms of Hungary. Proc. 18^{vo} International Pig Veterinary Society Congress, Hamburg, Alemania. Vol 1: 314.
- Feporcina. 2006. Comportamiento del sector porcino en el año 2005. Rev. Inf. Divulg. 1: 10-12.
- González Y. de W. 1993. Prevalencia de coccidias en suinos del estado Aragua y municipio Diego Ibarra del estado Carabobo. Veterinaria Trop. 18: 45-57.
- González Y. de W., L.G. de Moreno y G. García. 2000. *Isoospora suis* en granjas con diferentes condiciones de instalaciones y manejo. Veterinaria Trop. 25(2): 257-265.
- Hamadejova K. y J. Vitovec. 2005. Occurrence of the coccidium *Isoospora suis* in piglets. Vet. Med – Czech. 50(4): 159-163.
- Hendrix C.M. 1999. Diagnóstico Parasitológico Veterinario. 2^{da} ed. Harcourt Brace. Madrid, España.
- Henriksen S.A. y J.P. Christensen. 1992. Demonstration of *Isoospora suis* oocysts in faecal samples. Vet. Rec., 131: 443-444.
- Holyoake P.K. 2006. Dam parity affects the performance of nursery pigs. Proc. 19^{na} International Pig Veterinary Society Congress. Copenhagen, Dinamarca. Vol 1: 149.
- Karamon J. e I. Ziomko. 2004. Prevalence of coccidia invasions in sows and suckling piglets in Poland. Proc. 18^{vo} International Pig Veterinary Society Congress. Hamburgo, Alemania. Vol. 1: 21.
- Karamon J., I. Ziomko y T. Cenzek. 2007. Prevalence of *Isoospora suis* and *Eimeria spp.* in suckling piglets and sows in Poland. Vet. Parasitol., 147: 171-175.
- Lindsay D.S., J.V. Ernst, W.L. Current, B.P. Stuart y T.B. Stewart. 1984. Prevalence of oocysts of *Isoospora suis* and *Eimeria spp.* from sows on farms with and without a history of neonatal coccidiosis. J. Am. Vet. Med. Assoc., 185: 419-421.
- Lindsay D.S., B.L. Blagburn y J.P. Dubey. 1999. Coccidia and Other Protozoa. En Straw B.E., S. D'Allaire, W.L. Mengeling, D.J. Taylor (Eds.) Diseases of Swine. 8^{va} ed. Iowa State University Press. Ames, EUA. pp. 655-660.
- Iohr S. 1999. Muestreo. Diseño y Análisis. International Thomson, Ciudad de México, México.
- Meyer C., A. Joachim y A. Dauschies. 1999. Occurrence of *Isoospora suis* in larger piglet production units and on specialized piglet rearing farms. Vet. Parasitol., 82: 277-284.
- MARNR (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables). 2006. Anuario Climatológico. MARNR. Caracas, Venezuela.
- Niestrath M., M. Takla, A. Joachim y A. Dauschies. 2002. The role of *Isoospora suis* as a pathogen in conventional piglet production in Germany. J. Vet. Med., 49: 176-180.
- OPS (Organización Panamericana de Salud). 1973. Procedimientos para estudios de prevalencia de enfermedades crónicas en el ganado. Nota técnica N°18.
- Pinilla J.C. 2008. Prevalencia e incidencia de *Isoospora suis* y *Eimeria spp* en granjas intensivas ubicadas en la región centro-occidental de Venezuela. Rev. Cien. Lumen 21. Vol 15: 34-38.
- Rodríguez D. 1995. Estudio seroepidemiológico de la enfermedad de Aujeszky en granjas porcinas del estado Carabobo, Venezuela. Tesis Mag. Scie. Universidad Central de Venezuela. Fac. Cien. Vet. Maracay, Venezuela.
- SASA (Sistema Autónomo de Sanidad Agropecuaria). 2006. Censo de granjas porcinas del estado Aragua. Reportes de Programa Vacunación contra Fiebre Aftosa. Dep. Epidemiología. SASA, Maracay, Venezuela.
- Sayd S. y U. Kawazoe. 1996. Prevalence of porcine neonatal isosporosis in Brazil. Vet. Parasitol., 67(3-4): 169-174.
- Stuart B.P. y D.S. Lindsay. 1988. Coccidiosis in swine. Vet. Clin. North. Am. Food. Anim. Pract., 2: 455-468.

Nota Técnica

Evaluación de un programa de control selectivo en becerros doble propósito infectados con estróngilos digestivos

Espartaco Sandoval^{1*}, Gustavo Morales², Delia Jiménez³, Luz A. Pino² y Oswaldo Marquez¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Centro de Investigaciones Agrícolas del estado Yaracuy. Apartado Postal 110. San Felipe 3201, Yaracuy, Venezuela. *Correo electrónico: esandoval@inia.gob.ve

²INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Laboratorio de Parasitología. Maracay, Aragua, Venezuela.

³Licenciada en educación en ejercicio libre de la profesión.

RESUMEN

Con el objeto de evaluar el impacto de un programa de control selectivo de la infestación por estróngilos digestivos, se utilizaron 35 becerros mestizos infestados en condiciones naturales en potreros bajo un esquema arbitrario de rotación, pertenecientes a una explotación de doble propósito, ubicada en una zona de bosque seco tropical. Cada 15 días los animales eran examinados coproscópicamente mediante la técnica cuantitativa de McMaster y los resultados expresados en huevos por gramos de heces (hpg). Los individuos que resultaron con niveles de infestación elevados (>700 hpg) fueron tratados durante el muestreo siguiente con un producto de larga persistencia a base de ivermectina 3,5%. Se determinaron además el hematocrito (ht) y el peso vivo (pv). Los animales que no requerían tratamiento fueron sometidos a la misma evaluación cada 30 días. Los resultados señalan una disminución de la proporción de animales con niveles altos de infestación que comenzó con 28,6% y al final del periodo de observación alcanzo 14,3% del total de animales del grupo experimental. Los altos niveles de infestación en animales capaces de mantener niveles productivos aceptables indican que se trata de animales resilientes. Se discute la importancia del tratamiento selectivo de la fracción de animales resilientes en la disminución de la contaminación del pastizal con las formas de diseminación de los estróngilos digestivos.

Palabras clave. Estróngilos, control selectivo, resiliencia, bovinos

Evaluation of a selective control program in dual purpose calves infected with digestive strongylid

ABSTRACT

In order to evaluate the impact of a program of gastrointestinal strongylid selective control, 35 crossbreed calves reared under continuous grazing in a dual purpose farm were used. The farm is located in an area classified as tropical dry forest in Yaracuy state (Venezuela). Calves were coproscopically examined every 15 days by means of the McMaster technique and the results expressed in egg per gram of feces. All the calves with high infestation degree were drenched during the next sampling with a long persistence anthelmintic product (Ivermectine 3.5%). Haematocric and live weight were also determined. Calves that were not required to be drenched were subjected to the same evaluation monthly. The results showed a continuous diminution of the proportion of calves with high infestations degree, which started in 28.6%, but at the end of the observation period this percentage was only 14.3%. The high infestation degree in animals that were able to maintain acceptable productive levels indicate that these calves were resilient. The importance of selective anthelmintic treatment of the resilient fraction within the herd for gastrointestinal strongylids control is discussed.

Keywords: strongylids, selective control, resilience, bovine.

INTRODUCCIÓN

Las parasitosis por helmintos gastrointestinales representan la patología dominante en las explotaciones de rumiantes, siendo el resultado de un complejo de factores tanto biológicos como ambientales que interactúan para garantizar la persistencia y favorecer la expansión de un elevado número de especies con características diferentes de patogenicidad y difusibilidad (Traldi, 2006). Sin embargo, Morales *et al.* (1998) evidenciaron en animales infectados en condiciones naturales que la disposición espacial, tanto de los vermes como de los contajes de huevos por gramos de heces, se presentaba en forma de agregados y que solo en una pequeña proporción de estos (15,3%) se albergaban las mayores cargas de vermes y los más altos conteos de huevos por gramos de heces, por los que se considera a este pequeño grupo de animales como acumuladores de parásitos. En este sentido dicho grupo se considera de gran importancia en la dinámica de transmisión de las parasitosis, al constituirse en una importante fuente de contaminación ambiental y por ende de potenciar la posibilidad de infección para otros animales (Morales *et al.*, 2001).

Evaluaciones realizadas dentro de una misma raza han encontrado que existe una variabilidad genética individual basada en una menor (Hood *et al.*, 1999) o mayor capacidad (Baker, 1999) para responder inmunológicamente contra los parásitos siendo esta una característica altamente heredable (Sreter *et al.*, 1994). Desde el punto de vista de estrategias de control resulta de gran interés la identificación de estos individuos, ya que la utilización de tratamientos selectivos permitiría la remoción de una importante cantidad de parásitos del sistema hospedador-parásito y consecuentemente una significativa reducción de la contaminación de las áreas de pastoreo (Cuéllar, 2007).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de programas de control selectivo para atenuar el efecto de las helmintiasis gastrointestinales en bovinos, al reducir la expulsión de huevos y mejorar las ganancias de peso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del estudio se utilizaron 35 becerros mestizos correspondiente a una explotación de doble propósito ubicada en una zona de bosque

seco tropical cuyo geoposicionamiento es 19P 498776 UTM 1106772 con una altitud promedio de 450 msnm y predominancia de suelos franco arcillosos. Esta área presenta un periodo de lluvias entre 6 y 9 meses, con precipitación promedio de 1.100 mm/año, temperatura promedio de 26°C y una humedad relativa promedio de 80%. El estudio se realizó entre la última quincena de febrero, los meses de marzo, abril y primera quincena de mayo del año 2008.

Los animales pastorearon sin suplementación en cinco potreros de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), de manera no sistematizada y cuya área era usada indistintamente por animales de cualquier estrato etario. Con una frecuencia quincenal los animales fueron muestreados para evaluación coproparasitológica, tomando una muestra directamente del recto de cada animal, con el empleo de una bolsa plástica y conservadas, previa identificación, en refrigeración hasta su procesamiento por la técnica de Mc Master modificada (Morales y Pino, 1977), expresando sus resultados en huevos por gramo de heces (hpg). Los resultados de la coproscopía cuantitativa fueron empleados para la determinación de los niveles de infección de acuerdo con los criterios establecidos por Skerman y Hillard (1966), donde los recuentos mayores de 700 hpg son considerados como infecciones graves.

Los animales identificados con infecciones graves fueron sometidos a tratamiento antihelmíntico durante el muestreo siguiente donde se les administro un producto comercial de larga persistencia, conteniendo ivermectina al 3,15% p/v, a la dosis sugerida de 630 µg de ivermectina por kg de peso, contenido en 1 mL del quimioterápico por cada 50 kg de peso. Se determinó además el indicador hematocrito (Ht) por la técnica de la microcentrifugación, expresándose en L/L (Coles, 1981) y la ganancia diaria de peso, a través de la medición del peso vivo entre muestreos. En el resto del grupo, estas mismas evaluaciones fueron realizadas cada 30 días.

Para el análisis de los datos, se considero al total de animales como la frecuencia esperada y el número de animales sometidos a tratamiento selectivo como la frecuencia observada. Los mismos fueron analizados mediante la prueba de bondad de ajuste de ji cuadrado con 3 grados de libertad (Morales y Pino, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados señalados en el Cuadro 1 reflejan con el transcurrir del tiempo, la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($\chi^2 = 91,6$; $P < 0,001$) entre la cantidad de animales a tratar mediante el esquema tradicional con respecto a la cantidad de animales tratados mediante el esquema selectivo, observándose una disminución progresiva de la proporción de animales con niveles altos de infestación que debieron ser sometidos a tratamiento, llegando al final del periodo de observación a 14,3% del total de animales del grupo experimental, alcanzando valores mínimos de 2,9%, durante los periodos de menor precipitación

La población de hospedadores, que inicialmente estaba formada en una moderada proporción (28,6%) por animales con altas cargas parasitarias y que han sido considerados como responsables del mantenimiento y abundancia de poblaciones de parásitos en las explotaciones (Pruett, 1999), disminuyó drásticamente después del tratamiento, manteniéndose un bajo porcentaje de animales con niveles de infestación elevado hasta los 90 días postratamiento, indicándonos el prolongado efecto protector contra las reinfestaciones de la formulación

empleada. Se advirtió, sin embargo, que la pequeña fracción de individuos que mantuvieron niveles elevados en sus recuentos de hpg, tuvieron niveles productivos aceptables, lo cual se vió reflejado en los valores fisiológicamente normales de hematocrito y en las moderadas ganancias de peso, lo cual nos indica que estos animales pueden ser considerados resilientes (Castells, 2002).

Estos altos niveles de infestación parasitaria observada en algunos animales se ve favorecida por el esquema arbitrario de rotación empleado en la explotación, con tendencia al sobrepastoreo provocado por prolongados periodos de ocupación del pastizal y ausencia de practicas culturales, lo cual conduce en conjunto, a una mayor ingestión de larvas infectantes (Dittrich *et al.*, 2004), que a su vez es influenciada por los efectos ambientales, al observarse una menor proporción de animales afectados (>700 hpg) a medida que los niveles de precipitación disminuyen (Sandoval *et al.*, 2004-2005; Ndamukong y Ngome, 1996). Por otra parte, estas condiciones representan un detrimento de la oferta nutricional, reflejado en las bajas ganancias de peso (<200 g/d), que conduce a la disminución de la capacidad del huésped para superar el desafío parasitario (Coop y Kyriazakis,

Cuadro 1. Comportamiento de la proporción de infecciones graves (>700 hpg) por estrongilos digestivos en becerros doble propósito sometidos a un programa de control selectivo con un antihelmíntico de larga persistencia.

Tiempo día	ANT† No (%)	GDP		Ht		PP mm
		ANT ----- g/d	grupo -----	Ht ANT ----- L/L	grupo -----	
0	35 (100a)‡			-	-	
15	10 (28,6b)	0,164		0,374		24,9
30	6 (17,1b)	0,148	0,131	0,325	0,305	0
45	1 (2,9b)	-0,065		0,370		4,5
60	1 (2,9b)	0,161	0,212	0,470	0,396	3,3
75	4 (11,4b)	0,080		0,295		14,3
90	5 (14,3b)	0,103	0,424	0,324	0,372	46,0

† ANT: animales que necesitaron tratamiento. GDP ANT: ganancia diaria de peso en animales que necesitaron tratamiento. GDP grupo: ganancia diaria de peso en el grupo. Ht ANT: hematocrito en animales que necesitaron tratamiento. Ht grupo: hematocrito en el grupo. PP: precipitación registrada en cada quincena.

‡ Letras distintas indican diferencias estadísticas entre medias comparadas contra el día cero.

1999), que en este caso no se hizo tan evidente debido a la presencia de animales resilientes en el rebaño y al efecto protectorio del antiparasitario de larga persistencia empleado.

En el caso de los ovinos y en explotaciones donde se compruebe la presencia de la especie *Haemonchus contortus*, es de gran utilidad el uso del color de la conjuntiva ocular y su comparación con una carta de colores denominada FAMACHA, a través de la cual se logra evaluar clínicamente a los miembros de un rebaño y de manera indirecta aproximarse a los valores del volumen del paquete celular y determinar de esta manera la necesidad de tratamiento en ciertos individuos afectados por infecciones de este género (Vargas, 2006). Intentos por validar estas metodologías en bovinos, han demostrado que no existe asociación entre el color de la conjuntiva ocular y el valor hematocrito, excluyendo la posibilidad de su uso (Morales *et al.*, 2006), reconociéndose además que dicho método puede sufrir interferencia de agentes externos (García *et al.*, 2005).

En este sentido y desde un punto de vista práctico, es importante reconocer que la presencia de animales en diferentes niveles de infección solo puede ser detectada en vacunos por coproscopía cuantitativa y que su variabilidad en el tiempo implica la necesidad de utilizar criterios complementarios que permitan seleccionar a la fracción de animales que deben ser sometidos a exámenes coproscópicos como paso previo al tratamiento antihelmíntico de solo los animales con elevados recuentos de hpg. En vista de que al interior de un rebaño podemos encontrar simultáneamente animales resistentes, resilientes y sensibles, es necesario definir previamente si, además de disminuir los casos de enfermedad parasitaria mediante el tratamiento de los sensibles o acumuladores de parásitos, estamos interesados en disminuir la contaminación del pastizal, para lo cual debemos incluir en el tratamiento antihelmíntico a los resilientes. Entonces los exámenes coproscópicos se podrían concentrar sobre estos últimos y realizar el tratamiento sin recurrir al examen de todos aquellos animales que clínicamente lo requieran, es decir con mala condición corporal, diarrea, edema en botella, pelo hirsuto, lo cual incluiría sin duda alguna a la gran mayoría de los sensibles que son conjuntamente con los resilientes los responsables de la mayor infestación de los pastizales.

CONCLUSIONES

La aplicación de programas de control selectivo de estróngilos digestivos, en poblaciones vacunas con una alta proporción de animales susceptibles y resilientes, exige la necesidad de utilizar criterios complementarios que permitan seleccionar la fracción de animales que deben ser sometidos a exámenes coproscópicos como paso previo al tratamiento antihelmíntico. En poblaciones con estas características, los programas de control selectivo deben concentrar los exámenes coproscópicos solo en aquellos animales con buenas condiciones clínicas. Factores de manejo y condiciones ambientales pueden afectar la implementación de estos métodos de control

LITERATURA CITADA

- Baker R. 1999. Genetic resistance to endoparasites in sheep and goats in the tropics and evidence for resistance in some sheep and goats breed in sub-humid coastal Kenya. *Anim. Gen. Res. Inf.*, 24: 13-30.
- Castells D. 2002. Métodos alternativos para el control de endoparásitos: Uso de huéspedes resistentes. Reunión de especialistas en parasitología veterinaria de Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay. Facultad de Ciencias Veterinarias, Tandil, Argentina.
- Coles L. 1981. *Veterinary Clinical Pathology*. 4^{ta} ed. Saunders. Philadelphia, EUA.
- Coop R. e I. Kyriazakis. 1999. Nutrition-parasite interaction. *Vet. Parasitol.*, 84(3-4): 187-204.
- Cuellar A. 2007. Control no farmacológico de parásitos en ovinos. Nematodos gastroentericos. V Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Mendoza, Argentina. pp. 53-70
- Dittrich J., T. Gazda, R. Piazzeta, C. Rodrigues, M. Oikawa y V. Soccol. 2004. Localización de larvas L3 de helmintos gastrointestinales de ovinos nas plantas forrageiras:efeito da altura e da espécie vegetal. *Arch. Vet. Sci.*, 9(2): 43-48.
- García S., J. Mencho, Y. Guerra, E. Marin y M. Vale. 2005. Correspondencia entre el color de la mucosa conjuntival y el eritrograma en vacas mestizas.

- REDVET, 6(6): <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060605/060513.pdf>
- Hood V., C. Yadav, S. Chaudhri y B. Rajpurohit. 1999. Variation in resistance to haemonchosis: selection of female sheep resistant to *Haemonchus contortus*. *J. Helmint.*, 73(2): 137-142.
- 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 Río Limón. *Zootecnia Trop.*, 24(3): 333-346.
- Morales G., L.A. Pino, E. Sandoval, L. Moreno, D. Jiménez y C. Balestrini. 2001. Dinámica de los niveles de infección por estróngilos digestivos en bovinos a pastoreo. *Parasitología al Día*, 25(3-4): 115-120.
- Morales G., L.A. Pino, E. Sandoval y L. Gonzáles. 1998. Importancia de los animales acumuladores de parásitos (wormy animals) en rebaños de ovinos y caprinos naturalmente infectados. *Analecta Vet.*, 18(1-2): 1-6.
- Morales G. y L.A. Pino. 1977. Manual de Diagnóstico Helmintológico en Rumiantes. Colegio de Médicos Veterinarios del estado Aragua. Caracas, Venezuela.
- Ndamukong K. y N. Ngone. 1996. Development and survival of *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus spp.* on pasture in Cameroon. *Trop. Anim. Health Prod.*, 28: 193-197.
- Pruett J. 1999. Immunological control of arthropod ectoparasites- a review. *Inter. J. Parasit.*, 29(1): 25-32.
- Sandoval E., G. Morales, L.A. Pino, D. Jiménez, O. Márquez y C. Araque. 2004-2005. Efecto del tratamiento con ivermectina en relación con la época, localidad y manejo sobre la carga parasitaria y ganancia de peso en becerros. *Veterinaria Trop.*, 29-30(1-2): 23-45.
- Skerman K. y J. Hillard. 1966. A handbook for studies of helminthes parasites of ruminants. Handbook No 2. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Roma, Italia.
- Sreter T., T. Kassai y E. Takacs. 1994. The heritability and specificity of responsiveness to infection with *Haemonchus contortus* in sheep. *Inter. J. Parasit.*, 24(6): 871-876.
- Traldi G. 2006. Significato diagnostico dell'identificazione delle forme larvali di nematodo gastrointestinali isolate dalle feci e dal foraggio. *Parasit.*, 48: 415-418.
- Vargas C. 2006. FAMACHA© control de haemonchosis en caprinos. *Agronomía Mesoam.*, 17(1): 79-88.

Zooecnia tropical

Venezuela



AHORA ES DE TODOS

Zooecnia tropical

Zooecnia tropical

Zooecnia tropical