

**Dry matter production and morphological components of  
four *Brachiaria* cultivars in the tropics**

Rojas-Hernández, S.; Olivares-Pérez, J.; Jiménez-Guillén, R.;  
Cutiérrez-Segura, I. y Avilés-Nova, F. / 3-8

**Hematological and biochemical parameters in golden hamster  
(*Mesocricetus auratus* L.) fed with diets based on *Eisenia* spp.  
meal and conventional sources**

Cova, L.; García, D. E.; Briceño, S.; Scorza, J. V.; Montilla, F.; Medina, M. G.;  
Moratinos, P.; Perea, F. y González, D. / 9-29

**Biological nitrogen fixation by three fabaceas (Leguminosae)  
in acid soil of Tabasco, Mexico**

Córdova-Sánchez, S.; Castelán-Estrada, M.; Salgado-García, S.;  
Palma-López, J. D.; Vera-Núñez, J. A.; Peña-Cabriales, J. J.;  
Lagunes-Espinoza, L. C. y Cárdena-Navarro, R. / 31-50

**Allelopathy in *Sacharum* spp. (sugar cane)**

Arévalo, R. A.; Bertoncini, E. I.; Aranda, E. M. y González, T. A. / 51-60

**Temperature effects on the reproduction of *Xenotoca variata* Bean,  
1887 (Pisces, Goodeidae)**

García-Ulloa, M.; Álvarez-Gallardo, M. P.; Torres-Bugarín, O.;  
Buelna-Osben, H. R. y Zavala-Aguirre, J. L. / 61-67

**Identification of bilateral asymmetries of main and portioned  
commercial cuts of bovine carcasses processed at  
Guadalajara, Jalisco, Mexico**

Zorrilla, J. M.; Triana, E. E. R.; Carrasco, G. D. M. y Vásquez, P. C. / 69-75

**P**ara nosotros los hispanoparlantes, desde hace tiempo rondan dos aspectos relacionados con la lengua en el mundo científico: reconocer que el inglés es el idioma que más se utiliza en el ámbito académico y, por otro lado, la actitud que tenemos quienes hablamos español, para reconocer que nuestro idioma es un elemento importante en la comunicación no sólo cotidiana, mercantil, cultural, sino también del propio mundo académico.

Es posible señalar que el pensamiento humanístico y social en lengua española tenga una influencia relevante en el mundo, pero no pasa lo mismo con el pensamiento científico.

En este contexto, es necesario ser realistas en las ciencias, en cuanto al idioma español, pues la documentación científica producida en nuestra lengua es escasa y, por lo tanto, nuestros técnicos e investigadores deben leer casi todo en una lengua extranjera, que casi siempre es el inglés.

Asimismo, muchos de nuestros investigadores reservan sus mejores trabajos para ser publicados en revistas extranjeras.

Otro fenómeno destacable es el hecho de que en la búsqueda de la visibilidad, muchas revistas científicas cambian su nombre y línea editorial, para tener un nombre en inglés y escribir sus artículos en ese idioma.

Por ello, nos encontramos en una disyuntiva de utilizar nuestra lengua, que pudiera tener un público receptor de conocimientos habidos por tener acceso a ellos y una postura de buscar un horizonte personal para trascender en el idioma que más se escribe en ciencia.

Por otra parte, la hegemonía también proviene del propio sistema, puesto que la gran mayoría de las revistas científicas de impacto sólo publican artículos escritos en inglés; por ello, el investigador debe adaptarse a esta norma, elemento que es utilizado para ser evaluado y acceder, en nuestro país, a un estímulo salarial como lo es el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y que, en muchos colegas tiene una connotación importante en cuanto a la retribución económica que ello implica, puesto que llega a significar el 50% del monto de su sueldo. Esto significa una exigencia altísima con remuneraciones paupérrimas, lo cual es un elemento que favorece la búsqueda de los puntos que beneficien una mejora económica.

También es digno de tomarse en consideración que la movilidad geográfica es habitual en ciencia y, frecuentemente, en los laboratorios se comparte con investigadores de varias nacionalidades que emplean el inglés como lengua franca.

Ante esta realidad, la labor de intercambio entre investigadores de Iberoamérica, a través de los proyectos del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el

Desarrollo (CYTED), abren posibilidades excelentes de difundir los resultados de la ciencia y la tecnología en nuestro idioma.

Otro elemento adverso para resaltar la importancia de nuestro idioma en este contexto, es el hecho de que la sociedad es refractaria a la ciencia y la tecnología; esta indiferencia es lamentable cuando lo apreciamos en la población en general, pues ello indica una falta de formación y cultura en estos aspectos. Sin embargo, cuando vemos el comportamiento de las autoridades y, en especial de aquellas relacionadas con estas áreas, dado su origen político, su conducta se vuelve deplorable por la ignorancia que padecen.

Por lo tanto, un país que no genera ciencia y en donde deja de utilizar su idioma para tener presencia, se torna más bien en un país sin influencia y con riesgos de perder su riqueza cultural. Razón por la cual debemos construir, como sociedad, los vínculos que permitan mostrar la ciencia desarrollada en los países hispanoparlantes, en virtud de que sirven como medios de difusión.

Aunque la realidad de nuestras revistas es heterogénea e incierta, desde que nos falten los recursos económicos para editar el siguiente número, el atraso para tenerlo a tiempo hasta el desdén de los investigadores nacionales, dado que publicar en nuestras revistas en español, al no estar en los índices de su interés, por no redituarles puntos para sus futuras evaluaciones, se vuelve necesario buscar mecanismos que concilien estos aspectos, para desarrollar una ciencia y tecnología pujante, desarrollada en nuestro idioma.

Por lo antes señalado, como país, como continente y como poseedores de una lengua común, rica y vasta, como lo es el español, deberíamos establecer acuerdos que otorguen y brinden relevancia a nuestro idioma, a través de un compromiso social, económico, institucional e inclusive político, que potencie nuestras revistas científicas para lograr el impacto deseado.

Por ello, pensamos establecer con otras instituciones un esquema que permita comprobar esta hipótesis, sumar esfuerzos editoriales y de desarrollo científico para fortalecimiento de la ciencia generada en español.

José Manuel Palma García

Director, Rev. AIA

# Producción de materia seca y componentes morfológicos de cuatro cultivares de *Brachiaria* en el trópico<sup>♦</sup>

Dry matter production and morphological components of four *Brachiaria* cultivars in the tropics

Rojas-Hernández, S.;<sup>1</sup> Olivares-Pérez, J.;<sup>\*2</sup> Jiménez-Guillén,<sup>1</sup> R.; Gutiérrez-Segura, I.<sup>1</sup> y Avilés-Nova, F.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Universidad Autónoma de Guerrero  
Km. 3.0 Carr. Nal. Altamirano-Iguala.  
Apartado Postal No. 12. Tel/Fax: (7) 672-34-94.  
Cd. Altamirano, Guerrero, México. C. P. 40660.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias / Campus Iguala,  
Guerrero, México.

<sup>3</sup> UAEM-Centro Universitario Temascaltepec, estado de México.

\* Correspondencia: olivares@hotmail.com

<sup>♦</sup>Nota técnica

## Resumen

El objetivo fue evaluar bajo condiciones de temporal la adaptación de cuatro cultivares de *Brachiaria*, con base en su comportamiento agronómico a diferentes edades de corte. Las variables medidas fueron: altura, producción de hojas, tallos, total, material vivo y muerto. Los datos se analizaron en diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y prueba de Tukey,  $P < 0.05$ , para diferencia múltiple de medias. La altura fue mayor ( $P < 0.001$ ) en los cultivares *B. brizantha* (MG4) e Híbrido Mulato, con 42 y 41 cm, respectivamente, con relación a *B. brizantha*. La producción de hoja y material vivo fue mayor en el Híbrido Mulato, con 688 kg MS ha<sup>-1</sup> ( $P < 0.006$ ) y 1,104 MS ha<sup>-1</sup>; ( $P < 0.001$ ), respectivamente, comparada con *B. decumbens*. La producción de tallos (457 kg MS ha<sup>-1</sup>;  $P = 0.05$ ) y materia seca total

## Abstract

The objective of this work was to evaluate four cultivars of *Brachiaria* under conditions of temporal adaptation based on agronomic performance at different cutting ages. The variables measured were: height, leaf production, stems, total, living and dead material. The data were analyzed under the randomized block design in split parcel (Tukey,  $P < 0.05$ ). The height was greater ( $P < 0.001$ ) in cultivars *B. brizantha* (MG4) and Hybrid Mulato with 42 and 41 cm respectively. Leaf production and live material was higher in the Hybrid Mulato one with 688 kg DM ha<sup>-1</sup> ( $P < 0.006$ ) and 1104 kg MS ha<sup>-1</sup> ( $P < 0.001$ ). The stem production (457 kg DM ha<sup>-1</sup>,  $P = 0.05$ ) and total dry matter (1125 kg MS ha<sup>-1</sup>,  $P = 0.05$ ), tended to be higher in the Hybrid Mulato. We conclude that the cultivar Hybrid Mulato is better adapted

(1,125 MS ha<sup>-1</sup>; P=0.05), tuvo tendencia a ser mayor en Híbrido Mulato. Se concluye que los cultivares con mejor desempeño agronómico fueron *Brachiaria ruziziensis* X *B. brizantha* (Híbrido Mulato) y MG4, sin diferencia en la producción de materia seca entre cultivares.

### Palabras clave

*Brachiaria*, evaluación, establecimiento, adaptación, producción.

to environmental conditions predominant in the study area.

### Keywords

*Brachiaris*, valuation, establishment, adaptation, production.

La disponibilidad de pastos de buena calidad, ha sido una de las principales limitaciones para que los trópicos; dadas sus características de ubicación y condiciones climáticas, se conviertan en zonas especializadas para la producción de carne y leche, mejorando así las condiciones de vida de los productores pecuarios. Una decisión del ganadero es elegir el pasto que mejor se adapte a las condiciones de su terreno, al manejo y finalidad zootécnica de su unidad productiva (Argel, 2003; CIAT, 2001). Localmente, en la región tropical de Tierra Caliente, la finalidad zootécnica de la ganadería es la producción de carne, con bajos parámetros productivos, además de producirse en sistemas extensivos de producción familiar, manteniendo a los animales en libre pastoreo en grandes superficies, en donde su alimentación depende, principalmente, de los agostaderos naturales, además de rastrojos de maíz y sorgo (FIRA, 1997).

Asimismo, se observa en la región que los productores han adoptado empíricamente algunas especies forrajeras como el *Andropogon gayanus*, *Cynodon plectostachyus* y *Brachiaria brizantha*, basándose en la productividad y adaptabilidad de estas especies a diferentes condiciones ambientales (Sarmiento, 1992). Esta situación conlleva al fracaso en la persistencia de las praderas establecidas, con pérdidas cuantiosas en gastos de recursos económicos y humanos (Quero *et al.*, 2007).

La evaluación local de la productividad, la adaptabilidad, competencia, capacidad de rebrote y persistencia de especies forrajeras en parcelas experimentales previas a su introducción, en una determinada región, es una práctica que puede generar recomendaciones más aceptadas para la elección de especies con mayor potencial por parte de los productores (Sosa *et al.*, 2008).

Los pastos del género *Brachiaria* son una opción para estudiar en parcelas de manera controlada y, de esta forma, probar si son una opción potencial a recomendar para la ganadería tropical de la región. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar —bajo condiciones de temporal— la adaptación de cuatro cultivares de *Brachiaria*, con base en su comportamiento morfológico y productivo a diferentes edades de corte.

Para lo cual, el presente estudio se realizó en la época de lluvias durante el año 2007, en el campo experimental “El Cohete” de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Autónoma de Guerrero. Ubicado en el Municipio de Pungarabato, de la región de Tierra Caliente del estado de Guerrero, que se localiza al

norroeste de la capital del estado, entre los paralelos 17° 20" y 18° 5" de latitud norte y los meridianos 100° 02" de longitud oeste. A una altura de 250 msnm y un clima AW<sub>0</sub> (cálido sub-húmedo, el más seco de éstos). Las lluvias son abundantes entre los meses de junio y septiembre, registrándose una precipitación pluvial promedio de 1,200 mm anuales (INEGI, 2005). Se utilizaron los cultivares *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria brizantha* (MG4) y *Brachiaria ruziziensis* X *B. brizantha* (Híbrido Mulato), establecidos en parcelas con dimensiones de seis m de largo y cuatro m de ancho. El área de muestreo cubrió los tres surcos centrales, eliminando un m por lado de cada parcela y un surco de cada uno de los frentes, quedando una parcela útil de 1.75 m de largo por un m de ancho, donde se realizó la medición de las variables de: altura, rendimiento de materia seca por componentes morfológicos (hoja y tallo) y total por ha<sup>-1</sup>, la cantidad de material vivo y muerto por ha<sup>-1</sup>, previo corte de uniformidad de los cultivares en las parcelas.

El rendimiento de materia seca total se determinó en cada cultivar a las 3, 5, 7 y 9 semanas, cosechando el forraje presente y registrando su peso en húmedo; posteriormente, se tomó una submuestra de 250 g y se secó a estufa de aire forzado a 55°C durante 72 h y se registró su peso en seco y con estos datos se determinó el rendimiento de materia seca total por hectárea. Para estimar el rendimiento de materia seca de hoja y tallo, así como la cantidad de material vivo y muerto se utilizaron dos submuestras de 250 g, respectivamente; se registró su peso en húmedo y en seco para, con estos datos, realizar la estimación del rendimiento de materia seca por hectárea. La altura de los pastos se determinó de acuerdo a la metodología propuesta por Toledo y Schultze-Kraft (1982).

Se realizó análisis de varianza a los datos de las diferentes variables. El diseño experimental fue en bloques completos al azar, con arreglo de parcelas divididas, en donde la parcela grande fue cada uno de los cuatro cultivares: *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria brizantha* (MG4) y *Brachiaria ruziziensis* X *B. brizantha* (Híbrido Mulato) y como parcelas chicas las frecuencias de corte de 3, 5, 7 y 9 semanas con cuatro repeticiones por tratamiento. Para comparar diferencias entre medias se utilizó la prueba de Tukey a una significancia de  $P < 0.05$  (Steel y Torrie, 1988).

En cuanto a los resultados obtenidos (cuadro 1), se encontró que los cultivares *B. brizantha* cv. MG4 y *B. ruziziensis* x *B. brizantha* (Híbrido Mulato) tuvieron mayor ( $P < 0.001$ ) altura con 42 y 41 cm, respectivamente, con relación a *B. brizantha*; aunque Pursino *et al.* (1997) reportaron diferencias en la altura entre ecotipos de *Brachiaria brizantha* y *decumbens*; asimismo, Pérez *et al.* (1999) observaron que la altura entre cinco especies de gramíneas fue diferente, en donde la altura fue mayor en *Brachiaria brizantha*, *Panicum maximum* y *Andropogon gayanus*, con promedios de 66.9, 68.5 y 88.4 cm, respectivamente. Esto se debió al hábito de crecimiento de las diferentes especies, donde las de crecimiento macollado suelen presentar mayor altura que las de crecimientos decumbente y estolonífero (Avellaneda *et al.*, 2008).

La producción de hojas y material vivo fue mayor en el cultivar *B. ruziziensis* x *B. brizantha* (Híbrido Mulato), con 668 kg ha<sup>-1</sup> ( $P < 0.006$ ) y 1,104 kg MS ha<sup>-1</sup> ( $P < 0.001$ ), respectivamente, comparada con *B. decumbens* (cuadro 1). Esto se debe al cúmulo de la materia seca de estas estructuras en la gramínea, ocasionada por su capacidad de elon-

gación de tallos y la producción de macollos para originar hojas durante su crecimiento, ya que Briske (1991) mencionó que la elongación y producción de macollos termina con la floración de la planta.

La producción de tallos, materia seca total, material vivo y muerto no fue diferente entre cultivares; sin embargo, existe una tendencia a que *Brachiaria ruzizensis* x *B. brizantha* (Híbrido Mulato) tuviera una mayor producción de tallos (457 kg MS ha<sup>-1</sup>; P=0.05) y materia seca total (1,125 kg MS ha<sup>-1</sup>; P=0.05). Estas tendencias pueden deberse a que el pasto mulato es un híbrido, por lo que la expresión cuantitativa de estas variables se debe a la capacidad genética del cultivar y no a factores de manejo (Conchila *et al.*, 2008).

Pérez *et al.* (2004), reportaron que la producción de follaje en el pasto mulato tuvo una curva sigmoideal hasta alcanzar su índice de área foliar óptimo a las 14 semanas, momento en el cual también comienza la acumulación significativa de material senescente proveniente de hojas del estrato bajo, por pérdida de su actividad fotosintética. Pinzón y Santamaría (2005), reportaron que el pasto mulato tiene buena capacidad de macollamiento, característica sobresaliente para la producción de biomasa foliar, lo que se relaciona con una mayor producción de materia seca.

En estudios similares se ha probado la eficiencia productiva de gramíneas con resultados muy variados, Sosa *et al.* (2008), reportaron diferencias en el rendimiento de materia seca en seis cultivares de *P. maximum*, con la mayor producción de *P. maximum* cv. Mombaza (10.6 t ha<sup>-1</sup>); sin embargo, no reportan diferencias entre dos cultivares de *Brachiaria* con 8.3 y 8.6 t ha<sup>-1</sup> para *B. humidicola* y *B. brizantha*, respectivamente; lo que significa que el comportamiento entre cultivares puede variar (Chapman *et al.*, 1993; Sosa *et al.*, 1998). Avellaneda *et al.* (2008), indicaron un mejor desempeño agronómico del pasto mulato que *B. decumbens* y *B. brizantha* en evaluaciones a diferentes edades de cosecha.

### Cuadro 1

Efecto de los cultivares en el comportamiento agronómico de *Brachiarias* en el trópico de Guerrero, México.

Variables	Efecto de los cultivares				EEM	Valor de P
	<i>Decumbens</i>	<i>Brizantha</i>	(MG4)	Mulato		
Altura (cm)	37 <sup>ab</sup>	32 <sup>b</sup>	42 <sup>a</sup>	41 <sup>a</sup>	6.6	0.001
†Hojas (kg ha <sup>-1</sup> )	408 <sup>b</sup>	603 <sup>ab</sup>	572 <sup>ab</sup>	668 <sup>a</sup>	201.4	0.006
†Tallos (kg ha <sup>-1</sup> )	373 <sup>a</sup>	263 <sup>a</sup>	375 <sup>a</sup>	457 <sup>a</sup>	191.9	0.050
†MS total (kg ha <sup>-1</sup> )	781 <sup>a</sup>	866 <sup>a</sup>	947 <sup>a</sup>	1125 <sup>a</sup>	346.4	0.050
†Material vivo (kg ha <sup>-1</sup> )	761 <sup>b</sup>	835 <sup>b</sup>	905 <sup>ab</sup>	1104 <sup>a</sup>	138.7	<0.001
†Material muerto (kg ha <sup>-1</sup> )	20 <sup>a</sup>	31 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	27.8	0.090

EEM: error estándar de la media; MS: materia seca.

†La producción observada es en base seca.

<sup>ab</sup>Significancia estadística de las medias en hileras (Tukey, P<0.05).

En general, el comportamiento observado en los cultivares de *Brachiaria*, indica que el pasto mulato y el MG4 se adaptó más que el resto de los cultivares a las condiciones ambientales de precipitación y temperatura, que se reflejó en su mayor acumulación de material vivo, lo que coincide a lo observado por Guenni *et al.* (2005), en accesiones de *Brachiaria*.

Los cultivares que mejor se adaptaron a las condiciones de este estudio en la región, por su desempeño agronómico, fueron *Brachiaria ruziziensis* X *B. brizantha* (Híbrido Mulato) y MG4, sin diferencia en la producción de materia seca entre cultivares.

## Literatura citada

- Argel, P. J. (2003). *Informe actividades convenio CIAT-Semillas Papatlotla S.A. de C.V. Colombia CIAT*. 132 pp.
- Avellaneda, C. J.; Cabezas, G. F.; Quintana, Z. G.; Luna, M. R.; Montañez, V. O.; Espinoza, G. I.; Zambrano, M. S.; Romero, G. D.; Vanegas, R. J. y Pinargote, M. E. (2008). "Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de *Brachiaria* en diferentes edades de cosecha." *Ciencia y Tecnología*. 1(2):87-94.
- Briske, D. D. (1991). "Developmental morphology and physiology of grasses." En: R. K. Heitschmidt and J. W. Stuth (Eds.). *Grazing management: an ecological perspective*. Timber Press, Portland, Oregon, USA. 11-26 pp.
- Canchila, E. R.; Ojeda, F.; Machado, R.; Mildrey, S.; Toral, O. y Blanco, D. (2008). "Evaluación agronómica de accesiones de *Brachiaria* spp. en condiciones agroecológicas de Barrancabermeja, Santander, Colombia. II." Segundo año de evaluación. *Pastos y Forrajes*. 31(2):141-150.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) (2001). *Informe anual*. *Brachiaria Improvement Program*. Convenio CIAT- Semillas Papatlotla, S. A. de C. V. 110-112 pp.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) (1997). "Limitantes de la producción ganadera en el trópico." *Boletín informativo*. FIRA Banco de México. División de Divulgación y Publicaciones. 22-24 pp.
- Guenni, O.; Gil, J. L. y Guedez, Y. (2005). "Growth, forage yield and light interception and use by stands of five *Brachiaria* species in a tropical environment." *Tropical Grasslands*. 39:42-53.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2005). (Ed.). Guerrero. Mapa de Regiones Hidrológicas.
- Pérez, A. J. A.; García, M. E.; Enríquez, Q. J. F.; Quero, C. A. R.; Pérez, P. J. y Hernández, G. A. (2004). "Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto 'Mulato' (*Brachiaria* híbrido)." *Téc. Pec. Méx.* 42(3):447-458.
- Pérez, S. G.; Farías, M. J. y González, B. (1999). "Evaluación agronómica de gramíneas forrajeras en Carora, estado de Lara, Venezuela." *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 16:621-636.
- Pinzón, B. y Santamaría, E. (2005). "Valoración del comportamiento agronómico de nuevos híbridos y variedades de *Brachiaria*. Instituto Panameño de Investigación Agropecuaria (IDIAP)." Informe mimeografiado. 5 pp.
- Purcino, H. M.; Viana, A. M. C.; Botelho, W. y Zúñiga, M. C. (1997). "Introducao e avaliacao de ecótipos de gramíneas e leguminosas em área de Cerrado virgen de Minas Gerais, Brasil." *Pasturas Tropicales*. 19(1):21-26.
- Quero, C. A. R.; Enríquez, Q. J. F. y Miranda, J. L. (2007). "Evaluación de especies forrajeras en América Tropical, Avances o Status Quo." *Interciencia*. 32(8):566-571.
- Sarmiento, G. (1992). "Adaptative strategies of perennial grasses in South American savannas." *J. Veg. Sci.* 3: 325-336.
- Sosa, R. E. E.; Cabrera, T. E.; Pérez, R. D. y Ortega, R. L. (2008). "Producción estacional de materia seca de gramíneas y leguminosas forrajeras con cortes en el estado de Quintana Roo." *Téc. Pec. Méx.* 46(004):413-426.

- Sosa, R. E.; Días, S. H.; Pérez, R. L. y Morones, R. R. (1998). "Producción estacional de especies forrajeras perennes en monocultivo y mezcla." *Téc. Pec. Méx.* 36(1):59-71.
- Steel, R. G. D. y Torrie, J. H. (1988). *Bioestadística: principios y procedimientos*. R. Martínez, B. (Trad.) 2a Ed. McGraw-Hill/ Interamericana de México, S. A. de C. V. México. 622 pp.
- Toledo, J. M. y Schultze-Kraft, R. (1982). "Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales." En: J. M. Toledo (Ed.). *Manual para la evaluación agronómica*. Red Internacional para la Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT. Cali, Colombia. 91- 110 pp.

Recibido: Enero 15, 2010

Aceptado: Febrero 15, 2011

# Parámetros hematológicos y bioquímicos en el hámster dorado (*Mesocricetus auratus* L.) alimentado con base en harina de lombriz roja (*Eisenia* spp.) y fuentes convencionales

Hematological and biochemical parameters in golden hamster (*Mesocricetus auratus* L.) fed with diets based on *Eisenia* spp. meal and conventional sources

Cova, L.;<sup>1</sup> García, D. E.;<sup>2\*</sup> Briceño, S.;<sup>3</sup> Scorza, J. V.;<sup>1</sup> Montilla, F.;<sup>1</sup> Medina, M. G.;<sup>2</sup> Moratinos, P.;<sup>4</sup> Perea, F.<sup>2</sup> y González, D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Experimental "José Witremundo Torrealba", Universidad de Los Andes (ULA), estado Trujillo, Venezuela.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Agrarias, Núcleo Universitario "Rafael Rangel", ULA, estado Trujillo, Venezuela.

La Villa, Avenida Universitaria, La Concepción, Pampanito estado Trujillo, Venezuela.

<sup>3</sup>Laboratorio de Bioanálisis. Instituto Venezolano del Seguro Social, Trujillo, estado Trujillo. Venezuela.

<sup>4</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Pampanito, estado Trujillo, Venezuela.

\* Correspondencia: dagamar8@hotmail.com

## Resumen

Se evaluó durante 21 días el efecto de cuatro dietas proteicas con base en harina de Lombriz Roja (HL) (*Eisenia* spp.) (nivel de inclusión de HL: D<sub>1</sub>: 21; D<sub>2</sub>: 24; D<sub>3</sub>: 27 y D<sub>4</sub>: 30%) y dos alimentos convencionales: Conejarina® (D<sub>0</sub>) y Ratarina® (D<sub>5</sub>) en algunos parámetros hematológicos y bioquímicos en el hámster dorado (*Mesocricetus auratus* L.) mediante un diseño totalmente aleatorizado para un factor, en el estado Trujillo, Venezuela. El hematocrito (37.65-41.01%), la hemoglobina (10.83-12.25%), la bilirrubina total, directa e indirecta (0.20-0.40; 0.10-0.22; 0.10-0.20mg/dL, respectivamente), las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) (15.12-41.27mg/dL); los triglicéridos (95.42-190.54mg/dL); así

## Abstract

An experiment was carried out during 21 days in order to evaluate the effect of four protein diets based on Red Worm meal (HL) (*Eisenia* spp.) (HL inclusion level: D<sub>1</sub>: 21; D<sub>2</sub>: 24; D<sub>3</sub>: 27 and D<sub>4</sub>: 30%) and two conventional feeds: Conejarina® (D<sub>0</sub>) y Ratarina® (D<sub>5</sub>) on some hematological and biochemical parameters in the golden hamster (*Mesocricetus auratus* L.), using a completely randomized design with one factor in the Trujillo state in Venezuela. Hematocrit (37.65-41.01%), total hemoglobin (10.83-12.25%), direct and indirect bilirubin (0.20-0.40; 0.10-0.22; 0.10-0.20mg/dL, respectively), lipoproteins of very low density (VLDL) (15.12-41.27mg/dL); triglycerides (95.42-190.54mg/dL); calcium

como los valores de Calcio (Ca) (9.83-12.32 mg/dL) y Potasio (4.24-5.43mg/dL) no exhibieron diferencias significativas entre dietas ( $P > 0.05$ ). Los leucocitos (Lto), las plaquetas (Plq), el conteo diferencial (neutrófilos/linfocitos (Linf)/eosinófilos), la glicemia (Glc), la amilasa, el colesterol total, las lipoproteínas de elevada (HDL) y baja densidad y el Fósforo mostraron variaciones sustanciales entre los tratamientos ( $P < 0.05$ ). Los niveles crecientes de proteína de las dietas no afectaron los parámetros evaluados. Sin embargo, se observó una relación negativa entre la inclusión de HL y las cantidades de Lto ( $r = -0.76^{**}$ ), Plq ( $r = -0.76^{**}$ ), Linf ( $r = -0.71^{**}$ ), Glc ( $r = -0.58^{*}$ ) y HDL ( $r = -0.50^{*}$ ). La adición de HL en proporciones de 24, 27 y 30% para obtener alimentos formulados entre 13.5 y 19.6% de proteína, para *M. auratus*, afecta algunos de los parámetros hematológicos y la concentración sérica de metabolitos relacionados con la composición nutricional de la dieta.

### Palabras clave

Bioquímica sanguínea, perfil lipídico, electrolitos séricos.

(9.83-12.32 mg/dL) and potassium (4.24-5.43mg/dL) values did not exhibit significant differences among diets ( $P > 0.05$ ). The leukocytes (Lto), platelets (Plq), differential count (neutrophils/lymphocytes (Linf)/eosinophiles), blood sugar (Glc), amylase, total cholesterol, lipoproteins of high (HDL) and low density and phosphorus showed substantial variations among the treatments ( $P < 0.05$ ). The growing levels of protein on the diets did not affect the evaluated parameters. However, a negative relationship among the HL inclusion and the Lto ( $r -0.76^{**}$ ), Plq ( $r -0.76^{**}$ ), Linf ( $r -0.71^{**}$ ), Glc ( $r -0.58^{*}$ ) and HDL ( $r -0.50^{*}$ ) levels were observed. The HL addition in 24; 27 and 30% proportions to obtain formulated feeds with 13.5-19.6% protein for *M. auratus*, affected some of the hematological parameters and the serum concentration of metabolites related to the nutritional composition of the diet.

### Key words

Blood biochemistry, lipid profile, serum electrolytes.

## Introducción

La búsqueda incesante de fuentes suplementarias para la alimentación animal ha conllevado a estudiar no solamente alimentos de origen vegetal, sino también laborar, caracterizar y poner en práctica estrategias alimenticias con base en subproductos y fuentes cárnicas, en sentido general de desechos; ello, por exhibir éstas elevado contenido de proteínas y presentar mayor y mejor calidad biológica en término de aminoácidos disponibles, sobre todo para animales no rumiantes, por sus elevados requerimientos proteicos (Cova y García, 2006).

En este sentido, los desechos de matadero, harinas de plumas, vísceras, sangre y huesos, así como deshidratados cárnicos y, recientemente, la harina de anélidos de los géneros *Eudrilus* y *Eisenia*, constituyen opciones como fuentes suplementarias de proteínas en los sistemas de producción animal, por su elevada aceptabilidad, consumo y digestibilidad (Morón-Fuenmayor *et al.*, 2008; Cova *et al.*, 2009). Sin embargo, existe un desfase en las evaluaciones realizadas sobre esta temática, considerando que hay más investigaciones de caracterización sobre fuentes suplementarias de origen animal, que estudios en los cuales se haya evaluado el potencial productivo, así como variables asociadas en animales de

laboratorio o en condiciones comerciales, en función de dietas que contengan estos tipos de ingredientes alimenticios (García *et al.*, 2011a,b).

En algunos estudios se han señalado las bondades que exhibe la harina de lombriz (HL) por su perfil de aminoácidos y su relación proteína/energía. Sin embargo, los resultados productivos obtenidos con animales no rumiantes han sido divergentes, aun cuando en rumiantes se ha demostrado su factibilidad alimentaria (García *et al.*, 2009). En este sentido, Díaz *et al.* (2007) obtuvieron buenos resultados al utilizar HL para la suplementación de codornices (*Coturnix coturnix japonica*). No obstante, en un estudio realizado por Bastardo *et al.* (2005) se señaló que la sustitución total del concentrado comercial por HL en la etapa inicial de crecimiento, para la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), ocasionó un aumento significativo de la mortalidad; ello, atribuido a la presencia en la harina de algún compuesto perjudicial relacionado, quizá, con la forma de conservación de la fuente suplementaria. Por lo que el estudio del perfil metabólico de animales que consuman HL constituye un tema importante en la caracterización integral de ese recurso proteico para su uso intensivo en especies acuícolas, aves, cerdos y roedores, entre otros animales.

Por otra parte, los estudios nutricionales con HL utilizando animales de elevada capacidad ingestiva y gran tamaño son engorrosos; ya que, en ocasiones, no se dispone de suficiente alimento experimental para realizar los ensayos (Cova y García, 2006). En este sentido, *Mesocricetus auratus* L. (hámster dorado) constituye una opción, por responder rápidamente a cambios en la composición química-nutricional de las dietas; además de su docilidad, fácil manejo y por poseer un perfil metabólico similar al de muchas especies comerciales (De Vries, 1996).

Por tales motivos, el objetivo de esta investigación fue determinar algunos parámetros hematológicos y bioquímicos en el plasma sanguíneo de *M. auratus*, cuando es alimentado con dietas proteicas con base en harina de *Eisenia* spp. y fuentes convencionales.

## Materiales y métodos

### *Localización del ensayo*

El estudio se desarrolló en el Vivario del Núcleo Universitario “Rafael Rangel” (NURR), el cual pertenece a la Universidad de Los Andes (ULA), en el Sector Carmona de la ciudad de Trujillo, estado Trujillo (Venezuela), el cual se encuentra localizado a 800 msnm, con temperatura media anual de 25.2°C y 69% de humedad relativa.

### *Condiciones de experimentación*

Se utilizaron 76 hámsteres hembras con un peso vivo promedio de 81.45 ± 8.5g provenientes del Bioterio de la Facultad de Ciencias de la ULA, estado Mérida (Venezuela), los cuales fueron divididos en 12 grupos de seis animales (más cuatro hámsters que se utilizaron para el muestreo sanguíneo inicial) distribuidos de forma aleatoria en jaulas de acero inoxidable (45.5 cm de largo, 40.0 cm de ancho y 22 cm de altura) con

láminas enterizas de acero liviano que cubrieron la cara superior, mallas cuadrículadas de acero (tamaño de hoyos: 1 x 1cm) por la cara inferior, y rejillas de alambre de acero de 0.5 cm de diámetro, con distancia entre ranuras de 2 cm por las caras laterales y posterior. Además, se utilizaron bandejas metálicas intercambiables en la parte inferior cubiertas con papel absorbente (marca Scott, Venezuela) para la inmovilización de la orina y el soporte de las heces. Durante todas las etapas del ensayo los animales fueron sometidos a ciclos de luz-oscuridad de 12 horas, 25 recambios de aire por hora, suministro de agua (des-ionizada y auto-clavada) a voluntad y oferta diaria de alimento constante (NRC, 1995).

Para la adaptación a las condiciones de experimentación, los animales fueron confinados una semana antes; en dicho periodo se les suministró, diariamente, a cada animal el equivalente a 20 g de una dieta peletizada —proteína bruta (PB): 11.4%; grasas: 1.2%; fibra detergente neutro (FDN): 44.0%; extracto libre de nitrógeno: 64.4% y cenizas: 8.6%— y agua (des-ionizada y auto-clavada) *ad libitum*. Posteriormente, al periodo pre-experimental, todos los días, a las 7:00 am, y durante 21 días, se les ofertaron las dietas (previamente esterilizadas por tratamiento térmico) en los comederos de cada jaula, después de la respectiva dosificación diaria, retirando el remanente del día anterior y las excretas producidas.

### *Ingredientes, formulación de dietas y tratamientos*

Para la formulación de las raciones, en dependencia del tratamiento, se usaron varios ingredientes; éstos fueron: Pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*), granos y aceite de maíz (*Zea mays* L.), gelatina tratada (Pandock, Distribuidora Valera, Trujillo, Venezuela), Carbonato de Calcio ( $C_aCO_3$ ), Fosfato monocálcico ( $Ca(H_2PO_4)_2$ ) y melaza (cuadro 1).

## Cuadro 1

Composición química y porcentual de los ingredientes utilizados en el periodo experimental.

Ingrediente (%)	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>
Conejarina®	100	-	-	-	-	-
HL	-	21,00	24,00	27,00	30,00	-
Pasto estrella	-	24,90	25,0	23,00	22,62	-
Gelatina	-	38,50	34,48	26,68	20,58	-
Carbonato de calcio	-	0,10	0,12	0,02	-	-
Fosfato monocálcico	-	0,50	0,40	0,40	0,40	-
Maíz (granos)	-	10,00	11,00	17,90	22,00	-
Melaza	-	5,00	5,00	5,00	5,00	-
Ratarina®	-	-	-	-	-	100
Variable						Aporte
PB (g/kg)	114,2	135,0	154,0	176,0	196,0	210,9
EM (kcal/kg <sub>MS</sub> )	1254	1359	1465	1746	1944	2003
FDN (g/kg)	440,6	450,8	437,2	412,4	400,2	420,3
Ca (g/kg)	2,6	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1
P(g/kg)	1,8	2,0	1,9	2,0	2,1	2,0

HL: harina de lombriz, PB: proteína bruta, EM: energía metabolizable, MS: materia seca, D<sub>DN</sub>: fibra detergente neutro, Ca: Calcio, P: Fósforo, relación EM: PB = 1:10

### Reestructuración del alimento y obtención de los *pellet*

Considerando que la Ratarina® y la Conejarina® presentan tamaños de *pellet* diferentes, estos alimentos fueron inicialmente re-estructurados con fines comparativos, para evitar así la influencia del tamaño del *pellet* en el consumo. Inicialmente, los alimentos se molieron usando un molino tipo corona (14/249, marca Royal Triumph), de igual forma que para el resto de los componentes de las dietas que se utilizaron para la confección de las raciones formuladas.

Las proporciones de cada ingrediente se homogenizaron, de forma secuenciada, empleando un homogenizador eléctrico (Equifarm, marca Ultraturax), y posteriormente, se usó una pelletizadora de ocho cuchillas de corte, con variador electrónico de velocidad y motor de 3HP para la confección de los *pellets*. Éstos, formados, fueron secados en estufa con ventilación forzada (YRH 02-3, marca Kaltein) durante 48 horas y después de enfriarse a temperatura ambiente (25°C), se dosificaron las cantidades a ofertar en los comederos, según el tratamiento.

Las características físicas de los *pellets* de cada dieta fueron las siguientes: peso= 1.40 ± 0.2g/*pellet*; largo= 1.83 ± 0.5cm; ancho= 1.03 ± 0.2cm. Parámetros de dureza: absorción de agua a los 15 minutos= 66.30 ± 0.2% (p/p); distancia de fracturabilidad= 0.35 ± 0.02cm y tiempo de fracturabilidad= 0.08 ± 0.002s.

## Manejo de los animales

Todo el manejo, cuidado y mantenimiento de los hámsters se realizó siguiendo las normas vigentes para el cuidado de animales de laboratorio (Home Office, 1989).

Al inicio del ensayo y al final de cada semana (día 7, 14 y 21), en ayuno, cuatro animales por tratamiento (dos de cada jaula) fueron anestesiados con éter etílico (BDH, Reino Unido) para realizar la extracción de sangre.

## Toma de muestra y mediciones séricas

La muestra de sangre se obtuvo por punción cardiaca, la cual se extrajo con una jeringa de plástico de 5mL con aguja 21 y se recibió en tubo plástico cónico Corning (marca Corning, NY, USA) que contenía EDTA-Na<sub>4</sub> al 1%. Se centrifugó durante 20 minutos a 3,000 rpm en una centrífuga DINAC, Becton Dickinson (marca Sparks, DM, USA). El plasma se colectó en tubo de plástico que permaneció a 4°C durante todo el procesamiento y periodo previo a los análisis.

En el plasma se determinó hematocrito (Hto), leucocitos (Lto), plaquetas (Plq), conteo diferencial (neutrófilos (Neu), linfocitos (Linf), eosinófilos (Eos)) y hemoglobina (Hb), utilizando el analizador hematológico Micros 60 ABX (marca Horiba, Japón). El contenido de glicemia (Glc), amilasa sérica (Aml), bilirrubina total (BT) y directa (BD), colesterol total (COLT), lipoproteína de elevada densidad (HDL), de baja densidad (LDL) y de muy baja densidad (VLDL), triglicéridos (Trig), Calcio (Ca) y Fósforo (P) se estimó utilizando el equipo Express Plus (analizador automático, marca Bayer, Health Care, Australia) con reactivos intercambiables. Los niveles de Potasio (K) se cuantificaron mediante Rapid Chem (analizador de electrolitos, marca Bayer, Alemania). El índice de estrés se estimó según el cociente Heterófilos/Linf propuesto por Montilla *et al.* (2006) en investigaciones similares. Los reactivos utilizados fueron de la marca Biosystems®, de calidad para bioanálisis. Todas las determinaciones analíticas se realizaron en el Laboratorio de Bioanálisis del Instituto Venezolano del Seguro Social, ubicado en la ciudad de Trujillo, estado Trujillo (Venezuela).

## Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño totalmente aleatorizado con un factor de evaluación (dietas comerciales: D<sub>0</sub> Conejarina® y D<sub>5</sub> Ratarina®, dietas experimentales con HL: D<sub>1</sub> (21), D<sub>2</sub> (24), D<sub>3</sub> (27), D<sub>4</sub> (30% de inclusión)) en diferentes tiempos de muestreo (inicio, 7, 14 y 21 días). La jaula se consideró la unidad experimental y el animal constituyó la unidad de observación. Para el procesamiento de la información se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 10.0 para Windows® (Visauta, 1998). Para comparar los tratamientos en función de las variables medidas se empleó la prueba de comparación de SNK (Student-Newman-Keuls) para un 5% de probabilidad. Para la realización de las correlaciones lineales se empleó el mismo paquete estadístico mediante el coeficiente de correlación de Pearson, incorporando todos los datos obtenidos con las diferentes dietas experimentales en una sola matriz de análisis y excluyendo los resultados de D<sub>0</sub> y D<sub>5</sub>.

## Resultados

Los hámsteres alimentados con  $D_4$ , después de la segunda extracción de sangre (a los siete días) fueron retirados del ensayo y sacrificados, previa anestesia con éter etílico, por exhibir signos de intoxicación, condición corporal desfavorable e intranquilidad excesiva.

El perfil hematológico y bioquímico de los animales, en función del resto de las dietas experimentales, se muestra en los cuadros 2 y 3.

En ninguno de los momentos de muestreo se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al Hto, Hb, BT, BD y BI ( $P > 0,05$ ). Sin embargo, el contenido de Lto, Plq, Neu, Linf, Glc y Aml en los animales, exhibieron diferencias sustanciales con las dietas. En este sentido, los valores de Leu, Plq, Neu, y Glc fueron inferiores y los Linf superiores en los animales alimentados con  $D_2$  y  $D_3$ .

Por otra parte, al final de la primera semana del experimento los niveles de Aml de los que consumieron  $D_3$  fueron inferiores al resto; en la segunda semana del ensayo, no se observaron diferencias entre dietas; mientras que al final del experimento con  $D_1$ ,  $D_2$  y  $D_3$  se constataron las concentraciones más bajas de esta enzima.

## Cuadro 2

Valores hematológicos en *M. auratus* sometidos a las dietas experimentales.

Día de muestreo	Dieta	Hto (%)	Lto ( $10^2 \times \text{mm}^3$ )	Plq ( $10^3 \times \text{mm}^3$ )	Neu (%)	Linf (%)
Inicio		40.32 $\pm 5.2$	6700.32 $\pm 1600.0$	407.02 $\pm 132.0$	34.28 $\pm 5.1$	61.72 $\pm 15.3$
7	D0	38.63	6900.32a	382.41a	20.20b	79,80a
	D1	39.21	6900.00a	426.02a	29.97a	71,03ab
	D2	40.28	3500.26b	282.26b	20.90b	79,10a
	D3	39.98	3800.38b	215.00b	21.11b	78,89a
	D5	38.47	6700.85a	400.54a	37.00a	62,00b
EE $\pm$		4.2NS	26.9*	32.5*	2.4*	3.2*
14	D0	40.65	6200.76a	354.02a	22.80b	78,20a
	D1	39.26	7900.27a	447.32a	40.55a	59,45b
	D2	38.29	3800.28b	332.52ab	22.23b	77,77a
	D3	40.25	4100.62b	267.21b	25.01b	74,99a
	D5	40.74	6600.85a	402.27a	35.76a	64,24b
EE $\pm$		5.2NS	31.5*	21.3*	3.6*	2.7*
21	D0	37.65	6900.54b	459.21a	11.63b	88,47a
	D1	38.36	8800.24a	393.27ab	28.36a	71,64b
	D2	35.55	2100.72c	315.43b	10.93b	89,17a
	D3	41.01	3800.26c	250.27b	8.39b	91,71a
	D5	38.35	6500.63b	246.37b	36.92a	63,08b
EE $\pm$		3.3NS	28.9*	10.9*	3.5*	3.1*

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas a  $P < 0.05$ .\*( $P < 0.05$ ). NS: no significativo. EE: error estándar. Probabilidad 5%.Hto: hematocrito, Lto: leucocitos, Plq: plaquetas, Neu: neutrófilos, Linf: linfocitos, D<sub>0</sub>:Conejarina® (PB: 11,4%), D<sub>1</sub> (PB: 13,5%; HL: 21%); D<sub>2</sub> (PB: 15,4%; HL: 24%); D<sub>3</sub> (PB: 17,6%; HL: 27%); D<sub>5</sub> (PB: 21,1%)

Cuadro 3

Valores de bioquímica sanguínea en *M. auratus* sometidos a las dietas experimentales.

Día de muestreo	Dieta	Hb (mg/dL)	Glc (mg/dL)	Aml (U/L)	BT (mg/dL)	BD (mg/dL)	BI (mg/dL)
Inicio		12.25 ±3.1	131.17 ±15.4	3971.67 ±92.1	0.32 ±0.1	0.13 ±0.1	0.19 ±0.1
7	D <sub>0</sub>	11.72	67.43b	1548.65a	0.30	0.15	0.15
	D <sub>1</sub>	12.28	143.25a	1368.85a	0.24	0.12	0.12
	D <sub>2</sub>	11.73	70.76b	1358.25a	0.26	0.13	0.12
	D <sub>3</sub>	12.07	90.12b	879.87b	0.32	0.16	0.16
	D <sub>4</sub>	11.87	151.25a	1599.54a	0.30	0.15	0.15
	EE±	1.0Ns	3.0*	31.2*	0.06Ns	0.04Ns	0.03Ns
14	D <sub>0</sub>	11.82	90.43b	713.37	0.34	0.22	0.12
	D <sub>1</sub>	11.77	160.25a	800.27	0.28	0.14	0.14
	D <sub>2</sub>	12.54	70.76b	1051.87	0.20	0.10	0.10
	D <sub>3</sub>	11.53	88.23b	1101.32	0.40	0.20	0.20
	D <sub>4</sub>	12.63	207.76a	731.87	0.27	0.15	0.12
	EE±	1.1Ns	4.1*	26.1Ns	0.05Ns	0.03Ns	0.05Ns
21	D <sub>0</sub>	11.47	180.24	3417.17a	0.20	0.10	0.10
	D <sub>1</sub>	10.83	177.65	1830.54b	0.20	0.10	0.10
	D <sub>2</sub>	11.67	208.13	1791.24b	0.22	0.11	0.11
	D <sub>3</sub>	11.10	153.76	1703.98b	0.20	0.10	0.10
	D <sub>4</sub>	11.32	223.16	2866.15a	0.20	0.10	0.10
	EE±	1.1Ns	9.2Ns	28.15*	0.04Ns	0.02Ns	0.04Ns

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas a P<0.05.

\*(P<0.05). Ns: no significativo. EE: error estándar. Probabilidad 5%

Hb: hemoglobina, Glc: glicemia, Aml: amilasa, BT: bilirrubina total, BD: bilirrubina directa, BI: bilirrubina indirecta, D<sub>0</sub>: Conejarina® (PB: 11,4%); D<sub>1</sub> (PB: 13,5%; HL: 21%); D<sub>2</sub> (PB: 15,4%; HL: 24%); D<sub>3</sub> (PB: 17,6%; HL: 27%); D<sub>4</sub> (PB: 21,1%)

En el cuadro 4, se muestra el perfil lipídico y los valores de electrolitos séricos de los animales acorde a los tratamientos ensayados.

## Cuadro 4

Perfil lipídico y de electrolitos séricos (mg/dL) en *M. auratus* sometidos a las dietas experimentales.

Día de muestreo	Dieta	ColT	HDL	LDL	VLDL	Trig	Ca	P	K§
Inicio		101.92 ±34.5	60.17 ±8.4	32.33 ±4.3	9.42 ±3.2	46.73 ±12.1	11.08 ±2.8	8.73 ±3.2	3.17 ±1.1
7	D <sub>0</sub>	115.82b	92.63a	2.83b	20.36	101.27	11.18	8.39a	4.42
	D <sub>1</sub>	125.91b	76.27b	34.52a	15.12	95.42	9.83	7.61b	4.66
	D <sub>2</sub>	131.25a	67.52b	40.86a	22.87	111.27	10.87	7.43b	4.43
	D <sub>3</sub>	104.95b	54.26b	35.37a	15.32	93.52	11.14	5.54c	4.24
	D <sub>5</sub>	118.86b	88.27a	5.83b	25.32	126.53	11.26	7.73a	4.32
	EE±	21.2*	2.3*	1.2*	1.5Ns	2.2Ns	1.1Ns	0.8*	0.7Ns
14	D <sub>0</sub>	130.96b	96.95	3.76b	30.25	148.27	10.24	8.78a	4.87
	D <sub>1</sub>	178.89a	99.37	38.26a	41.26	190.54	10.63	8.22a	4.33
	D <sub>2</sub>	155.95ab	85.53	37.26a	33.16	165.26	11.76	9.68a	5.43
	D <sub>3</sub>	161.96ab	85.27	35.42a	41.27	129.65	11.63	4.42b	4.61
	D <sub>5</sub>	137.21b	94.95	6.98b	35.28	175.27	10.75	10.17a	4.58
	EE±	19.8*	4.2Ns	1.7*	1.0Ns	3.4Ns	1.2Ns	0.8*	0.4Ns
21	D <sub>0</sub>	162.26b	124.37	2.57b	35.32	163.32	11.54	7.97a	4.96
	D <sub>1</sub>	192.53a	129.53	32.37a	30.63	170.26	12.18	8.53a	4.53
	D <sub>2</sub>	197.38a	119.28	36.26a	41.84	190.43	12.32	8.75a	4.68
	D <sub>3</sub>	187.74a	125.64	31.84a	30.26	134.26	12.12	4.39b	5.33
	D <sub>5</sub>	162.84b	125.28	6.24b	31.32	139.98	10.66	9.23a	5.06
	EE±	18.1*	11.1Ns	1.2*	3.1Ns	3.2Ns	1.4Ns	0.9*	0.6Ns

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas a  $P < 0.05$ . \* ( $P < 0.05$ ). § (meq/L). Ns: no significativo. EE: error estándar. Probabilidad 5%.

ColT: colesterol total, HDL: lipoproteína de elevada densidad, LDL: lipoproteína de baja densidad, VLDL: lipoproteína de muy baja densidad, Trig: triglicéridos, Ca: calcio, P: fósforo, K: potasio, D<sub>0</sub>: Conejarina® (PB: 11,4%); D<sub>1</sub> (PB: 13,5%; HL: 21%); D<sub>2</sub> (PB: 15,4%; HL: 24%); D<sub>3</sub> (PB: 17,6%; HL: 27%); D<sub>5</sub> (PB: 21,1%).

No se observaron diferencias significativas entre los animales para los contenidos séricos de VLDL, Trig, Ca y K ( $P > 0,05$ ). No obstante, la concentración de COLT, HDL, LDL y P, exhibieron diferencias apreciables entre dietas. Al respecto, en el segundo muestreo los niveles de COLT exhibieron diferencias entre tratamientos a favor de D<sub>2</sub>, mientras que en la tercera y cuarta evaluación, los animales alimentados con todas las dietas que contuvieron HL exhibieron mayor concentración de este esteroide. El contenido de HDL en la segunda evaluación fue superior en los hámsteres que consumieron las dietas convencionales (D<sub>0</sub> y D<sub>5</sub>); en el tercer y cuarto muestreo no se observaron diferencias.

En todos los momentos de muestreo los animales alimentados con las dietas que contuvieron HL mostraron contenidos superiores de LDL.

En la segunda, tercera y cuarta toma de muestras los hámsteres alimentados con D<sub>3</sub>, exhibieron menor contenido de P<sub>1</sub>, comparado con el resto de las dietas.

Con relación al índice de estrés, los resultados acorde a cada dieta fueron los siguientes: inicio: 0.56 ± 0.03; segundo muestreo (D<sub>0</sub>: 0.25 ± 0.02<sup>c</sup>; D<sub>1</sub>: 0.42 ± 0.04<sup>b</sup>; D<sub>2</sub>: 0.26 ± 0.02<sup>c</sup>; D<sub>3</sub>: 0.27 ± 0.02<sup>c</sup>; D<sub>5</sub>: 0.60 ± 0.03<sup>a</sup>), tercer muestreo: (D<sub>0</sub>: 0.29 ± 0.02<sup>b</sup>; D<sub>1</sub>: 0.68 ± 0.04<sup>a</sup>; D<sub>2</sub>: 0.29 ± 0.02<sup>b</sup>; D<sub>3</sub>: 0.33 ± 0.02<sup>b</sup>; D<sub>5</sub>: 0.56 ± 0.03<sup>a</sup>), cuarto muestreo (D<sub>0</sub>: 0.13 ± 0.01<sup>c</sup>; D<sub>1</sub>: 0.40 ± 0.02<sup>b</sup>; D<sub>2</sub>: 0.12 ± 0.02<sup>c</sup>; D<sub>3</sub>: 0.09 ± 0.01<sup>d</sup>; D<sub>5</sub>: 0.59 ± 0.04<sup>a</sup>). En este sentido, en todas las evaluaciones se observó que la mayor relación (menor índice de estrés) se obtuvo con D<sub>1</sub> y D<sub>5</sub>. Sin embargo, con la Conejarina® (D<sub>0</sub>) y las dietas que contuvieron mayor proporción de HL, los cocientes fueron menores. En todos los casos con D<sub>3</sub> se observaron los mayores índices de estrés.

El nexo entre las variables medidas en la sangre, así como con los niveles proteicos de las dietas y el porcentaje de inclusión de la HL, se muestran en el cuadro 5.

### Cuadro 5

Correlación entre el porcentaje de inclusión de HL, el contenido de proteína de las dietas y las variables séricas medidas en *M. auratus*.

Variable	PB	Hto	Lto	Plq	Seg	Linf
HL	0.04	0.29	-0.76**	-0.76**	-0.03	0.71**
PB		0.16	-0.29	-0.43	0.28	-0.28
Hto			0.04	-0.18	0.48	-0.15
Lto				0.59*	0.15	-0.65**
Plq					-0.04	-0.30
Seg						-0.16
Variable	Hb	Glc	Aml	BT	BD	BI
HL	-0.11	-0.58*	-0.24	0.46	-0.02	0.46
PB	0.11	0.22	-0.12	0.08	-0.14	0.19
Hto	0.14	-0.35	-0.54*	0.44	0.20	0.28
Lto	-0.10	0.39	0.14	-0.12	0.14	-0.17
Plq	0.07	0.27	0.14	-0.25	0.02	-0.32
Seg	-0.22	0.29	0.15	-0.22	-0.12	-0.20
Linf	-0.28	-0.32	0.29	-0.14	-0.08	-0.14
Hb		-0.18	-0.64*	0.19	0.31	0.11
Glc			0.61*	-0.54*	-0.18	-0.50
Aml				-0.69**	-0.42	-0.57*
BT					0.18	0.91**
BD						-0.10

## Cuadro 5 (Continuación)

Correlación entre el porcentaje de inclusión de HL, el contenido de proteína de las dietas y las variables séricas medidas en *M. auratus*.

Variable	ColT	HDL	LDL	VLDL	Trig	Ca	P	K
HL	-0.41	-0.50*	-0.25	0.08	0.29	-0.46	-0.76**	-0.03
PB	-0.24	-0.22	-0.01	-0.01	-0.09	0.07	-0.15	-0.07
Hto	-0.48	-0.42	0.01	-0.24	-0.34	-0.40	-0.39	-0.03
Lto	-0.26	0.52*	-0.48	0.02	0.19	-0.37	0.43	-0.13
Plq	0.22	0.44	-0.23	0.29	0.41	-0.20	0.53*	0.03
Seg	-0.08	0.16	0.03	0.07	0.05	0.05	-0.29	0.36
Linf	0.20	-0.11	0.20	-0.08	-0.14	0.51*	-0.42	0.29
Hb	0.03	-0.49	-0.05	-0.16	-0.09	-0.46	0.38	-0.04
Glc	0.18	0.73**	-0.27	0.45	0.56*	0.08	0.39	0.18
Aml	0.29	0.78**	-0.18	0.24	0.28	0.50*	0.05	0.40
BT	-0.56*	-0.55*	-0.05	-0.09	-0.34	-0.29	-0.40	-0.55
BD	-0.29	-0.27	-0.37	-0.42	-0.13	-0.49	0.33	-0.30
BI	-0.52*	-0.57*	0.10	-0.11	-0.41	-0.10	-0.54*	-0.62*
COLT		0.29	0.46	0.53*	0.66**	0.51	0.36	0.43
HDL			-0.42	0.57	0.65**	0.27	0.42	0.43
LDL				0.04	-0.04	0.27	-0.40	-0.07
VLDL					0.88**	0.39	0.20	0.31
Trig						0.37	0.51	0.29
Ca							-0.24	0.23
P								0.13

Porcentaje de inclusión de HL: 21; 24 y 27%, Nivel de proteína: 13,5; 15,4 y 17,6%.

La inclusión de HL se relacionó con los niveles de Lto, Plq, Linf, Glc, HDL y P. Sin embargo, la concentración creciente de PB no se relacionó significativamente con ninguna de las variables evaluadas. Los niveles de Lto se relacionaron positivamente con las Plq y negativamente con el contenido de Linf.

Por otra parte, la concentración de BD se relacionó negativamente con los valores de Glc y Aml, y el nivel de BI con el contenido de Aml y de BT. La concentración de Aml exhibió relación positiva con la Glc y negativa con el Hto y Hb. Asimismo, se observó una relación significativa entre el contenido de HDL y los valores de Lto, Glc, Alm y BI; mientras que la concentración de COLT exhibió un nexo significativo con la BT, BD y BI.

Por otra parte, los Trig se relacionaron con los valores de COLT, HDL, Glc y VLDL, mientras que este último se relacionó con los valores de COLT. Los contenidos de Ca presentaron relación con los Linf y la Aml; los niveles de P con Plq y BI; mientras que la concentración de K con el contenido de BI.

## Discusión

Los valores hemáticos promedios durante todo el experimento coinciden, en términos generales, con lo informado por numerosos autores para el género *Mesocricetus*; específicamente, en las especies *M. auratus*, *M. griseus* y *M. cricetus* (Hto:  $49 \pm 10\%$ , Lto:  $750 \pm 50 \times 10^6/\text{mm}^3$ ; Hb:  $14.5 \pm 0.5\text{mg/dL}$ , Plq:  $380 \pm 100 \times 10^3/\text{mm}^3$ ; Neu:  $30 \pm 10\%$ ; Linf:  $65 \pm 15\%$ ) (Mitruka y Rawnsley; 1981; CCAC, 2009). Sin embargo, los valores obtenidos son inferiores a lo informado por De Jesús y Quintero (2008) en hámsters provenientes del mismo Bioterio que facilitó los animales para el ensayo (Hto:  $46 \pm 1\%$ , Lto:  $700 \pm 1.4 \times 10^3/\text{mm}^3$ ; Neu:  $10 \pm 1.5\%$ ; Linf:  $90 \pm 2.5\%$ ). No obstante, las variaciones sustanciales en algunos indicadores, tanto de la media como de su desviación estándar, pudiera estar relacionado, por una parte, con la influencia de factores intrínsecos de los animales utilizados; y por otra, debido al efecto de las dietas experimentales, las cuales exhibieron características diferenciadas en cuanto a su composición química, aspecto que se ha reconocido como primordial en las variaciones del perfil hematológico de animales utilizados en el laboratorio (Van Hoosier y Mc Pherson, 1987).

Los valores medios de bioquímica sanguínea, perfil lipídico y electrolitos séricos, independientemente del efecto de las dietas ensayadas, se encuentran en el rango descrito por algunos autores para la especie (Hb:  $150 \pm 50\text{mg/dL}$ , Glc:  $104 \pm 2.5\text{mg/dL}$ ) (De Jesús y Quintero, 2008), (Aml:  $1,500 \pm 1000 \text{UI/L}$ , COLT:  $180 \pm 40\text{mg/dL}$ , HDL:  $90 \pm 20\text{mg/dL}$ , LDL:  $30 \pm 20\text{mg/dL}$ , Ca:  $11 \pm 2\text{mg/dL}$ , P:  $6 \pm 2\text{mg/dL}$ , K:  $5 \pm 2\text{meq/dL}$ ) (CCAC, 2009).

Por otra parte, la elevada desviación estándar de la media de los resultados —sobre todo en el caso de los valores de Lto, Plq, Neu, Linf, Aml, COLT, HDL y LDL— describen fluctuaciones apreciables con relación a la composición de los alimentos ofertados y los muestreos secuenciales realizados durante el ensayo. Al respecto, en algunas investigaciones llevadas a cabo, se ha informado acerca de una relación importante entre los valores de proteína, energía y los tenores de grasa y fibra dietética, con el consumo y la concentración de metabolitos séricos (Roseler *et al.*, 1993; Martínez-Flores *et al.*, 2004).

La poca variación en el contenido de Hto, Hb, BT, BD y Bi, VLDL, Trig, Ca y K, observado entre dietas —los cuales constituyen valores referenciales— sugiere que los niveles crecientes de PB, así como la inclusión de HL, no afectaron el metabolismo de síntesis y transformación de estas moléculas; y que en este tipo de roedor, la síntesis —por parte del hígado de algunos de estos compuestos, así como la excreción y recirculación de otros, a partir de las fuentes alimenticias suministradas de diferentes niveles proteicos (11.4-21,1%)— fue relativamente constante y no se encontró influenciada directamente por la proporción de los componentes mayoritarios de la ración.

No obstante, la dinámica de incremento de los valores de algunos indicadores (HLD, VLDL, Trig y K), considerando los muestreos consecutivos en el tiempo, sugiere variaciones metabólicas temporales, condicionadas quizá por el catabolismo hepático, renal o pancreático y la excreción de metabolitos endógenos y/o dietarios en los diferentes momentos de análisis acorde a los procesos fisiológico que se suscitaron (García *et al.*, 2011b;c).

Con relación al Hto, considerando que el rango de variación en *M. auratus* oscila entre 30 y 59% en función de la edad y el estado fisiológico (CCAC, 2009), y que en el presente experimento no se observaron variaciones sustanciales del Hto entre dietas, estos resultados pudieran sugerir que el volumen plaquetario, aunque no se cuantificó, quizá se vio afectado; esto, en virtud de que el conteo de plaquetas exhibió diferencias significativas entre tratamientos. En este sentido, el Hto refleja tanto la cantidad de eritrocitos como su volumen (volumen corpuscular medio), ya que el aumento del tamaño de los glóbulos rojos puede ocasionar estabilidad en el contenido de Hto, aun cuando la concentración de plaquetas disminuya en el plasma (De Vries, 1996; Rees y Watson, 2000); quizá por esa razón no se observaron variaciones sustanciales en los niveles de este indicador.

Al respecto, en estudios anteriores realizados con hámsters se ha demostrado que el valor de Hto sólo varía cuando el número de eritrocitos fluctúa o cuando se reduce el volumen del plasma por deshidratación; en cambio, el valor disminuye excepcionalmente por debajo del intervalo de referencia cuando decae la producción de hematíes; se incrementa su destrucción o se pierde sangre debido a una hemorragia, como factores únicos (Van Hoosier y Mc Pherson, 1987).

Con relación a las variaciones estadísticas observadas en el contenido de Plq y su relación inversa con la inclusión de HL en las dietas, estos resultados pueden sugerir que las alteraciones renales que se observaron en estos mismos animales, las cuales fueron informadas en ensayos realizados anteriormente (García *et al.*, 2011b,c), pudieron afectar la producción plaquetaria por posibles irregularidades en la síntesis de eritropoyetina —por parte de los riñones—, hormona relacionada con la síntesis de estos cuerpos hemáticos (Cova y García, 2006), considerando que este órgano —en los animales que consumieron HL en proporción elevada— se encontraba inflamado, necrosado y mostraba porosidad y anómala turgencia al tacto (García *et al.*, 2011b).

Con relación a las variaciones de los porcentajes de Neu y Linf con las dietas, el aumento de los Linf y la disminución de los Neu con la adición de HL, posiblemente se deba al incremento del estrés nutricional en función de las dietas muy ricas en HL, lo cual se corroboró al analizar la relación Heterófilos/Linf como índice de estrés en la especie, considerando las aseveraciones realizadas por Montilla *et al.* (2006) en estudios hematológicos similares.

En este sentido, se ha demostrado que los valores hematológicos varían consistentemente; en específico, los de Linf aumentan en los animales cuando son sometidos a estrés ambiental o nutricional de diversas formas aun cuando no existan patologías virales presentes (Montilla *et al.*, 2006).

Por otra parte, el valor de Hb fue inferior a lo informado por De Jesús y Quintero (2008) en hámster en Venezuela; sin embargo, los contenidos relativamente estables en el tiempo y la marginal diferencia en la concentración de Hb entre los animales que consumieron las diferentes dietas, sugiere que estos valores son característicos de la camada utilizada en el ensayo. En este sentido, se han informado variaciones importantes en los valores de Hb atribuidos a particularidades en la cría de estos roedores y a los progenitores y parentales dentro de los sistemas de producción (De Vries, 1996).

La variación de los niveles de Glc acorde a las dietas con mayor inclusión de HL se explica por el hecho de que la glucosa refleja, en términos generales, el estado nutricional, hormonal y emocional de los animales (Van Hoosier y Mc Pherson, 1987). En este sentido, la disminución en los contenidos de este metabolito durante las dos primeras semanas del ensayo podría encontrarse asociada con el proceso de adaptación que tuvo lugar en los hámsters mientras éstos se familiarizaban desde el punto de vista organoléptico con las dietas experimentales, lo cual se reflejó en el consumo de alimento y agua, así como en la digestibilidad de las raciones, aspecto corroborado en un ensayo anterior (García *et al.*, 2011a).

Considerando que al final del ensayo el contenido de Glc no exhibió diferencias entre los hámsters que consumieron las diferentes dietas, quizá este comportamiento se debió a que los animales se adaptaron a consumir cada tipo de alimento, reflejándose directamente en el perfil metabólico, independientemente de la factibilidad nutricional de cada fuente.

Las variaciones entre muestreos en el contenido de Aml, y las diferencias significativas que se observaron entre dietas al final del ensayo, quizá se relacione con el estado nutricional y fisiológico de los animales en cada momento de análisis. En este sentido, al inicio del ensayo, los valores de esta enzima fueron muy elevados si se considera lo informado por Liaudet *et al.* (2001) como normales en ratones y otros roedores (Aml:  $1514 \pm 146 \text{ U/l}$ ). Sin embargo, este resultado sí es consistente con la concentración observada en el segundo y tercer muestreo las cuales fluctuaron cerca de las  $1080 \text{ U/l}$ .

El valor elevado de esta enzima al inicio del ensayo posiblemente se relaciona con la composición de la dieta pre-experimental que se ofertó una semana previa al comienzo del ensayo, la cual exhibió una composición nutricional baja en términos de proteínas y energía. Al respecto, es conocido que los niveles de enzimas digestivas fluctúan en función de periodos de ayuno, mala calidad de las dietas, estrés nutricional y alteraciones metabólicas endógenas (De Vries, 1996). Sin embargo, el valor inicial de esta enzima en los animales sometidos a todos los tratamientos coincide con lo reportado por Dean *et al.* (1984), quienes plantearon un valor de  $4,000 \text{ U/l}$  con una fluctuación de  $1,000 \text{ U/l}$  en función de variaciones fisiológicas severas ocasionadas por la calidad de la dieta.

El valor significativamente superior de Aml de los animales a los 21 días, tanto los que consumieron la dieta de pobre valor nutricional ( $D_0$ ) como con la convencional ( $D_5$ ) podría explicarse por la misma razón que se planteó para el inicio del experimento en el caso de  $D_0$ ; mientras que la concentración elevada observada con la dieta  $D_5$  podría encontrarse relacionada con la mayor calidad proteica-energética de este alimento. Al respecto, es conocido que existe una relación directa entre la densidad energética de las dietas y los valores de enzimas relacionadas con el metabolismo energético, tanto en el sistema gastrointestinal como sérico (Hernández *et al.*, 2007). Asimismo, con dietas elevadas en proteínas y energía ( $D_5$ ), en el sistema digestivo se aumenta la degradación de aminoácidos y carbohidratos, y en esta situación se produce un aumento de la síntesis de enzimas relacionadas, lo cual se refleja en su contenido plasmático (De Vries, 1996).

Por otra parte, los fluctuantes valores de Aml también sugieren alteraciones intestinales y pancreáticas, fundamentalmente a partir de la tercera medición, lo cual es coherente

con los trastornos nutricionales, la elevada concentración de amino-transferasas séricas y las anomalías en la morfometría de órganos digestivos e intestino observados en estudios anteriores en los animales que consumieron la dieta de mala calidad ( $D_0$ ) y los que se alimentaron con las dietas con elevada proporción de HL (García *et al.*, 2011b,c).

En tal sentido, los niveles de esta enzima en sangre se utilizan como indicador para detectar posibles patologías en las funciones orgánicas. Las enfermedades descompensatorias y el consumo de componentes tóxicos o compuestos pro-tóxicos pueden provocar un aumento notable de las Aml en sangre (Rees y Watson, 2000). En este experimento los valores variantes en más de 1,500 unidades internacionales entre muestreos —aún sin observarse fluctuaciones significativas entre dietas en la segunda y tercera medición— sugiere alteraciones sustanciales en el páncreas relacionado con la síntesis enzimática; este efecto pudo ser reversible o ser atenuado, ya que se observó disminución progresiva de las concentraciones de Aml en la etapa intermedia del ensayo, quizá por restablecerse, a mediano plazo, el equilibrio enzimático mediante mecanismos homeostáticos temporales (Toledo *et al.*, 2005).

Con relación a los contenidos bajos y las variaciones discretas en el nivel de BT y sus fracciones con las diferentes dietas, particularmente en hámster, se ha demostrado que los niveles basales de este metabolito son más bajos comparados con los de humanos y otros animales. Además, que los problemas causados por las dietas, así como las difusiones hepáticas y renales, no afectan significativamente los niveles de este compuesto, oscilando normalmente entre 0.20 y 0.83mg/dL (Van Hoosier y Mc Pherson, 1987).

Con relación al perfil lipoproteico y de Trig, aun cuando es conocido que en hámster la circulación lipídica es menor que en humanos y significativamente mayor que en otros roedores, aunado a que los valores de Trig se afectan menos que en otras especies y que el metabolismo lipídico en *M. auratus* es diferente (Van Hoosier y Mc Pherson, 1987; Trautwein *et al.*, 1993), es importante destacar que la inclusión de HL elevó el contenido de HDL y disminuyó la proporción de LDL, aspecto que pudiera repercutir negativamente cuando esta fuente suplementaria sea adicionada en proporciones elevadas en la dieta; ya que el aumento plasmático de LDL en animales comerciales se relaciona positivamente con la aparición de enfermedades cardiovasculares, la aparición de tejido adiposo en la carne, la baja ganancia de peso y el pobre desempeño productivo y reproductivo de los rebaños (Ramírez *et al.*, 2006).

En este sentido, se ha demostrado que en estos animales la fuente de lípidos es importante en cuanto a los valores de colesterol circulante y la distribución de lipoproteínas en el plasma (Kahlon *et al.*, 1990; German *et al.* 1996; Dorfman *et al.*, 2003).

Por otra parte, las variaciones en el contenido de COLT y sus fracciones no sólo puede ocurrir por la composición de grasas y energía de la dietas, sino también por la proporción de otros componentes (proteína y fibra), debido a variaciones metabólicas, estado fisiológicos, mal funcionamiento del hígado y por cambios en la temperatura ambiental (Dietschy *et al.*, 1993).

El mayor contenido de COLT y LDL, sobre todo después de la segunda medición, en los tratamientos que incluyeron HL, se puede explicar por el hecho de que, independiente-

mente de que las dietas se encontraron balanceadas, la HL exhibe un perfil y distribución de ácidos grasos que coincide, en términos generales, con el patrón de las fuentes suplementarias clásicas de origen animal (HL-grasas: 4.90-5.75%; ácidos grasos saturados: 3.09-3.26%; ácidos grasos insaturados: 0.98-1.62%; ácidos grasos poli-insaturados: 0.84-1.56%) donde predominan los ácidos grasos saturados (Cova *et al.*, 2009), principal precursor del esqueleto esteroide de los esteroides, si se consideran las aseveraciones realizadas por Kwiterovich (2000) con relación a que la síntesis de colesterol, HDL, LDL y Trig ocurre mayoritariamente por vía exógena cuando se suministran dietas con elevado valor de grasas a partir de harinas de carne; y que la síntesis de LDL es particularmente sensible a las fuentes de ácidos grasos saturados.

Si se considera que durante el ensayo los contenidos de COLT se encontraron por debajo de 200 mg/dL y que los niveles de HDL fueron superiores a los de LDL + VLDL, quizá el incremento de LDL con D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> y D<sub>4</sub> se deba al aporte de grasas de la HL, lo cual coincide con las aseveraciones realizadas por algunos autores, quienes demostraron en hámster que en función de la factibilidad nutricional de los ingredientes alimenticios, acorde a la composición de las dietas, éstos pueden influir en la distribución de la fracción de lipoproteínas de diferente densidad (Rutten y Watson, 2000; Dorfman *et al.*, 2003).

Con relación a las variaciones observadas en los valores de P, la disminución sustancial de los contenidos de este electrolito en las dietas con mayor proporción de HL no se puede relacionar con el desarrollo de hipofosfatemia en los hámsters por la adición de HL (disminución de la concentración sérica de P cercana a 2,5 mg/dL), ya que los contenidos observados de este electrolito con D<sub>4</sub> oscilaron entre 4.39 y 5.92 mg/dL, los cuales son considerados como normales para la especie (4-6 mg/dL) (CCAC, 2009). Sin embargo, los niveles más elevados en los animales sometidos al resto de los tratamientos (D<sub>0</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> y D<sub>3</sub>-7.43-9.68 mg/dL-) quizá se asocien con los niveles netos de P ofertados en las dietas (1.8-2.0%), aun cuando en la formulación de las raciones se mantuvo la relación Ca/P de 1.3; valor recomendado para hámster que garantiza una buena absorción de este mineral (NRC, 1995; De Vries, 1996).

Aun cuando la disminución de los contenidos séricos de P —en la mayor parte de los casos— se deben a la ingesta inadecuada o por problemas en la redistribución del fósforo intra y extracelular, en este caso podría ser atribuido a una mala absorción intestinal o producto de la pérdida renal de P ocasionada por D<sub>3</sub> y D<sub>4</sub>, considerando los hallazgos de otras investigaciones en las cuales se informó acerca de problemas de anomalía tisular en el hígado, riñones e intestino, asociado con la presencia de aminos biogénicas en la HL utilizada para la preparación de las dietas (García *et al.*, 2011a;b;c).

De esta manera, los estudios del perfil hemático, bioquímico y de electrolitos séricos, aunado a otras mediciones nutricionales y fisiológicas son buenos indicadores de los efectos perjudiciales de ingredientes dietéticos u otras sustancias (Toledo *et al.*, 2005), considerando que en los animales alimentados con las dietas donde se incluyó HL al 24, 27 y 30%, en estudios previos, se observaron alteraciones en el tracto gastrointestinal, así como baja digestibilidad y pérdida de peso (García *et al.*, 2011a).

No obstante, es importante verificar que factores tales como la dominancia, el linaje, la edad, el estado fisiológico y sexo de los animales, así como las condiciones ambientales, no influyan en los valores de estos parámetros sanguíneos, ya que las variaciones en el perfil metabólico sérico se pueden atribuir a las dietas cuando otros factores que no se consideran oportunamente pueden influir (Cova y García, 2006). En tal sentido, es fundamental, por lo tanto, considerar los valores encontrados al inicio del ensayo y en el grupo alimentado con la dieta menos compleja ( $D_0$ ), como valores de partida para realizar comparaciones de perfil nutricional, ya que los niveles hematológicos y de química sanguínea de muchas especies utilizadas en ensayos de laboratorio varían comúnmente (García *et al.*, 2011c).

Respecto al nexo entre las variables séricas, el contenido proteico de las dietas y el porcentaje de inclusión de HL, la poca relación entre los niveles de metabolitos séricos con el nivel de PB dietética no evidencia mediante las mediciones realizadas un efecto catabólico aumentado en los animales, el cual sí ha sido informado cuando se ha utilizado la HL como componente de dietas para hámsters, pero evaluando el perfil de metabolitos nitrogenados y enzimas relacionadas con el ciclo de la urea (García *et al.*, 2011c).

En cambio, el nexo negativo entre los valores de Leu, Plq, Linf, Glc, HDL y P con la inclusión de la HL se explica por el hecho de que aun cuando se utilizó una semana de adaptación de los animales a las condiciones experimentales, la inclusión de HL constituyó un elemento nuevo para estos roedores, los cuales inicialmente consumieron una dieta estándar y debieron adaptarse progresivamente a aceptar estos alimentos manifestando estrés nutricional, el cual se reflejó en la disminución de algunos parámetros hemáticos que son sensibles a alteraciones tanto ambientales como nutricionales (Montilla *et al.*, 2006; Cova y García, 2006). Asimismo, la disminución de HDL con la inclusión de HL quizá se relacione con el perfil de ácidos grasos que exhibe esta harina, donde los ácidos grasos saturados, principales precursores de este tipo de molécula compleja, son elevados (Cova y García, 2006; Cova *et al.*, 2009). En este sentido, es conocido que el suministro de dietas con grasas saturadas estimula la síntesis de LDL y VLDL e inhibe la producción de HLD por mecanismos homeostáticos.

La relación entre las fracciones de lipoproteínas y los triglicéridos se explica por el hecho de que el contenido de cada tipo de macromolécula es dependiente de la estructura de los lípidos libres circulantes y de la relación metabólica existente entre cada tipo de lipoproteína, acorde al transporte plasmático (De Vries, 1996).

Particularmente la relación VLDL, Trig y COLT se ha informado en estudios de caracterización lipídica en los cuales se ha demostrado que la esterificación del colesterol en hámster se encuentra muy relacionada con las lipoproteínas de muy baja densidad (Sablé-Amplis *et al.*, 1988). Al respecto, las VLDL se forman en el hígado y su síntesis está regulada por la formación de otras lipoproteínas y por los Trig sintetizados en las células hepáticas, las cuales se pueden transformar en LDL. Por su parte, las LDL son el producto del catabolismo de las VLDL.

En términos proporcionales en las VLDL el componente lipídico fundamental son los triglicéridos (52%) de origen endógeno, aunque contienen un 22% de colesterol libre y esterificado, las LDL están constituidas fundamentalmente por colesterol en alrededor

de un 47% y las HDL contienen un 19% de colesterol; por tales razones es de esperar una relación significativa entre el contenido de Trig con las fracciones de lipoproteínas.

Adicionalmente, la relación negativa entre las fracciones de COLT y la bilirrubina fue informada tempranamente por Jones *et al.* (1971), asociada a problemas en la esterificación de las fracciones de colesterol causada por problemas hepáticos severos, lo cual quizá constituya otra evidencia de las anomalías observadas en el hígado, informadas en otros trabajos donde se utilizaron elevada proporción de HL en la dieta de estos roedores (García *et al.*, 2011b;c). La relación positiva entre los valores de Glc, Aml y Lto con los niveles de HDL describe la importancia de este último como indicador de un estatus saludable en los animales, en función de los principales parámetros de perfil metabólico relacionado con la nutrición y las características de las dietas experimentales.

## Conclusiones

La alimentación de *M. auratus* con una dieta baja en PB ( $D_0$ ) produjo valores alterados en el perfil hematológico y bioquímico de los animales.

Con la inclusión de HL al 24 ( $D_2$ ), 27 ( $D_3$ ) y 30% ( $D_4$ ) se observaron variaciones hemáticas sustanciales, indicadoras de estrés nutricional, y valores atípicos de Glc, Aml y perfil lipídico.

Con  $D_1$  y la dieta convencional de mayor contenido de PB ( $D_1$ ) los niveles sanguíneos de metabolitos séricos, así como el índice de estrés, se mantuvieron dentro del rango informado por la literatura para la especie; por lo que la inclusión de HL al 21% para obtener una dieta con 13,5% de proteína bruta constituye una opción viable para la alimentación de estos animales.

En términos de la bioquímica sanguínea, el suministro de las dietas experimentales sugiere variaciones metabólicas asociadas al estrés y a la presencia del componente proteico mayoritario (HL) en las dietas formuladas.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al CDCHT-Mérida, Venezuela, por el financiamiento para la realización de esta investigación (CDCHT-NURR-C-335-04-03-A). A la Estación Experimental y de Producción Agrícola "Rafael Rangel" por el apoyo recibido para la obtención de la harina utilizada en el ensayo. Al Laboratorio del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP-Maracay, Venezuela) por su colaboración en algunas de las determinaciones analíticas. Al Vivario del Núcleo Universitario "Rafael Rangel" del estado Trujillo, Venezuela, en la persona del Sr. Javier Moncayo, por su colaboración en el mantenimiento de los animales durante el periodo experimental.

## Literatura citada

- Bastardo, H.; Medina, A. L. y Sofia, S. (2005). "Sustitución total de harina de pescado por harina de lombriz en dietas para iniciador de trucha arcoiris." *Agroalimentación y Desarrollo Sustentable*. 7: 1-6.
- CCAC (2009). *Canadian Council on Animal Care*. Valores de referencia de bioquímica clínica, 5 pp.
- Cova, L. J. y García, D. E. (2006). *Evaluación de parámetros nutricionales utilizando harina de lombriz (Eisenia spp.) en la alimentación de hámster (Mesocricetus auratus L.)*. Jornada Técnica, Estación Experimental y de Producción Agrícola "Rafael Rangel" (EEPARR)-Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Trujillo, Venezuela 12 pp.
- Cova, L. J.; García, D. E.; Scorza D. J. V.; Medina, M. G.; Clavero, T.; Perea, F. y González, D. (2009). "Efecto de la estrategia de conservación en la calidad nutritiva de la harina de la lombriz roja (*Eisenia spp.*) a mediano plazo." *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 26(1): 107-128.
- De Jesús, R. y Quintero, Z. (2008). "Comparación del crecimiento, parámetros reproductivos y de hematología y glicemia en hámsters (*Mesocricetus auratus*) alojados a diferentes niveles de intensidad de luz." *Zootecnia Trop.* 26(1): 19-26.
- De Vries, J. (1996). *Food safety and toxicity*. De Vries, J. (Ed.) 338 pp.
- Dean, D. H. y Hiramoto, N. (1984). "Plasma amylase after parotid traumatization or duct ligation of male rats." *J. Oral Pathol. Med.* 13(1): 69-74.
- Díaz, D.; Briceño, R.; Rosa, V. y Cabrera, H. (2007). "Comportamiento productivo de la codorniz para engorde (*Coturnix coturnix japónica*) suplementada con harina de lombriz." *Agricultura Andina*. 12: 3-14.
- Dietschy, J. M.; Turley, S. D. y Spady, D. K. (1993). "Role of liver in the maintenance of cholesterol and low density lipoprotein homeostasis in different animal species, including humans." *Lipid Res.* 34: 1637-1659.
- Dorfman, S.; Smith, D. E.; Osgood, D. P. y Lichtenstein, A. H. (2003). "A: Study of diet-induced changes in lipoprotein metabolism in two strains of Golden-Syrian hamsters." *J. Nutr.* 133: 4183-4188.
- García, D. E.; Cova, L. J.; Scorza D. J. V.; González, M. E.; Pizzani, P.; Medina, M. G.; Perea, F. y González, D. (2011a). "Efecto de dietas proteicas a base de harina de lombriz roja (*Eisenia spp.*) en el comportamiento del hámster dorado (*Mesocricetus auratus L.*). I. Dinámica de peso y digestibilidad." *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* (aceptado).
- García, D. E.; Cova, L. J.; Scorza, D. J. V.; González, M. E.; Pizzani, P.; Medina, M. G.; Perea, F. y González, D. (2011b). "Efecto de dietas proteicas a base de harina de lombriz roja (*Eisenia spp.*) en el comportamiento del hámster dorado (*Mesocricetus auratus L.*). II. Morfometría de órganos e intestino." *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* (aceptado).
- García, D. E.; Cova, L. J.; Briceño, S.; Scorza, D. J. V.; Montilla, F.; Medina, M. G.; Perea, F. y González, D. (2011c). "Niveles de metabolitos nitrogenados séricos en el hámster dorado (*Mesocricetus auratus L.*) alimentado con dietas proteicas a base de harina de lombriz roja (*Eisenia spp.*) y fuentes convencionales." *Arch. Zootecnia* (aceptado).
- García, D. E.; Cova, L. J.; Castro, A. R.; Medina, M. G. y Palma, J. R. (2009). "Efecto del sustrato alimenticio en la composición química y el valor nutritivo de la harina de la lombriz roja (*Eisenia spp.*)." *Revista Científica FCV-LUZ* XIX(1): 55-62.
- German, J. B.; Xu, R.; Walzem, R.; Kinsella, J. E.; Knuckles, B.; Nakamura, M. y Yokohama, W. H. (1996). "Effect of dietary fats and barley fiber on total cholesterol and lipoprotein cholesterol distribution in plasma of hamsters." *Nutr. Res.* 16(7): 1239-1249.
- Hernández, J.; Castillo, C.; Méndez, J.; Vázquez, P.; Pereira, V.; Llana, J.; López, M. y Bedito, J. L. (2007). "Comparación del efecto de la adición de malato vs. monensina sobre parámetros bioquímicos en terneros en crecimiento." *Revista Científica* XVII (5): 514-520.
- Home Office (1989). *Code of practice for the housing and care of animals used in scientific procedure*. 2da Ed. HM&O, Londres. 200 pp.
- Jones, D. P.; Sosa, F. R.; Shartsis, J.; Shah, P. T.; Skromak, E. y Beher, W. T. (1971). "Serum cholesterol esterifying and cholesteryl ester hydrolyzing activities in liver diseases: relationships to cholesterol, bilirubin, and bile salt concentrations." *J. Clin. Invest.* 50(2): 259-265.

- Kahlon, T. S.; Saunders, R. M.; Chow, F. L.; Chi, M. M. y Betschart, A. A. (1990). "Influence of rice bran, oat bran, and wheat bran on cholesterol and triglycerides in hamsters." *Cereal Chem.* 67: 439-443.
- Kwiterowich, P. O. (2000). "The metabolic pathways of high density lipoprotein, low density lipoprotein and triglycerides: a current review." *Am. J. Cardiol.* 86(12): 5-10.
- Liaudet, L.; Mabley, J. G.; García, F.; Pacher, P.; Marton, A.; Hasko, G. y Szabó, C. (2001). "Inosine reduces systemic inflammation and improves survival in septic shock induced by cecal ligation and puncture." *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 164(7): 1213-1220.
- Martínez-Flores, H. E.; Chang, Y. K.; Martínez-Bustos, F. y Sgarbieri, V. (2004). "Effect of high fiber products on blood lipids and lipoproteins in hamsters." *Nutr. Res.* 24(1): 85-93.
- Mitruka, B. M. y Rawnsley, H. M. (1981). *Clinical biochemical and hematological reference values in normal experimental animals and normal humans*. 2nd, Ed. New York.
- Montilla, A. J.; Hernández, J. L. y Alvarado, M. C. (2006). "Valores hematológicos de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) presente en la Alta Guajira." *Revista Científica XVI*(3): 219-226.
- Morón-Fuenmayor, O. E.; Díaz, D.; Pietrosemoli, S.; Barrera, R.; Gallardo, N.; Peña, J. y Leal, M. (2008). "Efecto de la inclusión de harina de lombriz sobre el rendimiento en canal, en cortes y calidad físico-química de la carne de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 25: 674-685.
- NRC. 1995. *Nutrients Requirements of Laboratory Animal. Hamster*. Fourth revised edition. National Academy Press. 138 pp.
- Ramírez, F.; Pérez, R.; Maldonado, M. A.; Paiva, R. y Mancilla, L. E. (2006). "Relación entre pastoreo, metabolismo y reproducción en hembras bovinas en portuguesa." *Memorias del X Seminario de Pastos y Forrajes*. Maracaibo, Zulia. 9 pp.
- Rees, N. y Watson, D. (2000). *International standards for food safety*. Aspen Publishers, Inc. 256, p. 132.
- Rutten, A. A. y De Groot, A. P. (1992). "Comparison of cereal-based diet with purified diet by short-term feeding studies in rats, mice and hamsters, with emphasis on toxicity characteristics." *Food Chem. Toxicol.* 30(7): 601-610.
- Sablé-Amplis, R.; Sicart, R. y Farré, G. (1988). "Plasma cholesterol esterification and lipoprotein profile in hypercholesterolemic hamsters." *Nutr. Res.* 8(2): 219-224.
- Talwinder, S. K.; Faye, I. C.; Sayre, R.Y. y Betschart, A. A. (1992). "Cholesterol-lowering in hamsters fed rice bran at various levels, defatted rice bran and rice bran oil 2." *J. Nutr.* 122: 513-519.
- Trautwein, E.; Liang, J. y Hayes, K. (1993). "Plasma lipoproteins, biliary lipids and bile acid profile differ in various strains of Syrian hamsters *Mesocricetus auratus*." *Comp. Biochem. Physiol. Comp. Physiol.* 104: 829-835.
- Van Hoosier, G. L. y Mc Pherson, C. W. (1987). *Laboratory hamster*. American Collage of Laboratory. Animal Medicine Services. 401 pp.
- Visauta, B. (1998). "Análisis estadístico con SPSS para Windows." En: Visauta, B. (Ed.). *Estadística multivariante*. Mc-Graw-Hill-Interamericana. Madrid, España. 200 pp.
- Toledo, T.; Tanus, J.; Matos, R.; Machado, H.; Jóia de Mello, V.; Queiroga, E. y da Silva, E. (2005). "Efectos del *Monascus* sobre albúmina, creatinina, urea y ácido úrico en conejos." *Acta Bioquím. Clín. Latinoam.* 39(4): 429-434.
- Roseler, D. K.; Ferguson, J. D.; Sniffen, C. J. y Herrema, J. (1993). "Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in Holstein cows." *J. Dairy Sci.* 76(2): 525-534.

Recibido: Febrero 12, 2010

Aceptado: Febrero 16, 2011

# Fijación biológica de nitrógeno por tres fabáceas (Leguminosae) en suelos ácidos de Tabasco, México

Biological nitrogen fixation by three fabaceas (Leguminosae) in acid soil of Tabasco, Mexico

Córdova-Sánchez, S.;<sup>1\*</sup> Castelán-Estrada, M.;<sup>2</sup> Salgado-García, S.;<sup>2</sup> Palma-López, J. D.;<sup>2</sup> Vera-Núñez, J. A.;<sup>3</sup> Peña-Cabriales, J. J.;<sup>3</sup> Lagunes-Espinoza, L. C.<sup>2</sup> y Cárdena-Navarro, R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
Unidad Posta, Km 9.5 Carr. Morelia-Zinapécuaro  
Tarímbaro, Michoacán, México (C. P. 58880) rcardenasnavarro@gmail.com

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco  
Km. 3.5 Periférico Carlos A. Molina s/n  
H. Cárdenas, Tabasco, México (C. P. 86500).  
mcastelan@colpos.mx / salgados@colpos.mx/  
dapalma@colpos.mx / lagunes@colpos.mx

<sup>3</sup>Cinvestav Campus-Guanajuato  
Km. 9.6 Libramiento Norte de la Carretera Irapuato-León  
(Carretera federal 45) Municipio de Irapuato  
Guanajuato, México (C. P. 36500).  
jvera@ira.cinvestav.mx / jpena@ira.cinvestav.mx

\* Correspondencia: sacorsa\_1976@hotmail.com

## Resumen

Con el objetivo de determinar el potencial de fijación biológica de nitrógeno por las fabáceas *Cajanus cajan* L., *Canavalia ensiformis* L. y *Mucuna deerengiana* L., en rotación y asociación con maíz durante dos ciclos de cultivo, se desarrollaron dos experimentos en un suelo ácido de la sabana de Huimanguillo, Tabasco. En ambos sistemas se evaluaron variables relacionadas con la nodulación de estas fabáceas, así como su efecto sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.); también se cuantificó el N derivado de la atmósfera (FBN) y la eficiencia de

## Abstract

In order to estimate the potential of biological nitrogen fixation by *Cajanus cajan* L., *Canavalia ensiformis* L., and *Mucuna deerengiana* L., in rotation and association with maize, two experiments were carried out during two crop cycles in the acidic soil of the Huimanguillo savanna, Mexico. In both systems, the nodulation of fabaceae and its effect on maize (*Zea mays* L.) grain yield were evaluated. The derived N from the atmosphere (FBN) and the N absorption efficiency by the maize crop were quantified through the <sup>15</sup>N isotope technique. The results

absorción de N por el cultivo de maíz a través de la técnica isotópica de  $^{15}\text{N}$ . Los resultados muestran que *C. cajan* L., produjo 66 a 121, *C. ensiformis* L., 38 a 80 y *M. deerengiana* L., 45 a 78 nódulos planta<sup>-1</sup>, con una MS máxima de 14, 7 y 4 g planta<sup>-1</sup> en asociación como en rotación, respectivamente. La producción de biomasa por las fabáceas fue de 5,780 para *C. cajan* L., 7,037 para *C. ensiformis* L., y 5,284 kg ha<sup>-1</sup> para *M. deerengiana* L., en asociación con maíz. El rendimiento de grano de los diferentes genotipos de maíz en rotación y asociación varió entre 580 a 642 kg ha<sup>-1</sup> durante dos ciclos de estudio. El N fijado por estas fabáceas en rotación se considera muy bajo (2 kg N ha<sup>-1</sup>); mientras que ocurrió mayor fijación en la asociación fabaceae-maíz (135 kg N ha<sup>-1</sup>), pero la alta dosis de FBN no repercutió en mayor rendimiento de grano respecto a los testigos.

### Palabras clave

Asociación de cultivos, fertilidad, nódulos, producción, rotación de cultivos.

show that *C. cajan* L., produced 66 to 121, *C. ensiformis* L., 38-80 and *M. deerengiana* L., 45-78 nodules plant<sup>-1</sup>, with maximum MS from nodules 14, 7 and 4 g plant<sup>-1</sup> in association and in rotation, respectively. Biomass production by these fabaceae was 5.780 for *C. cajan* L., 7.037 for *C. ensiformis* L., and 5.284 kg ha<sup>-1</sup> for *M. deerengiana* L. when in association with maize. The grain yield of the different genotypes of maize in rotation and in association ranged from 580-642 kg ha<sup>-1</sup>. The N fixed by these fabaceae in rotation is considered very low (2 kg N ha<sup>-1</sup>), while a higher FBN occurred in the association fabaceae-maize (135 kg N ha<sup>-1</sup>). However, high FBN did not produced more grain yield when compared to the witness groups.

### Keywords

Nodules, production, fertility, association and rotation of maize.

## Introducción

Estudios relacionados con la fijación biológica de N han demostrado que en México, la utilización de fabáceas (antes leguminoseae) cuyas tasas de fijación de nitrógeno son altas (FBN) puede satisfacer los requerimientos de nitrógeno (N) del cultivo de maíz, controlar malezas, proteger el suelo de la erosión y crear otros beneficios ecológicos *i.a.* Por ejemplo, en la región de Tamulté de las Sabanas, Tabasco, la rotación maíz-*Mucuna* en suelos de tipo Fluvisol ha sustituido por completo la aplicación de fertilizantes nitrogenados y de herbicidas; con un rendimiento de maíz de 2.0 a 2.5 t ha<sup>-1</sup> (Ortiz *et al.*, 1998). *Mucuna deerengiana* L., fija hasta 260 kg N ha<sup>-1</sup> (Gerónimo *et al.*, 2002), lo cual satisface los 90 kg N ha<sup>-1</sup> que requiere el cultivo de maíz (Salgado y Núñez, 2010).

Asimismo, existen reportes en suelos ácidos que indican que *Canavalia ensiformis* L., fija hasta 318 kg N ha<sup>-1</sup> y *Cajanus cajan* L., fija hasta 230 kg N ha<sup>-1</sup> (Vera-Núñez *et al.*, 2008). Esto muestra un potencial alto de FBN por estas tres fabáceas, aun en condiciones restrictivas de P, K, toxicidad por Al y Mn, que se presentan en los suelos Ultisoles y Oxisoles. Algunos estudios indican que las especies con elevado volumen radical, como es el caso del maíz, son eficientes para asimilar el P del suelo y lograr un buen aprovechamiento del N fijado biológicamente por las fabáceas (Friensen *et al.*, 1997).

A nivel de campo, para potenciar los beneficios de la FBN es preciso medir la cantidad de N fijado por los sistemas *fabaceae-Rhizobium* antes de modificar factores clave que permitan optimizar la FBN y la proporción de N que la fabácea suministra al suelo (Danso, 1995). Asimismo, disponer de un método adecuado para estimar con precisión la cantidad de N que los cultivos obtienen por este proceso simbiótico constituye un requisito indispensable (Hardarson y Danso, 1993).

El método convencional empleado para estimar la FBN a partir del N total es poco útil, ya que no indica la procedencia del N cuantificado (Cervantes-Umaña *et al.*, 1996). Las técnicas isotópicas de  $^{15}\text{N}$  se consideran las únicas que ofrecen cuantificaciones globales de la FBN, y además, permiten distinguir la proporción de N en la planta que procede del suelo, de un fertilizante o de la atmósfera y facilita los valores de FBN integrados para todo un ciclo de crecimiento de un sistema *fabaceae-Rhizobium* específico (Barea, 1991; Danso, 1995).

La relevancia de este fenómeno va más allá de constituir un modelo de estudio de la relación planta-microorganismo, ya que es de gran importancia desde el punto de vista ecológico y agronómico (Jensen, 1996) y también económico, ya que el costo de los fertilizantes tiende a aumentar y la disponibilidad es limitada (SNIIM, 2008). En América Latina, México ocupa el 10° lugar en el consumo de fertilizantes químicos (FAO, 2005), produciéndose anualmente alrededor de 4.9 millones de t de fertilizantes nitrogenados (Rebollar *et al.*, 2008). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el aprovechamiento del N atmosférico por el maíz cultivado en asociación y en rotación con tres fabáceas.

## Materiales y métodos

### *Ubicación del experimento*

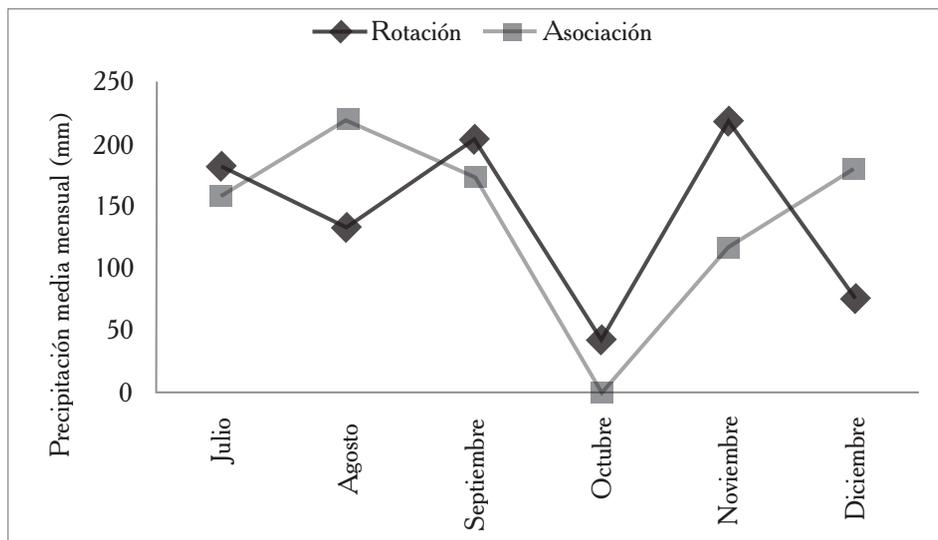
El experimento se desarrolló en el municipio de Huimanguillo, Tabasco (México), a una altitud de 25 msnm, a 434246.3503 UTM este X y 1979627.538 UTM norte Y. El sitio experimental, durante los últimos 50 años, fue un pastizal con presencia de vegetación herbácea y arbustiva, con una pendiente de 5%. Previo al establecimiento del experimento se eliminó la vegetación de forma manual. Posteriormente, se realizaron dos pasos de rastra semi-pesada y la siembra se efectuó manualmente.

El suelo de la parcela experimental es fuertemente ácido (pH 4.1), lo que indica poca disponibilidad de los nutrientes P, K, S, Ca, Mg, Cu, Zn y B. El contenido de materia orgánica es medio (2.2%), y el de N (0.17 %) se considera rico; la relación C/N es de 22, lo que indica que hay baja tasa de mineralización (Fassbender, 1984). El contenido de P se considera pobre (1.29 mg kg<sup>-1</sup> de suelo), resultado de la alta fijación de este nutrimento por Al; el contenido de K es considerado bajo (0.09 cmol<sup>(+)</sup> kg<sup>-1</sup>) (Salgado-García *et al.*, 2006). Las condiciones climatológicas que se presentaron durante el periodo experimental para los monocultivos fueron (promedio mensual): precipitación pluvial de 143.8 mm (figura 1), temperatura de 31.2 a 18.0°C, evaporación de 127.4 mm y brillo

sol de 5.5 h. Con relación a la etapa para el estudio sobre la asociación, se presentó una precipitación pluvial de 142.7 mm, temperatura de 29.9 a 17.9°C, evaporación de 68.7 mm y brillo sol de 4.8 h. Esta información fue obtenida de la estación meteorológica del Campus Tabasco, ubicada aproximadamente a 13 km del sitio experimental.

Figura 1

Precipitación pluvial registrada durante los periodos de desarrollo de los experimentos de maíz en asociación y rotación con tres fabáceas.



### Manejo del experimento

Para establecer el sistema de rotación las fabáceas se sembraron en monocultivo y donde éstas se desarrollaron, en el ciclo siguiente se sembraron los genotipos de maíz como monocultivo. En la asociación, los maíces se sembraron primero y 20 días después se sembraron las fabáceas. El maíz se sembró de una a dos semillas por punto, a 25 cm entre plantas y un metro entre hileras equivalente a una densidad de  $40 \times 10^3$  plantas  $ha^{-1}$ . Las fabáceas se sembraron de una a dos semillas por punto a 75 cm entre plantas y un metro entre hileras para obtener una densidad de  $13 \times 10^3$  plantas  $ha^{-1}$ .

Las fabáceas utilizadas fueron: *Cajanus cajan* L., *Canavalia ensiformis* L., y *Mucuna deerengiana* L. Las semillas fueron proporcionadas por productores de las rancherías Jolochero y Tamulté de las Sabanas, ubicadas en el municipio del Centro, Tabasco. Para los cultivos de maíz, se utilizaron los genotipos: criollo “dosmesano” (selección de agricultores), H-Z30 y VS-536.

## Diseño experimental y tratamientos

Los tratamientos se generaron con un arreglo factorial  $2 \times 3 \times 3$  para evaluar dos sistemas de producción: rotación y asociación; tres fabáceas: *C. cajan* L., *C. ensiformis* L. y *M. deerengiana* L., y tres genotipos de maíz: criollo “dosmesano”, H-Z31 y VS-536. Los 18 tratamientos generados más tres testigos (cuadro 1), se establecieron en campo en un diseño de bloques completos al azar (Martínez, 1988), con cuatro repeticiones. Lo que generó 84 unidades experimentales.

Durante la primera etapa se establecieron las fabáceas en campo, se evaluó la nodulación, el N fijado y la producción de biomasa aérea. En una segunda etapa se establecieron los tres genotipos de maíz para estimar el efecto de la FBN sobre rendimiento de grano. La parcela experimental constó de ocho surcos por ocho m de largo, equivalente a  $64 \text{ m}^2$ . La parcela útil fue de  $42 \text{ m}^2$ , eliminando un surco de cada lado y 0.5 m en las orillas, para evitar el efecto de borde.

A los 20 días de la germinación del maíz y las fabáceas, se aplicaron las dosis de fertilización 60–80–40 y 20–80–40 (N-P-K) con las fuentes urea, fosfato triple y cloruro de potasio (Barrón, 1998). La fertilización se aplicó sobre el surco, a cinco cm de los tallos. Dentro de la parcela útil se estableció una microparcela isotópica (un m de largo por 1.5 m de ancho) donde se aplicó el fertilizante marcado con el isótopo  $^{15}\text{N}$ . Para el maíz se aplicó urea al 1% de átomos en exceso (e.a.) de  $^{15}\text{N}$  en dosis de  $9.8 \text{ g planta}^{-1}$ , mientras que para las fabáceas se empleó urea al 10% e.a.  $^{15}\text{N}$  en dosis de  $6.5 \text{ g planta}^{-1}$ . De los tres maíces en monocultivo, el maíz criollo (dosmesano) se utilizó como cultivo de referencia para cuantificar el N fijado (método del valor A).

## Cuadro 1

Tratamientos utilizados en la evaluación de dos sistemas de producción en suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco.

No.	Tratamiento	Sistema de cultivo	No.	Tratamiento	Sistema de cultivo	
1	<i>C. cajan</i> L./ Vs-536	Rotación	12	<i>M. deerengiana</i> L./ Vs-536	Asociación	
2	<i>C. ensiformis</i> L./ Vs-536		13	<i>C. cajan</i> L./ Dosmesano		
3	<i>M. deerengiana</i> L./ Vs-536		14	<i>C. ensiformis</i> L./ Dosmesano		
4	<i>C. cajan</i> L./ Dosmesano		15	<i>M. deerengiana</i> L./ Dosmesano		
5	<i>C. ensiformis</i> L./ Dosmesano		16	<i>C. cajan</i> L./ H-z30		
6	<i>M. deerengiana</i> L./ Dosmesano		17	<i>C. ensiformis</i> L./ H-z30		
7	<i>C. cajan</i> L./ H-z30		18	<i>M. deerengiana</i> L./ H-z30		
8	<i>C. ensiformis</i> L./ H-z30		19	vs-536		Monocultivo (Testigos)
9	<i>M. deerengiana</i> L./ H-z30		20	Dosmesano		
10	<i>C. cajan</i> L./ Vs-536		21	H-z30		
11	<i>C. ensiformis</i> L./ Vs-536	Asociación				

### Muestreo y variables de estudio

**Número y masa seca de nódulos.** Se realizó al inicio de la etapa de floración, muestreándose los nódulos presentes en raíces de las fabáceas; éstos se separaron, se contaron y pesaron. Posteriormente, se introdujeron en una estufa de ventilación forzada, a una temperatura de 60°C por 72 h para determinar su peso seco.

**Rendimiento de grano (RG).** A los 130 días después de la germinación (ddg) del maíz, se recolectaron las mazorcas de cada parcela experimental, se registró el número de mazorcas y peso seco del grano (12% de humedad). A partir de estos datos se estimó el rendimiento de grano por superficie (ha).

**Producción de materia seca (Ms).** Al terminar el ciclo vegetativo del maíz, 130 días después de la germinación (ddg), se muestrearon al azar tres plantas por repetición. Para las fabáceas se realizaron los muestreos en la etapa de floración (120 a 145 ddg) utilizando al azar tres plantas por repetición de la parcela útil, se pesaron en fresco y después se llevaron a una estufa a una temperatura de 60°C por 72 h, para estimar la producción de materia seca. Posteriormente, se procedió a la molienda de todas las plantas.

**N total y relación isotópica  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ .** Se utilizaron tres plantas de fabáceas y maíz de la microparcela isotópica; éstas se secaron a una temperatura de 60°C por 72 h para

estimar la producción de materia; posteriormente, se molieron para la determinación del N total por el método Kjeldahl (Axmann *et al.*, 1990) y así calcular el contenido de N total (%) con base en la fórmula siguiente:

$$N(\%) = [20mLCl\ 0.1N - G(mLNa\ OH\ 0.1\ N) \times 1.4mg\ N / PSM\ mg] \times 100$$

G = Gasto

Donde;

PSM = Peso seco de la muestra

Una vez determinado el N total, la muestra se acidificó con HCl 0.1 N y se concentró (plancha LABLINE 60300) a una temperatura de 350°C a un mg N mL<sup>-1</sup> para la determinación de la relación isotópica <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N en las fabáceas y los cultivos de referencia (maíz). Los análisis isotópicos de <sup>15</sup>N (Axmann *et al.*, 1990), se realizaron en el Laboratorio de Microbiología Ambiental del CINVESTAV-IPN (Unidad Irapuato) por espectrometría de emisión óptica en un espectrómetro NOI-6e FAN (Zapata, 2001). A partir de estos valores se calcularon las siguientes variables.

### Rendimiento de N total (RNT)

Esta variable se calculó multiplicando el N total (%) por el rendimiento de materia seca (kg ha<sup>-1</sup>), tanto para fabácea como para maíz:

$$RNT = \% NT * RMS$$

Donde; %NT = Porcentaje de nitrógeno total

RMS = Rendimiento de materia seca

### N derivado del fertilizante (Nddf)

Esta variable se calculó con base en el enriquecimiento de <sup>15</sup>N cuantificado en el cultivo fijador (fabaceae) y el enriquecimiento en el fertilizante aplicado (% <sup>15</sup>N a.e.), procedimiento similar se realizaron para estimar el nitrógeno derivado del fertilizante (Nddf) en el cultivo de referencia (maíz) con base en la ecuación siguiente:

$$Nddf_{CF} = \frac{\% a.e. \ ^{15}N \ Muestras \ vegetales}{\% a.e. \ ^{15}N \ Fertilizante \ marcado}$$

$$Nddf_{CF} = \frac{\% a.e. \ ^{15}N \ Muestras \ vegetales}{\% a.e. \ ^{15}N \ Fertilizante \ marcado}$$

Donde:

*a.e.* = átomos en exceso  
*CF* = Cultivo fijador  
*CNF* = Cultivo no fijador

El enriquecimiento utilizado fue de 10 y 1% de  $^{15}\text{N}$  a.e., para las fabáceas y los cultivos de referencia (maíz), respectivamente.

### *Nitrógeno derivado de la atmósfera (Ndda)*

Esta variable sólo se evaluó en fabáceas, se expresa en porcentaje y se calcula con base en la ecuación del Valor "A":

$$Ndda = 100(1 - (\%Nddaf_{CF}) / n\%Ndda_{CNF}) + {}^{15}\text{Na.e. CF} (1/n-1)$$

Donde:  $n = \text{Dosis } N_{CF} \text{ y Dosis } N_{CNF}$   
*a.e.* = átomos en exceso

### *Nitrógeno derivado del suelo (Ndds)*

Esta variable se evaluó en fabáceas y maíz, se expresa en porcentaje y se calculó con base en la ecuación siguiente:

$$\%Ndds = 100 - \%Nddf_{CNF}$$

### *Nitrógeno fijado (Nf)*

Esta variable ( $\text{g N m}^{-2}$ ) se calculó con base en la ecuación siguiente:

$$Nf = \%Ndda \times NRT$$

*Análisis estadístico.* Para todas las variables se realizó el análisis de varianza con el arreglo factorial  $2 \times 3 \times 3$  y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) mediante el Sistema de Análisis Estadístico (SAS, 1999).

## Resultados

### Número de nódulos

Los resultados del análisis de varianza para el número de nódulos de las fabáceas muestran diferencias altamente significativas para sistema de producción, fabácea y las interacciones sistema-maíz y fabácea-maíz. Además, se observaron diferencias significativas para las interacciones sistema-maíz y sistema-fabácea-maíz, y no significativa para el factor maíz. Para esta variable, el coeficiente de variación fue de 12%, el cual indica una diferencia relativamente pequeña en la determinación del número de nódulos entre las fabáceas.

### Cuadro 2

Producción de nódulos por tres fabáceas en rotación y asociación con maíz en Tabasco, México.

Maíz	Fabáceas						Media con Maíz
	C. cajan L.		C. ensiformis L.		M. deerengiana L.		
	nódulos planta <sup>1</sup>						
	Rot	Asoc	Rot	Asoc	Rot	Asoc	
VS-536	112	76	59	56	77	73	<b>73a†</b>
Criollo	152	68	80	36	60	24	<b>70a</b>
H-Z31	125	56	100	22	96	37	<b>75a</b>
Media Fabáceas	<b>98a</b>		<b>59b</b>		<b>61b</b>		
Sistema de producción							Sistema
Rotación	129		80		78		<b>95a</b>
Asociación	67		38		45		<b>50b</b>
CV (%)	12						
	Valor de F		Probabilidad F:				
Sistema de producción (S)	509		0.01**				
Fabácea (F)	157		0.01**				
Maíz (M)	3		0.78 NS				
Interacción S-F	19		0.05*				
Interacción S-M	63		0.01**				
Interacción F-M	21		0.01**				
Interacción S-F-M	5		0.05*				
Cuadrado medio del error	74.3						
Grados de libertad	54						

† Dentro de la columna, valores con distinta literal indican diferencia estadística para maíz y sistema de producción, en la fila diferencia por especie de fabácea, según Tukey ( $P \leq 0.05$ ). \*\* Efecto altamente significativo; \* Efecto significativo; NS: No significativo.

*Masa seca de nódulos*

Con relación a la variable masa seca de nódulos se observaron diferencias altamente significativas para todos los factores y sus interacciones (cuadro 3). Por otra parte, en esta variable se estimó un coeficiente de variación alto, de 17%, lo cual indica una gran variabilidad en la determinación de esta variable.

Cuadro 3

Masa seca de nódulos de tres fabáceas en asociación y rotación con maíz en Tabasco, México.

Maíz	Fabáceas						Media con Maíz
	<i>C. cajan</i> L.		<i>C. ensiformis</i> L.		<i>M. deeringiana</i> L.		
<b>g planta<sup>-1</sup></b>							
	Rot	Asoc	Rot	Asoc	Rot	Asoc	
VS-536	25	3	7	4	5	4	<b>8a†</b>
Criollo	7	2	5	3	2	1	<b>3b</b>
H-Z31	4	2	8	1	6	2	<b>4b</b>
Media Fabáceas	<b>7a†</b>		<b>5b</b>		<b>3b</b>		
Sistema de producción							Sistema
Rotación	12		7		4		<b>8a</b>
Asociación	2		3		3		<b>3b</b>
C.V.	17						
	Valor de F		Probabilidad F:				
Sistema de producción (S)	571		0.01**				
Fabácea (F)	112		0.01**				
Maíz (M)	196		0.01**				
Interacción S-F	130		0.01**				
Interacción S-M	83		0.01**				
Interacción F-M	102		0.01**				
Interacción S-F-M	134		0.01**				
Cuadrado medio del error	0.76						
Grados de libertad	54						

† Dentro de la columna, valores con distinta literal indican diferencia estadística para maíz y sistema de producción, en la fila diferencia por especie de fabácea, según Tukey ( $P \leq 0.05$ ). \*\*Efecto altamente significativo; \*Efecto significativo; NS: No significativo.

*Materia seca fabáceas*

El análisis de varianza para la variable Ms indica diferencia altamente significativa para sistemas de producción y fabáceas (cuadro 4), y diferencia significativa para maíz. Con un coeficiente de variación de 27%, indicando así, baja variabilidad en la cuantificación de esta variable.

Cuadro 4

Producción de materia seca de tres fabáceas en asociación y rotación con maíz en Tabasco, México.

Maíz	Fabáceas						Media con Maíz
	<i>C. cajan L.</i>		<i>C. ensiformis L.</i>		<i>M. deerengiana L.</i>		
	kg ha <sup>-1</sup>						
	Rot	Asoc	Rot	Asoc	Rot	Asoc	
VS-536	1729	5715	2053	5785	730	5384	<b>3,566b†</b>
Criollo	2166	5913	2523	7809	1154	5617	<b>4,197a</b>
H-Z31	2783	5783	2530	7518	2085	5551	<b>4,374a</b>
Media Fabáceas	<b>4,014b†</b>		<b>4,703a</b>		<b>3,420c</b>		
Sistema de producción							sistema
Rotación	2,226		2,369		1,323		<b>1,973b</b>
Asociación	5,802		7,037		5,517		<b>6,119a</b>
C.V.	27						
	Valor de F		Probabilidad F:				
Sistema de producción (S)	269		0.01**				
Fabácea (F)	9		0.01**				
Maíz (M)	4		0.05*				
Interacción S-F	2		0.12 NS				
Interacción S-M	1		0.51 NS				
Interacción F-M	1		0.51 NS				
Interacción S-F-M	1		0.27 NS				
Cuadrado medio del error	1195312						
Grados de libertad	54						

† Dentro de la columna, valores con distinta literal indican diferencia estadística para maíz y sistema de producción, en la fila diferencia por especie de fabácea, según Tukey (P ≤ 0.05). \*\*Efecto altamente significativo; \*Efecto significativo; NS: No significativo.

**Rendimiento de grano de maíz**

Con relación al rendimiento de RG, únicamente se observó diferencia significativa para la interacción fabácea-maíz (cuadro 5) y no así para los otros factores. El coeficiente de variación fue de 22%, valor considerado aceptable.

**Cuadro 5****Rendimiento de grano de maíz en la Sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.**

Maíz	Fabáceas						Media Con Maíz
	<i>C. cajan L.</i>		<i>C. ensiformis L.</i>		<i>M. deerengiana L.</i>		
	Rot	Asoc	Rot	Asoc	Rot	Asoc	
	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>						
VS-536	534		697		570		<b>600a†</b>
Criollo	668		584		548		<b>600a</b>
H-Z31	579		646		640		<b>622a</b>
Media Fabáceas	<b>594a†</b>		<b>642a</b>		<b>586a</b>		
Sistema de producción							Sistema
Rotación	580		642		586		<b>603a</b>
Asociación	608		642		586		<b>612a</b>
C.V.	22						
		Valor de F	Probabilidad F:				
Sistema de producción (S)	0.1		0.77 NS				
Fabácea (F)	1.0		0.30 NS				
Maíz (M)	0.2		0.82 NS				
Interacción S-F	0.1		0.91 NS				
Interacción S-M	0.1		0.91 NS				
Interacción F-M	2.0		0.05*				
Interacción S-F-M	0.1		0.98 NS				
Cuadrado medio del error	19425.8						
Grados de libertad	54						

† Dentro de la columna, valores con distinta literal indican diferencia estadística para maíz y sistema de producción, en la fila diferencia por especie de fabácea, según Tukey ( $P \leq 0.05$ ). \*\*Efecto altamente significativo; \*Efecto significativo; NS: No significativo.

**Rendimiento de nitrógeno total de fabáceas**

El análisis de varianza para el RNT (cuadro 6) indica diferencias altamente significativas para sistema de producción y maíz; y diferencia significativa para fabáceas y sus interacciones sistema-fabácea, sistema-maíz y sistema-fabácea-maíz; y no significativo para la interacción fabácea-maíz. Se estimó un coeficiente de variación de 32%, el cual indica una gran mutabilidad en esta variable.

**Cuadro 6**

RNT de tres fabáceas en asociación y rotación con tres maíces en suelos ácidos en Tabasco, México.

Maíz	Fabáceas						Media con Maíz
	<i>C. cajan</i> L.		<i>C. ensiformis</i> L.		<i>M. deerengiana</i> L.		
	kg ha <sup>-1</sup>						
	Rot	Asoc	Rot	Asoc	Rot	Asoc	
VS-536	56	221	76	114	12	181	<b>110b†</b>
Criollo	70	289	109	304	30	330	<b>189a</b>
H-Z31	95	223	101	303	39	169	<b>155ab</b>
Media Fabáceas	<b>159a†</b>		<b>168a</b>		<b>127b</b>		
Sistema de producción							Sistema
Rotación	73		95		27		<b>65b</b>
Asociación	244		240		227		<b>237a</b>
C.V.	32						
	Valor de F:		Probabilidad F:				
Sistema de producción (S)	115		0.01**				
Fabácea (F)	2		0.05*				
Maíz (M)	8		0.01**				
Interacción S-F	1		0.05*				
Interacción S-M	5		0.05*				
Interacción F-M	2		0.16 NS				
Interacción S-F-M	2		0.05*				
Cuadrado medio del error	2192						
Grados de libertad	54						

† Dentro de la columna, valores con distinta literal indican diferencia estadística para maíz y sistema de producción, en la fila diferencia por especie de fabácea, según Tukey (P ≤ 0.05). \*\*Efecto más significativo; \*Efecto significativo; NS: no significativo.

**Nitrógeno fijado**

El análisis de varianza para la variable de NF (cuadro 7) indica diferencias altamente significativas para sistema de producción, maíz y su interacción sistema-maíz; y significativa

( $p \leq 0.05$ ) para las interacciones fabácea-maíz y sistema-fabácea-maíz; y no significativo para fabácea y la interacción sistema-fabácea.

Las fabáceas cuando se asociaron al maíz presentaron valores mayores de N<sub>F</sub>. En términos de cultivo de referencia, la mayor fijación de N se estimó con el maíz criollo “dosmesano” (106 kg N ha<sup>-1</sup>). Asimismo, las fabáceas presentaron valores similares de N<sub>F</sub> con una media de 70 kg ha<sup>-1</sup> de N.

## Cuadro 7

Fijación biológica de nitrógeno de acuerdo al Valor-A de la técnica isotópica de <sup>15</sup>N por tres fabáceas en asociación y rotación con maíz en Tabasco, México.

Maíz	Fabáceas						Media con Maíz
	<i>C. cajan L.</i>		<i>C. ensiformis L.</i>		<i>M. deerengiana L.</i>		
	kg ha <sup>-1</sup>						
	Rot	Asoc	Rot	Asoc	Rot	Asoc	
VS-536	0.00	121	0.00	14	0	82	<b>36b†</b>
Criollo	0.00	190	9	205	0	231	<b>106a</b>
H-Z31	4	124	8	204	0	71	<b>68b</b>
Media Fabáceas	<b>73a†</b>		<b>73a</b>		<b>64a</b>		
Sistema de producción							Sistema
Rotación	1		6		0		<b>2b</b>
Asociación	144		141		128		<b>137a</b>
C.V.	68						
	Valor de F		Probabilidad F:				
Sistema de producción (S)	72		0.01**				
Fabácea (F)	0.2		0.58 NS				
Maíz (M)	6		0.01**				
Interacción S-F	0.1		0.63 NS				
Interacción S-M	6		0.01**				
Interacción F-M	2		0.05*				
Interacción S-F-M	2		0.05*				
Cuadrado medio del error	2172.095						
Grados de libertad	54						

† Dentro de la columna, valores con distinta literal indican diferencia estadística para maíz y sistema de producción, en la fila diferencia por especie de fabácea, según Tukey (P = 0.05). \*\* Efecto altamente significativo; \* Efecto significativo; NS: No significativo.

## Discusión

### Nodulación

Todas las fabáceas evaluadas presentaron nodulación; esto indica que la acidez del suelo experimental no impidió la infección de raíces por *Rhizobium* para formación de nódulos. En general, los nódulos observados presentaron características morfológicas variables como superficie rugosa, forma irregular y ubicada en todo el sistema radical. Las fabáceas *C. ensiformis* L. y *M. deerengiana* L., presentaron los nódulos, generalmente, en la parte superior de la raíz principal y en los extremos de las raíces secundarias. Estas características coinciden con las reportadas por Marín y Viera (1989). Comparativamente, en *C. cajan* L., los nódulos fueron más pequeños, esféricos, y dispersos en todo el sistema radical; aunque, mayoritariamente, en la parte superior de la raíz principal o en los extremos de las raíces secundarias.

En términos de nodulación, *C. cajan* muestra el valor más alto, cuando se asoció al maíz criollo pero disminuyó el número de nódulos con los otros genotipos de maíz, relación inversa se observó con *M. deerengiana*, ambos terminaron siendo similares con el maíz VS-536. *C. ensiformis* L. presentó igual nodulación con los tres maíces.

Las fabáceas en monocultivo produjeron significativamente un número de nódulos mayor en comparación con los producidos cuando se establecieron en asociación, destacando *C. Cajan* L. con mayor número de nódulos. Lo anterior, probablemente se debió al bajo contenido de P asimilable, ya que se ha demostrado que el bajo contenido de este nutrimento reduce el número y masa seca de nódulos (Valdez *et al.*, 1997), debido a la competencia por el P entre la fabácea y el cultivo de maíz, y al exceso de humedad prevaliente durante la asociación, ya que de acuerdo con Thomas (1995) y Mohammand y Johnson (1996), la humedad es el factor ambiental con mayor efecto sobre la capacidad de nodulación, así como la FBN una vez que la simbiosis se ha establecido.

### Masa seca de nódulos

Con el genotipo de maíz VS-536, se presentó mayor masa seca de nódulos en comparación del resto de maíces, la arquitectura de este genotipo ejerció mayor competencia sobre el crecimiento de las fabáceas, por lo que éstas dispusieron de mayor cantidad de asimilados para la formación de los nódulos. La especie *C. cajan* L. presentó la masa seca de nódulos mayor en comparación del resto de las leguminosas; sin embargo, los valores de masa seca de nódulos son inferiores a lo reportado por Marín y Viera (1989) y Mayz-Figueroa (2007). Con respecto a la forma y tamaño de nódulos, varía según la especie y las condiciones ambientales en las que se desarrollan las fabáceas. Al respecto, en la literatura no se encuentran reportes de estudios sobre la capacidad de nodulación de estas fabáceas.

Cuando las fabáceas se establecieron en rotación produjeron mayor masa seca de nódulos que cuando estaban asociadas al maíz, destacando *C. cajan* L. con la mayor

masa seca de nódulos; en la rotación no tuvieron competencia por luz, agua y nutrientes que modificara su patrón de crecimiento. Las fabáceas que presentaron menor número y masa seca de nódulos, posiblemente, tuvieron mayor actividad nitrogenasa y actividad nitrogenasa específica (datos no presentados).

### *Materia seca de fabáceas*

Con los genotipos criollo “dosmesano” y Z31 presentaron significativamente mayor producción de MS de fabáceas en comparación de VS-536, lo que implica un mayor crecimiento de las fabáceas. Con respecto al factor fabácea, *C. ensiformis* L. superó estadísticamente a las otras fabáceas en términos de producción de MS, con 4,703 kg ha<sup>-1</sup>. Este rendimiento bajo se puede explicar por el exceso de lluvia durante el periodo de crecimiento de las fabáceas, que son sensibles al exceso de humedad (Contreras *et al.*, 1989).

Las fabáceas, cuando se establecieron asociadas con maíz, produjeron significativamente mayor MS ( $p \leq 0.05$ ) en comparación con la rotación. Esto se puede explicar con base en el grado de competencia interespecífica en las parcelas de maíz con fabáceas, las fabáceas tienden a seguir crecimiento por efecto del sombreamiento y no completan su ciclo vegetativo, por ello produjeron mayor MS. La asociación Canavalia-maíz, indujo mayor producción de MS que en rotación. El rendimiento de MS de *C. ensiformis* L. asociada al maíz fueron mayores a los 4,590 kg ha<sup>-1</sup> obtenidos por Puertas *et al.* (2008). Por lo tanto, es la más apropiada para reducir el crecimiento de malezas y proteger al suelo de la erosión al cubrir el suelo en menor tiempo en el cultivo de maíz.

### *Rendimiento de maíz*

Los genotipos de maíz sembrados en rotación o en asociación no presentaron diferencia significativa en el rendimiento de grano en comparación con el promedio para la zona, que es de 2.13 Mg ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2006). No obstante la disponibilidad del N para el cultivo de maíz (Stickler *et al.*, 1959), ya que se ha observado una eficiencia mayor en la absorción de N bajo condiciones de asociación (Quiroz y Douglas, 2007), no se observó un efecto en el incremento del rendimiento de grano. Es importante mencionar que durante el desarrollo experimental se presentó un exceso de humedad magnificado en los tratamientos en asociación, lo cual influyó en el bajo rendimiento, así como la competencia entre las fabáceas y maíz por nutrientes esenciales, como P y K para el desarrollo de ambos cultivos. Contario a lo anterior, en la rotación, el factor que afectó el rendimiento de maíz fue la escasez de humedad que se presentó durante el desarrollo del maíz.

### *Rendimiento de N total y N fijado*

Con relación a la variable RNT en fabáceas *C. cajan* L. y *C. ensiformis* L., superaron significativamente ( $p \leq 0.05$ ) a *M. deerengiana* L. Estas mismas fabáceas presentaron el mayor RNT con el maíz criollo y H-Z31 en comparación del VS-536. Las fabáceas en asociación con el cultivo de maíz presentaron significativamente un RNT mayor que

cuando se establecieron en monocultivo. Este alto contenido de NT se debe a que las fabáceas responden al efecto de la sombra, ya que los resultados demuestran claramente que en la asociación fabácea-maíz hubo mayor producción de biomasa en comparación a los resultados presentados para rotación.

Las tres fabáceas presentaron mayor NF con el maíz criollo, con una media de 95 kg ha<sup>-1</sup>. *C. ensiformis* L., con el maíz H-Z31 presentó igual NF que el observado con el maíz criollo; sin embargo, esta fabácea con el maíz VS-536 presentó la menor FN con 25 kg ha<sup>-1</sup>, debido a que ejerce mayor competencia con las fabáceas.

Las fabáceas presentaron significativamente mayor NF cuando se establecieron en asociación con maíz en comparación cuando se establecen en rotación, con una media de 135 kg ha<sup>-1</sup>; al respecto, trabajos realizados sobre el potencial de fijación de N por estas fabáceas encontraron que fijan entre 96 y 244 kg N ha<sup>-1</sup> (Chikowo *et al.*, 2004; Vera-Núñez *et al.*, 2008); esto demuestra que *C. cajan* L. y *C. ensiformis* L., son fabáceas con alto nivel de fijación de N en suelos ácidos, no obstante de los factores adversos que predominan en estos ecosistemas (RGAC), los valores de FN se encuentran dentro del rango 41 y 280 kg ha<sup>-1</sup> y mayores a las reportadas para estas mismas condiciones, que fue de 48.87 kg ha<sup>-1</sup> de N (España *et al.*, 2006).

El NF por las fabáceas en rotación son considerados bajos; por su baja producción de MS, lo cual se atribuyó al exceso de lluvias que se presentaron durante el crecimiento; por eso es probable que haya inducido la pudrición y senescencia de los nódulos y una disminución en la fijación de N<sub>2</sub>, ya que se ha demostrado que el contenido de humedad y altos contenidos de Al, limitan el crecimiento adecuados de las raíces (Marín *et al.*, 2004; Leidi y Rodríguez, 2000).

Los resultados experimentales sugieren que una fabácea eficiente en fijar N no necesariamente será eficiente en la producción de biomasa para abono verde. Finalmente, los resultados demuestran el potencial de estas fabáceas para establecerse en asociación con maíz, ya que pueden aportar el N requerido para el buen desarrollo del cultivo de maíz, superando la dosis de fertilización recomendada por Salgado y Núñez (2010).

## Conclusiones

La fabácea *C. cajan* L., presentó mayor número y MS de nódulos en el sistema de rotación con el maíz criollo y el VS-536, respectivamente, en comparación del resto de fabáceas y del sistema de producción en asociación.

La producción de materia seca de fabáceas fue mayor en el maíz criollo y H-Z31 que VS-536. *C. ensiformis* L. se obtuvo mayor producción de biomasa comparada con el resto de las fabáceas y que el sistema de producción en asociación es mejor que el de rotación.

En rotación o en asociación con las fabáceas, el maíz presentó un rendimiento promedio de 0.607 Mg ha<sup>-1</sup>, el cual fue afectado por exceso de humedad en la asociación y por déficit de humedad en la rotación; el rendimiento se considera bajo.

*C. cajan* L. y *C. ensiformis* L., presentaron el mayor RNT en comparación de *M. deerengiana* L., con el maíz criollo y H-Z31. Las fabáceas establecidas en asociación produjeron el mayor RNT, con una media de 234 kg ha<sup>-1</sup> de N. El RNT estuvo asociado al rendimiento de MS de las fabáceas.

Las tres fabáceas presentaron mayor NF con el maíz criollo, *C. ensiformis* L., con el maíz H-Z31 presentó igual NF que el observado con el maíz criollo. La asociación maíz fabáceas favorece una mayor FN que el sistema de rotación.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a los Fondos Mixtos CONACYT-Gobierno del estado de Tabasco el apoyo financiero para realizar el proyecto TAB-2003-C03-11097. También a la OIEA, a través del CRP suelos ácidos.

### Literatura citada

- Axmann, H.; Sebastianelli, A. and Arrillaga, L. J. (1990). *Sample preparation techniques of biological material for isotope analysis*. In: Hardarson, G. (Ed.). Use of nuclear techniques in studies of soil-plant relationship. International Atomic Energy Agency. Viena, Austria. 146 pp.
- Barea, J. (1991). "Cuantificación de la fijación biológica de N<sub>2</sub> mediante el uso de <sup>15</sup>N. Vol. II. Fijación de N y Micorrizas." P 5-12.4 En: Olivares J. y Barea J. (Éds.). *Fijación y movilización biológica de nutrientes*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España.
- Barrón, F. S. (1998). *Manual para producir maíz en Tabasco*. Fundación Produce Tabasco, A. C. INIFAP. Villahermosa, Tabasco. 20 pp.
- Cervantes-Umaña, C.; Montes de Oca-Pino, P.; Hernández, J. D.; Villalobos, C.; Bertsch-Hernández, F.; Badilla, W. y García-González, J. E. (1996). "Disponibilidad para el maíz del nitrógeno proveniente de fuentes orgánicas y químicas determinado mediante la técnica del <sup>15</sup>N." *Organization for Tropical Studies*. Memoria. San José. Costa Rica 3(177): 8-12.
- Chikowo, R.; Mapfumo, P.; Nyamugafaja, P. and Giller, K. E. (2004). "Woody legume fallow productivity, biological N<sub>2</sub>-fixation and residual benefits to two successive maize crops in Zimbabwe." *Plant and Soil*. 262 (1-2): 303-315.
- Danso, S. K. A. (1995). "Assessment of biological nitrogen fixation". *Fert. Res.* 42:33-41.
- España, M.; Cabrera-Bisbal, E. and López, M. (2006). "Study of nitrogen fixation by tropical legumes in acid soil from Venezuelan savannas using <sup>15</sup>N." *Interciencia*. 31 (3):197-201.
- FAO (2005). *Tendencias mundiales actuales y perspectivas de los fertilizantes al 2009/10*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma, Italia. 60 pp.
- Fassbender, W. H. (1984). *Química de suelos en énfasis en suelos de América Latina*. IICA. San José, Costa Rica. 398 pp.
- Friensen, D. K.; Rao, I. M.; Thomas, R. J.; Oberson and Sanz, J. I. (1997). "Phosphorus acquisition and cycling in crop and pasture systems in low fertility tropical soils." *Plant and soil*. 196: 289-294.
- Gerónimo, C. A.; Salgado, G. S.; Catzin, R. F. J. y Ortiz, C. A. I. (2002). "Descomposición del follaje de nescafé (*Mucuna spp.*) en la época de seca." *Interciencia*. 27(11): 625-630.
- Hardarson, G. and Danso, S. K. A. (1993). "Methods for measuring biological nitrogen fixation in grain legumes." *Plant and soil*. 152(1): 19-23.
- Jensen, E. S. (1996). "Symbiotic N<sub>2</sub> fixation in pea and bean estimated by <sup>15</sup>N fertilizer dilution in field experiments with barley as a reference crop." *Plant and soil*. 92(1): 3-13.
- Leidi, E. O and Rodríguez, N. D. N. (2000). "Nitrogen and phosphorus availability limit N<sub>2</sub> fixation in bean. *New Phytol.*" 147: 337-346.

- Marín, A.; Mathias, D. M. D.; Arribadío, B. D. y Ferraudo, S. A. (2004). "Germinación de semillas de cuando sobre hecho da disponibilidad hídrica e de doses subletais de aluminio." *Bragantia, Campinas* 63 (1): 13-24.
- Marín, C. D. y Viera, J. (1989). "Crecimiento, nodulación y fijación de nitrógeno en plantas de *Canavalia ensiformis* (L) DC., bajo diferentes dosis de fertilización con nitrógeno y frecuencias de riego." *Agronomía Tropical*. 40(1-3):103-124.
- Martínez, G. A. (1988). *Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría*. Editorial Trillas. México, D. F. 756 pp.
- Mayz-Figueroa, J. (2007). "Cajanus cajan L.: Fijación biológica de nitrógeno (FBN) en un suelo de la sabana." *Rev. Fav. Agron. (LUZ)*. 24(1): 312-317.
- Mohammad, A. and Johnson, D. A. (1996). "Influence of drought on competition between selected *Rhizobium meliloti* strains and naturalized soil Rhizobia in alfalfa." *Plant and soil*. 184: 231-241.
- Ortiz, C. A. I.; Palma, L. D. J. y Osorio, A. M. M. (1998). "Descomposición *in situ* del follaje de Nescafé *Mucuna spp.* y *Camalote Paspalum fasciculatum* en un Vertisol." En: Ordaz, Ch. V. M., Sánchez. G. P., (Eds.). *La investigación edafológica en México 1997-1998*. Memorias del XXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Tapachula de Córdoba y Ordóñez, Chiapas, México. 210 pp.
- Quiroz, A. I. y Douglas, M. (2007). "Eficiencia de uso de NPK en una asociación de maíz (*Zea mays* L.) y Quinchocho (*Cajanus cajan* L. *Millspaugh*) con o sin fertilización." *Bioagro*. 19 (2):11.
- Rebollar, R. S.; Hernández, M. J.; Rojas, R. R.; Cardoso, J. D.; Rodríguez, L. G. y Guzmán, S. E. (2008). "La programación lineal en la elaboración de mezclas de fertilizantes." *Panorama administrativo*. 2 (4):18.
- Red de Grupos de Agricultura de Cobertura (RGAC) (2001). *Base de información sobre especies con potencial de abonos verdes y cultivos de cobertura*. Rockefeller Foundation. 72 pp.
- Puertas, F.; Arévalo, E.; Zúñiga, L.; Alegre, J.; Loli, O.; Soplin, H. y Baligar, V. (2008). "Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en un suelo de trópico húmedo en la Amazonia peruana." *Ecología Aplicada*, 7(1,2): 7 pp.
- Salgado, G. S. y Núñez, E. R. (2010). *Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos*. Colegio de Postgraduados y Mundi Prensa. México. 146 pp.
- Salgado-García, S.; Palma-López, D. J.; Lagunes-Espinoza, L. C. y Castelan-Estrada, M. (2006). *Manual para el muestreo de suelos planta y agua e interpretación de análisis*. Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, ISPROTAB. H. Cárdenas, Tabasco, México. 90 pp.
- SAS (1999). *SAS/STAT guide for personal computer*, ver 8 SAS Inst., Inc., USA.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP) (2006). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> (Consultada 09 diciembre de 2009).
- Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM) (2008). *Mercados nacionales, insumos agrícolas*. <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/> (Consultada 09 diciembre de 2009).
- Sticker, F. C.; Shrader and Johnson, I. J. (1959). "Comparative value of legume and fertilizer nitrogen for corn production." *Agron. J.* 51:157-160.
- Thomas, R. J. (1995). "Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture systems." *Plant and soil*. 174:103-118.
- Valdez, V.; Beck, D. P.; Lasso, J. H. y Drevon, J. J. (1997). "Utilization of the acetylene reduction assay to screen for tolerant of symbiotic N<sub>2</sub> fixation to limiting P nutrition in common bean." *Physiol Plant*. 99:227-232.
- Vera-Núñez, J. A.; Infante-Santiago, J. P.; Velasco Velasco, V.; Salgado García, S.; Palma López, D. J.; Grageda-Cabrera, O. A.; Cárdenas Navarro, R. and Peña Cabriales, J. J. (2008). "Influence of p fertilization on biological nitrogen fixation in herbaceous legumes grown in acid savannah soil from the Tabasco state, Mexico." *Journal of Sustainable Agriculture*. 3: 25-42.

Zapata, F. (2001). "Applications of nuclear techniques in soil fertility and plant nutrition studies." En: International Atomic Energy Agency (Ed.). *Manual use of isotopes and radiation methods in soil and water management and crop nutrition*. FAO/IAEA Agriculture and Biotechnology Laboratory-Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture. Training Course Series No. 14. Vienna, Austria. 247 pp.

Recibido: Marzo 23, 2010

Aceptado: Enero 22, 2011

# Alelopatía en *Saccharum spp.* (caña de azúcar)

## Allelopathy in *Sacharum spp.* (Sugar Cane)

Arévalo, R. A.;<sup>1</sup> Bertoncini, E. I.;<sup>2</sup> Aranda, E. M.<sup>3\*</sup>  
y González, T. A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> APTA-ESAPP. r\_a\_arevalo@yahoo.com.br

<sup>2</sup> APTA. ebertoncini@aptaregional.sp.gov.br

<sup>3</sup> Campus Tabasco Colegio Postgraduados México

<sup>4</sup> Inst. Inv. Arroz Cuba. telce@iiarroz.cu

\* Correspondencia: earanda@colpos.mx

### Resumen

El presente trabajo es una revisión de la alelopatía en la agricultura. La alelopatía incluye interacciones bioquímicas por exudados de compuestos orgánicos excretados por las plantas y otros organismos (donador) para el ambiente, las cuales provocan inhibición o estímulos en los organismos aceptores. Los aleloquímicos en los ecosistemas y agro-ecosistemas alteran el crecimiento normal de las plantas. En el reino *Plantae* son conocidas alrededor de 10,000 sustancias alelopáticas, a saber (agrupadas): 1) Fenoles y derivados del ácido benzoico, 2) Flavonoides y taninos, 3) Alcaloides, 4) Terpenoides y esteroides, 5) Glucósidos cianogénicos, 6) Aminoácidos no proteicos, 7) Lactonas no saturadas, 8) ácidos orgánicos, alcoholes alifáticos, aldehídos y cetonas, 9) ácidos grasos, naftoquinonas, antraquinonas, y complejos de quinonas, 10) Coumarina. Los mecanismos de acción en la mayoría de los aleloquímicos son aún desconocidos. Las plantas arvenses, como *CYPRO-Cyperus rotundus* L.; *ROOEX-Rottboellia exaltata* L. f. causan alelopatía en caña de azúcar. Las plantas de *CUCSA-Cucumis sativus* L. son afectadas por efectos alelopáticos de plantas de *ROOEX*. Las coberturas utilizadas en la agricultura sostenible tienen propiedades alelopáticas. Las respuestas

### Abstract

This paper is a review of allelopathy in agriculture. Allelopathy includes biochemical interactions of organic compounds by exudates excreted by plants and other organisms (donor) to the environment, which cause inhibition or stimulation in acceptor organisms. Allelochemicals in ecosystems and agro-ecosystems alter the normal growth of plants. In the *Plantae* kingdom there are about 10,000 known allelopathic substances, namely (grouped): 1) Phenol and benzoic acid derivatives, 2) flavonoids and tannins, 3) Alkaloids, 4) Terpenoids and steroids, 5) cyanogenic glycosides, 6) non-protein amino acids, 7) Unsaturated Lactones, 8) organic acids, aliphatic alcohols, aldehydes and ketones, 9) fatty acids, naphthoquinones, anthraquinones, and complexes of quinones, 10) Coumarin. The mechanisms of action in most allelochemicals are still unknown. Weed plants such as *CYPRO-Cyperus rotundus* L. and *ROOEX-Rottboellia exaltata* L. f. cause allelopathy in sugarcane. Plants like *Cucumis sativus* L. *CUCS* are affected by allelopathic effects of plants like *ROOEX*. Covertures used in sustainable agriculture have allelopathic properties. The responses of crop plants to allelochemicals may be from susceptible, to toler-

de las plantas cultivadas a los aleloquímicos pueden ser susceptibles, tolerantes o resistentes. La alelopatía tiene gran potencial para el manejo de plagas en la agricultura.

### Palabras clave

Antibiosis, inhibición, estímulo, aleloquímicos.

ant or resistant. Allelopathy has great potential for pest management in agriculture.

### Key words

Teletoxicity, antibiosis, inhibition, stimulation.

## Introducción

Los pioneros en observar los efectos alelopáticos en la agricultura fueron los griegos y los romanos, cuando Teofrasto (300 a. C.) sugirió que los olores del brócoli ocasionaban, en las plantas de vid, marchitez y decaimiento. Posteriormente, Decandolle (1832) rescata el término al observar que las plantas producen alguna excreción de sus raíces, las cuales afectan a otras plantas de otras especies. El autor observó que la maleza *Cirsium vulgare* (Savi) Ten. (cardo, en esa época denominada como *Carduus vulgaris* L.), afectaba el crecimiento de la especie cultivada *Avena sativa* L., y que las plantas de *Triticum aestivum* L. (trigo) eran afectadas por plantas de la maleza *Lolium multiflorum* Lam. (*ryegrass*).

El término alelopatía proviene del griego *allelon* = uno al otro, *pathos* = sufrir, enfermedad. La alelopatía incluye interacciones bioquímicas por exudados de compuestos orgánicos producidos por plantas y otros organismos (donadores) para el ambiente, que provocan inhibición o estímulos en los organismos aceptores (Molish, 1973).

Según Moreira (1977), las implicaciones de la alelopatía en la agricultura se manifiestan en la sucesión de la vegetación en terrenos abandonados, donde las especies que infestan esas áreas inhiben a los microorganismos fijadores de nitrógenos de las plantas, al ser cultivadas posteriormente en esos terrenos. Cuando se cultiva la misma especie de planta por varios años, con el tiempo, los rendimientos de ese cultivo comienzan a declinar, cuyas causas se atribuyen a sustancias alelopáticas. Los restos de la cosecha de cultivos incorporados al suelo pueden tener funciones alelopáticas. La respuesta a los cultivos subsecuentes es diferente, variando con las especies de la planta al ser cultivada en ese suelo (Ferreira y Aquila, 2000). Estos puntos de vista son compartidos por varios autores al referirse al efecto alelopático de algunas especies vegetales (Godfard *et al.*, 2009; Duke, 2007; Gliessman, 2002; Rizvi y Rizvi, 1992; Odum, 1988; Rice, 1984). El presente trabajo es una revisión general de la alelopatía y sus efectos en la agricultura.

### Naturaleza de los compuestos alelopáticos

De acuerdo con Shou y Yu (2006) los compuestos alelopáticos alteran una gran cantidad de procesos fisiológicos, como: división y diferenciación celular, traslado de iones y agua, metabolismo de fitohormonas, respiración, fotosíntesis, funciones de enzimas, traducción de expresión de genes. Los compuestos alelopáticos son productos del metabolismo secundario, elaborados por las plantas y liberados para el ambiente a través de

la volatilización, lixiviación, exudación radicular y descomposición de residuos de plantas incorporados al suelo. Los compuestos más importantes con propiedades alelopáticas, merecen citarse: 1) Fenoles y derivados del ácido benzoico, 2) Flavonoides y taninos, 3) Alcaloides, 4) Terpenoides y esteroides, 5) Glucósidos cianogenéticos, 6) Aminoácidos no proteicos, 7) Lactonas no saturadas, 8) Ácidos orgánicos, alcoholes alifáticos, aldehídos y cetonas, 9) Ácidos grasos, naftoquinonas, antraquinonas y complejos de quinonas, 10) Coumarina.

Duke (2007) determinó m-tirosina en los exudados radiculares de *Festuca rubra* L., catalogándolo como un potente aleloquímico. Atribuye a los aminoácidos no proteínicos que se pueden incorporar en la cadena proteica dando una molécula aberrante, causando múltiples problemas fisiológicos en las plantas afectadas. Por ejemplo, m-tirosina puede sustituir en la cadena proteica al aminoácido fenilalanina.

Los aleloquímicos producen varios efectos sobre el metabolismo celular, pero los mecanismos bioquímicos son aún desconocidos.

### *Interacciones de Burkholder*

Las poblaciones de especies de organismos vivos que crecen juntas en el mismo hábitat, pueden provocar interacciones alelopáticas. Los individuos de una población pueden alimentarse de individuos de otra población, competir por alimentos escasos, excretar metabolitos nocivos o interferir —de alguna manera— con otras poblaciones. Burkholder (1952) estudió estas interacciones y clasificó con símbolos (0, +, -), a las mismas, a saber (cuadro 1), dentro de las cuales se encuentra la alelopatía. Los símbolos son: positivos (+) cuando la población aumenta, es negativo (-) cuando disminuye y cero (0) cuando no es afectada. La interacción de amensalismo es lo que Burkholder (1952) llamó alelopatía, donde un organismo donador excreta aleloquímicos para el hábitat y no sufre ningún efecto, y los organismos receptores pueden sufrir efectos inhibitorios o estimulantes en el crecimiento.

## Cuadro 1

## Interacciones entre organismos vivos en el hábitat.

Orden	Bio-interacciones	Símbolos	Características
1	Neutralismo	0 0	Ninguna población que interactúa es afectada.
2	Competencia	- -	Inhibición directa entre las especies, la población más afectada puede ser eliminada del hábitat, debido a la escasez de recursos eco-fisiológicos.
3	Amensalismo	- 0	Cuando una especie no sufre y la otra es inhibida o estimulada. Es el caso de la alelopatía.
4	Parasitismo	+ -	El parásito, generalmente de tamaño menor, afecta directa y adversamente a su hospedero.
5	Depredación	+ -	El depredador, generalmente de tamaño mayor, afecta directa y adversamente a su presa.
6	Comensalismo	+ 0	Beneficio de una especie, sin que la otra especie sea afectada.
7	Proto-cooperación	+ +	Beneficio mutuo, sin dependencia directa.
8	Mutualismo	+ +	Beneficio mutuo, con interdependencia obligatoria.

Fuente: Burkholder, 1952.

*Efectos alelopáticos en la agricultura*

Los aleloquímicos en los ecosistemas y agroecosistemas alteran el crecimiento normal de las plantas, ya sea acelerándolos o inhibiéndolos (Rice, 1974; Rice, 1984), incluyendo la germinación y el crecimiento de las plántulas.

Existe acuerdo entre los diversos autores (Gliessman, 2002; Ferreira y Aquila, 2000; Radosevich y Holt, 1984), que los residuos de plantas incorporados al suelo, ya sean dejados en la superficie o enterrados con la preparación mecánica del suelo, tienen más influencia que los efectos alelopáticos de las plantas vivas, sobre plantas cultivadas. No solamente las plantas arvenses sino también numerosas especies de plantas cultivadas tienen efectos alelopáticos (Duke, 2007; Gliessman, 2002; Ferreira y Aquila, 2000). Los cultivos de coberturas que se utilizan en agricultura sostenible para manejar malezas están basados, principalmente, en la alelopatía.

La respuesta de las plantas cultivadas a los aleloquímicos excretados por plantas alelopáticas es variables; algunas especies son susceptibles, como *LACSA-Lactuca sativa* L. (lechuga) y *LYCES-Lycopersicon esculentum* Mill. (tomate). Otras son resistentes, como *CITSI-Citrus sinensis* (L.) Osbeck (naranja), *CITLI-Citrus limon* (L.) Burn f. (limón). La susceptibilidad de *LACSA* y *LYCES* permiten utilizar estas plantas como detectoras de la presencia de aleloquímicos en el suelo.

De acuerdo con Altieri y Doll (1978) la alelopatía tiene un gran potencial para el manejo de malezas y juega un importante papel en los sistemas agrícolas. De acuerdo con

sus resultados, *Tagetes patula* L.; *Amaranthus dubius* Mart. exThell; *Phaseolus vulgaris* L. y *Manihot esculenta* Crantz, producen inhibidores alelopáticos para el ambiente, que afectan la germinación de otras especies; mientras, que *Zea mays* L., *Cenchrus brownii* Roem&Schutl., *Eleusine indica* (L.) Gaertn. y *Portulaca oleracea* L., son tolerantes a esos compuestos aleloquímicos.

En Tucumán (Argentina), Cerrizuela (1996) cita a la caña de azúcar cv. Tuc77-42 tolerante a fenómenos de competencia y alelopatía con las malezas.

En *Saccharum* spp., existen cultivares resistentes a los aleloquímicos, como el cultivar NA56-79, que es una planta de hojas erectas que permite la entrada de luz hasta el nivel del suelo. La acumulación de plantas muertas o de sus residuos de cosecha, sin quemar, no afectaba la germinación en el nuevo ciclo de este cultivar (Arévalo, 1999).

La especie *Mucuna pruriens* var. *utilis* (L.) DC. (Wight) Burck, inhibe la germinación de las arvenses por el fenómeno de la alelopatía (Medina y Valenzuela, 2003; Gliessman, 2002).

Es conocido que el cultivo de *Secale cereale* L. (centeno) tiene alto potencial para limpiar el terreno de malezas, tanto en plantas vivas como muertas incorporadas al suelo. Los análisis químicos mostraron la presencia de un compuesto alelopático denominado benzoxalinonas, que es liberado para el ambiente (Gliessman, 2002).

En Brasil, Manechini *et al.* (2005) determinaron en la caña de azúcar, que a mayor cantidad de residuos de cosecha sin quemar, el control de malezas se incrementa. También mencionan que los cultivares susceptibles a la alelopatía son: SP84-1201, RB806043 e IAC86-2210; y como cultivares tolerantes reportan a: IAC82-2045 y SP880-185.

De acuerdo con Duke (2007) el aminoácido mimosina ha sido asociado con tres especies alelopáticas de la familia Fabaceae, como: *Leucaena leucocephala* (Lam.) Wit., *Mucuna pruriens* var. *utilis* (L.) DC. (Wight) Burck, excreta L-DOPA, químicamente es 3-(3,4-dihidroxifenil) alanina, un compuesto estructuralmente relacionado con m-tirosina que tiene efectos alelopáticos contra varias especies de malezas, como: *ROOEX-Rottboellia exaltata* (cochinchinensis) L. f., *CYPRO-Cyperus rotundus* L., *SORHA-Sorghum halepense* (L.) Pers., etcétera. Este producto es utilizado para el tratamiento del “mal de Parkinson” (Gaiba *et al.*, 1998).

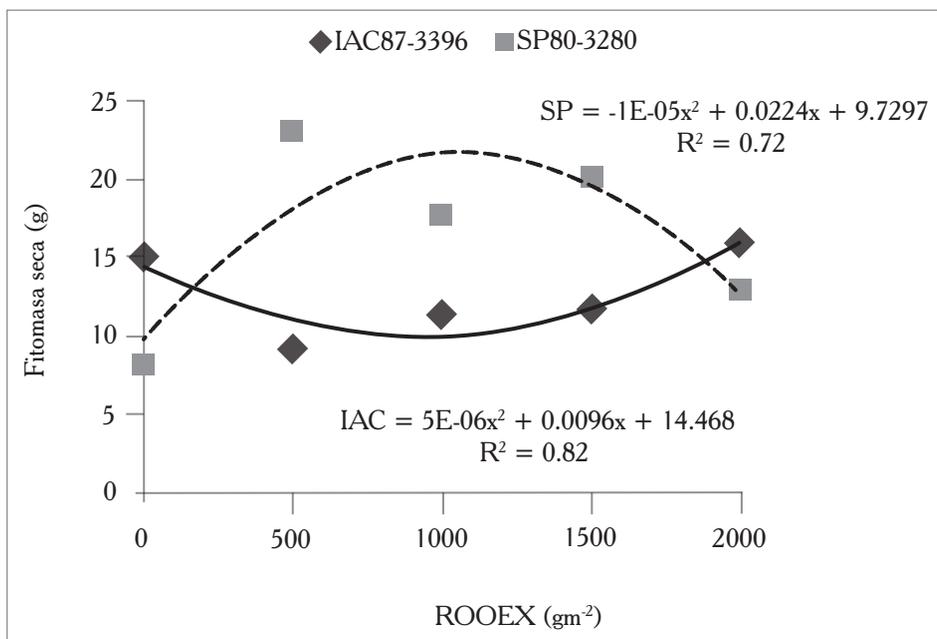
Residuos de cosecha entre 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> secos al sol, tienen eficiente control de malezas (Arévalo y Bertocini, 2008), los cuales, son atribuidos principalmente a fenómenos de alelopatía en interacción como factor físico que impide la entrada de luz a nivel del suelo y reduce la temperatura, impidiendo con ello la germinación de las malezas. Este hecho ya fue observado por Reynoso (1862), quien reportó que dejar los residuos de cosecha en el campo de caña sin quemar, controla más del 50 % de las malezas.

Además de producir efectos alelopáticos para controlar malezas, algunas especies inhiben el crecimiento de plantas cultivadas, Lorenzi (1986) encontró que *CYPRO* reduce significativamente el macollo, con pérdidas de 25% en el cv. NA56-79 y 31% en cv. SP71-799. Arévalo (2009) determinó que 50 g de diseminulos subterráneos de *CYPRO* inhibieron el rebrote en 95% en caña de azúcar cv NA56-79 y 35% en el cv L60-25.

La especie *ROOEX-Rottboellia exaltata* L. f., inhibe el crecimiento del cultivar de caña de azúcar IAC87-3396 —figura 1 (Almeida *et al.*, 2005)—. El aporte de plantas de *ROOEX* entre 500 a 1,500 g m<sup>-2</sup> revela una reducción significativa en el crecimiento de las plantas de caña. En 1,000 g m<sup>-2</sup> de *ROOEX* el crecimiento de fitomasa en la caña fue mínimo y en la concentración 0 y 2,000 g m<sup>-2</sup> los efectos fueron similares, estadísticamente. Por el contrario, el cv SP-803280 fue más resistente al efecto alelopático.

Figura 1

Efecto alelopático de *ROOEX* sobre el cultivo de caña de azúcar cv. IAC87-3396 y SP80-3280.



Fuente: Almeida *et al.* (2005).

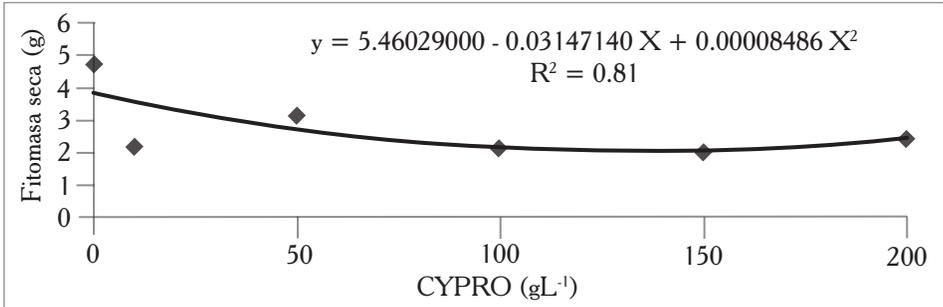
Bertoncini *et al.* (2007) determinaron en caña de azúcar cv. IAC91-2218 que concentraciones de *CYPRO* de 100 a 500 g L<sup>-1</sup>, sumergidos en esquejes de una yema, durante un minuto, provocaron efectos alelopáticos con aumento lineal en el rebrote, altura y fitomasa. En el cultivar IAC91-3186, no se mostraron efectos alelopáticos en ninguna de las concentraciones de *CYPRO*.

En Piracicaba-SP Brasil, Arévalo *et al.* (2009) estudiaron los efectos alelopáticos de *CYPRO-Cyperus rotundus* L. sobre plantas de *Saccharum spp.* cv. IAC-SP93-6006, de reciente lanzamiento al campo comercial. Los tratamientos fueron cantidades crecientes de plantas de *CYPRO*: 0, 50, 100, 150 y 200 g L<sup>-1</sup> disueltas en agua destilada, dejada

en reposo por 24 h; posteriormente filtrada, en esta disolución, una parte de los esquejes de tallos de caña con una yema fueron sumergidas y otra parte fueron asperjadas. Los resultados de los tallos con yemas asperjadas (figura 2) y tallos con yemas sumergidos (figura 3), mostraron similar comportamiento alelopático.

Figura 2

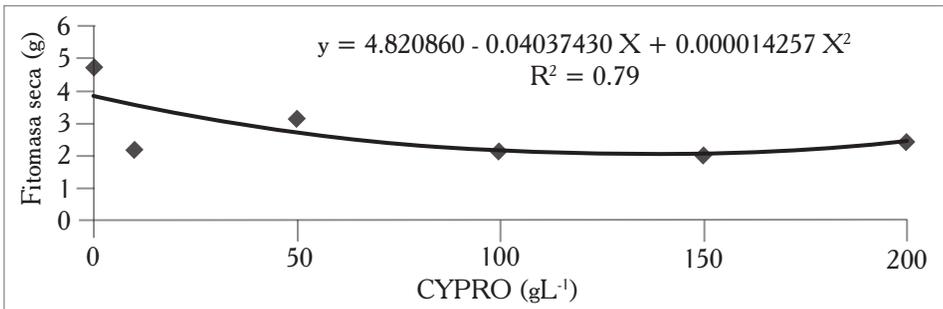
Efecto alelopático de *CYPRO* sobre plantas en crecimiento de caña de azúcar cv. IAC-SP93-600, cuando las yemas fueron asperjadas con la solución de *CYPRO*.



Fuente: Arévalo *et al.* (2009).

Figura 3

Efecto alelopático de *CYPRO* sobre plantas en crecimiento de caña de azúcar cv. IAC-SP93-6006, cuando las yemas de caña fueron sumergidas en la solución de *CYPRO*.



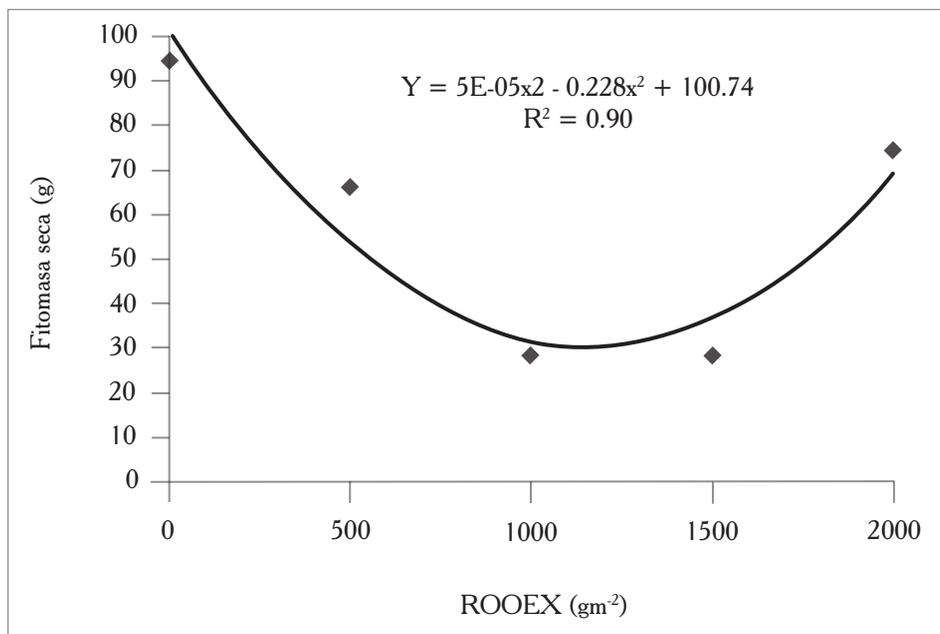
Fuente: Arévalo *et al.* (2009).

La planta de *CUCSA-Cucumis sativus* L. (pepino) es susceptible a la presencia de aleloquímicos de *ROOEX* en el suelo. El análisis de regresión indica que hubo efecto de

la concentración de *ROOEX* sobre la producción de materia seca de hojas de *CUCSA*, observando un efecto detrimental de 500 a 1,500 g de *ROOEX* (figura 4); concentraciones más altas de *ROOEX* produjo un efecto contrario, ya que se estimuló la producción de materia seca de hojas. El coeficiente de determinación  $R^2 = 0.90$ , explica el 90% de la variación, dando confiabilidad a los resultados (Arévalo *et al.*, 2009). Es interesante resaltar que nuestros resultados fueron similares a los reportados por Almeida *et al.* (2005) en caña de azúcar cv IAC87-3396, cuando trató con las mismas concentraciones de plantas de *ROOEX* (figura 4).

Figura 4

Materia seca (g) de plántulas de *CUCSA-Cucumis sativus* L., tratadas con cantidades crecientes de plantas de *ROOEX*.



Fuente: Arévalo *et al.*, 2009.

En futuras investigaciones agrícolas, se necesita promover la integración ecológica, fisiológica y molecular a fin de integrar la agricultura y conocer sus interacciones con el ambiente para obtener productividad sostenible durante largo tiempo. Estudiar estrategias de mejoramiento de plantas en los sistemas agrícolas, utilizar la actividad de cultivos alelopáticos para controlar malezas y plagas (Weiher *et al.*, 2008), e integrar tecnologías de producción sostenible de cultivos compatibles con el ambiente, así como el control biológico de plagas.

La especie *Cyperus rotundus* y *Rottboellia exaltata* L. f. inhiben la brotación de la caña de azúcar.

## Conclusiones

La alelopatía incluye interacciones bioquímicas que provocan inhibición o estímulos en los organismos aceptores. Los aleloquímicos en los ecosistemas y los agroecosistemas del reino Plantae son alrededor de 10,000 sustancias. Los cultivos de coberturas que se utilizan en agricultura para manejar plantas arvenses están basados en la alelopatía. En el cultivo de la caña de azúcar existen cultivares susceptibles y tolerantes a compuestos aleloquímicos. Las arvenses *Cyperus rotundus* L. y *Rottboellia exaltata* L. f. provocaron efectos alelopáticos en caña de azúcar. Residuos de cosecha entre 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> secos al sol, tiene eficiente control de plantas arvenses por fenómenos de alelopatía. La planta *Cucumis sativus* L. (pepino) es susceptible a la presencia de aleloquímicos de ROOEX en el suelo. La alelopatía es un fenómeno apropiado para utilizar en agricultura sostenible.

## Literatura citada

- Almeida, V. B.; Arévalo, R. A.; Guirado, N.; Rossi, F.; Ambrosano, E.; Mendes, P. C. D.; Bertoncini, E. I.; Chaila, S.; Coelho, R. R. y Schammas, E. A. (2005). "Efecto alopatóico de ROOEX - *Rottboelliaexaltata* L. f. en dos cultivares de *Saccharum*spp." En: Congreso Latinoamericano de Malezas-alam, 17; Congreso Iberoamericano de Ciencia de las Malezas- semh, 1 y Congreso Nacional de Ciencia de malezas-sucumal, 4., Varadero, Matanzas-Cuba, CD-ROM alam-semh-sucumal, p. 596-603.
- Altieri, M. A. y Doll, J. D. (1978). "The potencial of Allelopathy as a tool for weed management in crop fields." *Int. Journ. Pest management*, 24(4): 495- 502.
- Arévalo, R. A. (1999). "Manejo sostenible de matospecies (malezas en *Saccharum spp.*" En: Sesión Pública Extraordinaria Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Buenos Aires, *Anales Acad. Nac. Agron. Vet.* 53(14):1-44.
- Arévalo, R. A. y Bertoncini, E. I. (2008). "Manejo sostenible de malezas (matospecies) en *Saccharum spp.* (caña de azúcar)." En: Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza-asomecima, 29; Simposium Internacional sobre la Maleza acuática, 5; Simposium internacional sobre resistencia y tolerancia a herbicidas, 1; Simposium Internacional sobre la Enseñanza de la Ciencia de la Maleza, 1. Tapachula, Chiapas. México, Memorias ASOMECEMA. CD-ROM, p. 72-109.
- Arévalo, R. A.; Bertoncini, E. I.; Salgado, G. S. y Rossi, F. (2009). "Alelopatía de *Cyperusrotundus* L. en *Saccharum*spp. cv. IAC-SP 93-6006." *Rev. Fitosanidad.* Cuba, 13(3):193-196.
- Bertoncini, E. I.; Arévalo, R. A.; Rossi, F.; Ambrosano, E. J.; Almeida, V. B.; Chaila, S. y Puente, R. J. A. (2007). "Efecto alopatóico de *Cyperus rotundus*em dos nuevos cultivares de *Saccharum spp.*" En: Congreso Nacional de la Ciencia de la Malezas-ASOMECEMA, 27. Ensenada, Baja California. México, CD-Asomecima. 266 pp.
- Burkholder, P. R. (1952). "Cooperation and conflict among primitive organisms." *American Science*, 40: 601-631.
- Cerrizuela, E. A. (1996). "El futuro del control de malezas. Un análisis crítico." En: Reunión Técnica Nacional de la Caña de azúcar, 10. San Miguel de Tucumán, *Anales SATCA.* p. 36-41.
- Decandolle, M. A. P. (1832). *Physiologie végétale*, t. 3. Paris. BécheteJeune. Fac. Méd., p. 1474.
- Duke, S. O. (2007). "The emergence of grass root chemical ecology." *Proc. Nat. Acad. of Science -PNAS-USA*, 104 (43):16964-16969.
- Ferreira, A. G. y Aquila, M. E. A. (2000). "Alelopatia: Uma área emergente da ecofisiologia." *Rev. Bras. Fisiol. Vég.*, 12:175-204.

- Gliessman, S. R. (2002). *Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba-Costa Rica. CATE, 359 pp.
- Gaiba, M.; Vissoh, P.; Dagbénonbakin, G. y Fagbohoun, F. (1998). "The phytochemistry, toxicology and food potential of velvetbean (*Mucuna Adans.spp. Fabaceae*)." Disponible en: [www.ppathw3.cals.cornell.edu/mba\\_project/CIEPN1.pdf](http://www.ppathw3.cals.cornell.edu/mba_project/CIEPN1.pdf) (Consultado el 20 de junio de 2010).
- Godfard, M.; Pimentel, L. W. y Pimentel, N. W. (2009). "Alelopatia: relações nos agroecossistemas." *Rev. Tecnológica & Ciênc. Agropecuária*. João Pessoa, 3(1):23-28.
- Lorenzi, H. (1986). "Tiririca-Uma séria ameaça aos canaviais." *Bol. Tec. COPERSUCAR*, 35: 3-4.
- Medina, P. J. L. y Valenzuela, D. J. A. (2003). "Coberturas vivas para el manejo biológico de malezas." En: Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas, 16; Congreso de la Asociación Mexicana de Ciencia de la Maleza, 24. Manzanillo, Colima. México. CD-ROM-ALAM-ASOMECA, p. 508-517.
- Manechini, C.; Ricci, A. J. y Donzelli, J. L. (2005). "An overview of controlled and non controlled weeds as influenced by sugarcane trash blankets." En: International Society of Sugar cane Technologists Congress, 25. Guatemala, Proc. ISSCT, p. 225-230.
- Molish, H. (1973). *Der einfluss einer pflanze auf die andere-allelopathie*. Fisher, Jena, p. 1.
- Moreira, I. (1977). Implicações da alelopatia na agricultura. Lisboa. Soc. Portug. Ciênc. Naturales. Coleção natura. Nova Serie, 5:10-11.
- Odum, E. P. (1988). *Ecología*. Traduzido do inglês para o português por Christopher J. Tribe e Ricardo Iglesias Rios (Superv.). Rio de Janeiro. Guanabara, 434 pp.
- Radosevich, S. R. y Holt, J. S. (1984). *Weed ecology. Implications for vegetation management*. New York. John Wiley. 95 pp.
- Reynoso, A. (1962). *Ensayo sobre el cultivo de la caña de azúcar*. La Habana. El Magazine, 363 pp.
- Rice, E. L. (1984). *Allelopathy*, 2nd. Ed. Orlando: Academic Press, 422 pp.
- Rice, E. L. (1974). *Allelopathy*. New York: Academic Press, 353 pp.
- Rizvi, S. J. H. y Rizvi, V. (1992). *Allelopathy: Basic and Applied Aspects*. London: Chapman & Hall, 480 pp.
- Shou, Y. H. y Yu, J. Q. (2006). "Allelochemicals and photosynthesis." En: Reigosa, M. J.; Pedrol, N.; González, L. *Allelopathy: a physiological process with ecological implications*. Netherlands. Springer. P. 127-139.
- Theopastus (300 a. C.). *De causis plantarum*. Capítulo 5: Influencias naturales y artificiales sobre el crecimiento vegetal, enfermedad y muerte: [www.aorquidea.com.br/forum/Viewtopic.php?](http://www.aorquidea.com.br/forum/Viewtopic.php?) (Consultado el 14 de junio de 2010).
- Weihet, M.; Didon, U. M. E. y Rönnerberg-Wästerjungand Bjirkman, C. (2008). "Integrated agricultural research and crop breeding: Allelopathy weed control in cereals and long-term productivity in perennial biomass crops." *Agricultural Systems*, 97(3):99-107.

Recibido: Marzo 23, 2010

Acceptado: Febrero 7, 2011

# Influencia de la temperatura en la reproducción de *Xenotoca variata* Bean, 1887 (Pisces, Goodeidae)♦

Temperature effects on the reproduction of *Xenotoca variata* Bean, 1887 (Pisces, Goodeidae)

García-Ulloa, M.;<sup>1\*</sup> Álvarez-Gallardo, M. P.;<sup>2</sup> Torres-Bugarín, O.;<sup>3</sup> Buelna-Osben, H. R.<sup>4</sup> y Zavala-Aguirre, J. L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Guadalajara.

<sup>2</sup>Laboratorio de Hidrobiología y Ecotoxicología Acuática, Escuela de Biología, Universidad Autónoma de Guadalajara.

<sup>3</sup>Programa Internacional, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Guadalajara.

<sup>4</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Michoacán, IPN.

\* Correspondencia: turbotuag@hotmail.com

♦ (Nota técnica)

## Resumen

Se evaluó la reproducción del goodeido *Xenotoca variata* a diferentes temperaturas (25, 28, 30°C y ambiente, 22.5 ± 1.5°C). Los peces se colectaron en el lago La Alberca, del Municipio de Villamar, Michoacán (México). En condiciones de laboratorio se localizó relación directa entre la temperatura y el número de crías hasta un punto máximo de 27.7°C. A las 13 semanas, el grupo a 28°C liberó 37 crías y produjo 20 embriones. El grupo control no registró liberación de crías, pero formó nueve embriones. Se estima que a 28°C el tiempo de gestación es de cinco semanas. Se concluye que la temperatura influye en la reproducción de *X. variata*, principalmente en su tiempo de gestación.

## Abstract

The effect of different temperatures (25, 28, 30 °C and environmental temperature as control group, 22.5 ± 1.5°C) on the reproduction of the goodeid *Xenotoca variata* was evaluated. Fish were caught at Lake La Alberca, in the municipality of Villamar, Michoacán (México). Under laboratory conditions, a direct relationship was found between temperature and fry number at a maximum point of 27.7°C. After 13 experimental weeks, the 28 °C group recorded the highest number of fry (37 offspring and 20 embryos) meanwhile no offspring was observed for the control group in which only nine embryos were found. An incubation time of five weeks at 28°C was estimated. It is concluded that the effects of temperature on the reproduction of *X. variata*, occur on the embryonic development time.

## Palabras clave

Temperatura, proceso reproductivo, peces endémicos, acuicultura de repoblación y conservación.

## Key words

Temperature, reproductive process, endemic fish, recruitment and conservation aquaculture.

En la propagación de organismos acuáticos es una prioridad la obtención de crías de calidad y en cantidades suficientes para satisfacer la demanda con diversos fines (repoblación, pesca deportiva, carnada, tratamiento de aguas, organismos de laboratorio, acuariofilia, acuicultura, etcétera), cuya base depende de la reproducción bajo condiciones de cautiverio. Los pies de cría son mantenidos en densidades superiores a las encontradas en el medio natural, lo que provoca depresión de la fisiología hormonal (De Lapeyre *et al.*, 2010), por lo que la reproducción debe ser inducida mediante sustancias promotoras, dietas, manejos genéticos y/o ajuste de parámetros físicos y químicos del agua (Cervantes-Santiago *et al.*, 2010). De estos últimos, la temperatura del agua es considerada fundamental para lograr respuestas reproductivas similares al ambiente natural, pudiendo afectar el desarrollo gonadal, ya sea acelerando la formación de gametos o retardando la maduración de la gónada.

Para el caso de *Xenotoca variata*, en general, se desconoce toda una serie de requerimientos y, específicamente, el rango y valor óptimo de temperatura requeridos durante la maduración gonadal. El control de las técnicas de reproducción se presenta, entonces, como una conveniente herramienta en la propagación y recuperación de especies —como es el caso de los goodeidos (Duncan y Lockwood, 2001)— que, por presiones antropogénicas principalmente, se encuentran amenazadas.

En México se han identificado 41 goodeidos, aproximadamente (Doadrio y Domínguez, 2004; Pérez-Rodríguez *et al.*, 2009), pero el número podría variar como resultado de estudios prospectivos o taxonómicos. La NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT, 2002) presenta a los goodeidos en categorías diversas: desde amenazada (*Allotoca dugesii*, *Characodon audax*, etcétera), en peligro (*Allotoca diazi*, *Ameca splendens*, etcétera) y extinta (*Skiffia francesae*, *Zoogoneticus tequila*). Se estima que un número importante de extinciones ocurren sin que de ello se tenga registro (Smith *et al.*, 1993).

Los hábitats en México no son la excepción, ya que se están alterando o destruyendo por las actividades humanas, como: la deforestación, extracción de agua, la introducción de especies exóticas que desplazan a las especies endémicas y la contaminación, producto de sinnúmero de acciones. Estos impactos al medio ambiente han vuelto indispensable la creación de refugios para el mantenimiento en cautiverio, la propagación y preservación de especies únicas, como es el caso de *Xenotoca variata*, que aunque no está considerada en peligro, su endemismo la coloca dentro de la lista de prioridades para su mantenimiento por parte de la comunidad científica (Collares-Pereira *et al.*, 2002).

Por otro lado, estudios recientes reconocen a esta especie como organismo-prueba, para análisis ecotoxicológicos de exposición a genotóxicos e inductores de estrés oxidativo (Zavala-Aguirre *et al.*, 2010; Torres-Bugarín *et al.*, 2010). Así, el objetivo de la presente

investigación fue evaluar el efecto de diferentes temperaturas en la respuesta reproductiva de *X. variata*.

Los organismos se colectaron del Lago La Alberca (102°36'34.8"O, 20°03'38.9"N), en el estado de Michoacán, México (licencia de Pesca No. DGOPA.00142.140108.0086 y de Vida Silvestre No. SGPA/DGVS/07234/07), con la ayuda de un chinchorro playero de 20 m de largo por 3.5 m de ancho y una luz de malla de 0.5 cm. Los organismos se transportaron en bolsas de plástico (20% agua del lago, 80% O<sub>2</sub>) que, a su vez, fueron empacados en hieleras para protección contra daño mecánico, así como para evitar la insolación y mantener la temperatura ligeramente baja. El experimento se llevó a cabo en el Instituto de Ciencias Exactas y Terrestres (ICET) de la Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG), como parte del proyecto número 59958 de la convocatoria SEP-CONACYT de Ciencia Básica.

Una vez en el laboratorio, los peces se establecieron en cuarentena, para lo cual, fueron depositados en peceras con 37.5 l de agua reconstituida, de acuerdo a OECD (1992); esta formulación genera agua ligeramente alcalina, por lo que fue necesaria la adición de sales comerciales para la preparación de agua de mar artificial hasta conseguir una salinidad equivalente a la registrada *in situ* al momento de la colecta (2.5 g/l). El valor de salinidad tiene correspondencia con lo reportado por Buelna-Osben (2002), quien clasificó las aguas de dicho lago como clorinadas. Esta formulación se mantuvo a lo largo del experimento. Las peceras se acondicionaron con un filtro-cama de arena accionado por un sistema de elevación agua-aire; este último, conectado al equipo que abastece al laboratorio (HIBLOW<sup>R</sup> HP-40).

Durante todo el bioensayo, los peces fueron alimentados con una dieta comercial en presentación de hojuelas a una ración diaria del 3% de la biomasa, el pesado del alimento se realizó con una balanza analítica (0.0001g de precisión). La ración alimenticia se distribuyó en dos horarios durante el día, y los acuarios fueron provistos de un ambiente de camuflaje con la introducción de plantas de plástico y trozos de tubos de PVC (Zavala-Aguirre *et al.*, 2010). La cuarentena se consideró finalizada cuando los organismos reconocieron el alimento y cesó la mortalidad.

Posteriormente, se separaron los organismos por sexo, durante un periodo de 30 días, al final del cual, se seleccionaron cuatro parejas de peces (hembras sin vientres abultados) para cada una de las temperaturas experimentales (total cuatro grupos, ocho peces por grupo, 32 organismos seleccionados) considerando una distribución homogénea con respecto a su peso. Se seleccionó a la pareja de peces como a unidad experimental, quedando los pesos promedio y sus desviaciones estándar iniciales con valores de  $2.6 \pm 0.26$  g y  $2.6 \pm 0.19$  g, para machos y hembras, respectivamente ( $p < 0.05$ ).

Las edades corresponden a adultos jóvenes de acuerdo a las curvas de peso *vs*: longitud y de acuerdo a las frecuencias de tallas localizadas para la especie, por Buelna-Osben (2002). El inicio del periodo experimental fue marcado con la introducción de calentadores de agua acondicionados con termostato en tres de las peceras para, gradualmente (1° C/semana) conseguir las temperaturas experimentales de: 25, 28 y 30° C; mientras

que la cuarta pecera consistió en un grupo control, la cual se mantuvo sin calentador, comportándose con un promedio de  $22.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ .

La temperatura fue registrada diariamente con un termómetro de mercurio con precisión de  $1^{\circ}\text{C}$ . El oxígeno disuelto y el pH se monitorearon cada día por tratamiento, manteniéndose a nivel de saturación el primero y en el rango de 8.1 a 8.4 el segundo. La aparición de crías y producción de embriones para las temperaturas experimentales se presenta en el cuadro 1. Los primeros nacimientos se presentaron a las 7.9 semanas de iniciado el periodo experimental. Los grupos control y  $25^{\circ}\text{C}$  no presentaron nacimientos. El análisis estadístico del número de crías producidas se realizó con una regresión polinomial, localizándose una relación directa hasta un punto máximo de  $27.7^{\circ}\text{C}$  y, a partir de este punto, una relación inversa ( $\text{Crías} = -2385.00 + 173.73(\text{Temp.}) - 3.13(\text{Temp.})^2$ ;  $r=0.99$ ;  $25^{\circ}\text{C} \leq \text{Temp.} \leq 30^{\circ}\text{C}$ ).

Cuadro 1

Desempeño reproductivo de *Xenotoca variata* expuesto a diferentes grupos experimentales de temperatura durante un periodo de 13 semanas de cultivo.

Temperatura	Tiempo de experimentación				
	Semanas				
	7.9*	8.2	9	13	13
	Número de crías			Crías embrionarias	Supervivencia de ♀ (%)/ apareamientos**
<b>22.1° C Control</b>	0	0	0	9	50/1
<b>25° C</b>	0	0	0	18	50/2
<b>28° C</b>	5	15	17	20	67/6
<b>30° C</b>	3	2	1	13	33/2

\*Inicio de nacimientos.

\*\*Nota: el número de apareamientos se infiere considerando un número aproximado de 10 crías por parto.

El número de tratamientos que se utilizó fue el mínimo necesario para localizar la existencia de una respuesta de proporcionalidad y de un valor óptimo; de ahí que se requerirá de posteriores estudios para establecer la significancia estadística del modelo. Se decidió prolongar un mes el mantenimiento de las condiciones experimentales, pero no se presentaron más nacimientos, por lo que los adultos fueron pesados encontrando ganancias significativas (Kolmogorov-Smirnov,  $p = 0.000024$ ) tanto en machos como en hembras de los diferentes grupos, quedando sentadas las bases metodológicas de manejo en cautiverio.

La evaluación del contenido gonadal de las hembras al final del bioensayo, reveló gravidez en todos los tratamientos (cuadro 1) haciéndose evidente una estrategia reproductiva tipo iterópara con varias fecundaciones al año (Munro, 1990), la cual es muy compatible con propagación en condiciones controladas. La observación también sugiere

que los organismos podrían reproducirse en el rango de temperatura experimental usada; sin embargo, los peces expuestos a 28°C sextuplicaron el número de fecundaciones y de neonatos potenciales con base al conteo de crías y embriones respecto al grupo control. El número de hembras, por tratamiento, sometidos a posterior disección fue inferior al número establecido por agencias internacionales que regulan el uso de organismos de laboratorio (OECD, 1992); y, además, éstos fueron sometidos a eutanasia por narcosis (Alpharma, 2001).

Como consecuencia de la detección de crías embrionarias en los grupos 28 y 30°C al término de la semana 13 de cultivo, se infiere que el periodo de gestación a tales temperaturas es de cinco semanas para esta especie. Aunque no hay información precisa acerca de la temperatura de reproducción para *X. variata*, la fluctuación experimental de temperatura elegida se basó en el sondeo del comportamiento de la variable en condiciones naturales; es decir, en el perfil de temperatura en el agua del lago durante un ciclo anual (Buelna-Osben, 2002), el cual presentó el promedio más bajo (20°C) durante el mes de enero, con una tasa de incremento de alrededor de 2°C por mes y observándose las máximas temperaturas promedio (28°C) en el mes de mayo, justo antes del inicio de las lluvias; el valor medio se mantiene estable hasta el mes de septiembre, cuando inicia el descenso gradual.

La observación y adopción del comportamiento de los factores fisicoquímicos de condiciones naturales no es una garantía que conduzca a los resultados esperados de inducción reproductiva en condiciones controladas (Agulleiroa *et al.*, 2006), por lo que no se debe descartar el trabajo en laboratorio. Se tuvo cuidado de que el rango de temperatura seleccionado incluyera aquella utilizada en la propagación de peces con características biológicas similares, como es el caso de los pecílidos (Kavumpurath y Pandian, 1993). Observaciones preliminares realizadas directamente en campo permitieron la detección del mayor número de hembras preñadas durante el mes de mayo, dato que no está asociado al volumen de agua en el vaso, ya que el nivel se mantiene estable debido al aporte constante de aguas subterráneas (Buelna-Osben, 2002) y al vertimiento constante a través de represa (Zavala-Aguirre *et al.*, 2008).

La conjunción de estas observaciones, junto con experiencias previas de trabajo en laboratorio, en donde se registraron hembras preñadas cuando fueron sometidas a diferentes temperaturas por periodos de alrededor de cuatro semanas, condujeron al planteamiento de la presente investigación. El número de crías obtenidas en los grupos 25, 28 y 30°C indica que cambios de temperatura de la magnitud de 2 a 3°C pueden generar importantes diferencias en el desempeño reproductivo de esta especie; estos mismos resultados apuntan al valor óptimo cercano a 28°C, el cual es dependiente de las condiciones de trabajo de la presente experiencia.

La observación de crías embrionarias en las hembras diseccionadas para todos los tratamientos sugieren un amplio margen de temperatura en que la reproducción de *X. variata* puede presentarse, pero la presencia de crías liberadas y mayor frecuencia de fecundaciones en las dos temperaturas más altas indica un efecto más agudo de este pa-

rámetro sobre el tiempo de incubación y/o gestación (Bromage, 1995) y también sobre los procesos de maduración gonadal.

Con base en los resultados, se recomienda proseguir con estudios en la línea de optimización del proceso reproductivo considerando diferentes tasas de cambio en la temperatura, la combinación de factores como temperatura-dieta o temperatura-proporción sexual, el seguimiento del desempeño de las crías obtenidas, el uso de reproductores que hayan sido obtenidos bajo condiciones de laboratorio a fin de que puedan ser monitoreados desde el primer parto, la prolongación del tiempo experimental. Todo, con el objetivo de establecer un protocolo más completo en la producción de crías de *X. variata* con varios fines, entre los que destacan: su uso como bioindicador de la salud del ecosistema en donde habita y como organismo prueba en ensayos de laboratorio, debido a que la especie cubre todos los requisitos apuntados por organismos internacionales (ASTM, 2004) para el uso de peces residentes como organismo de prueba (Zavala-Aguirre *et al.*, 2010).

## Literatura citada

- Aguilleiroa, V. A.; Cañavated, J. P.; Martínez-Rodríguez, G.; Mylonasf, C. C. y Cerdà, J. (2006). "Induction of spawning of captive-reared Senegal sole (*Solea senegalensis*) using different administration methods for gonadotropin-releasing hormone agonist." *J. Aquaculture* 257 (1-4): 511-552.
- Alpharma Animal Health Ltd. (2001). "MS222 (*Tricaine Methanesulphonate*). Technical Bulletin 5/2001." <http://www.europharma.no/fiskehelse/datablad/bedovelse/MS222.pdf>. (Consultado el 01 de septiembre de 2008).
- Bromage, N. R. (1995). "Broodstock management and seed quality." En: *Broodstock management and egg and larval quality* (N. R. Bromage and R. J. Roberts, Eds.) Blackwell Science Ltd., Oxford, UK. pp. 1-24.
- Buelna-Osben, H. R. (2002). *Análisis de la estructura y dinámica de la comunidad de peces del lago La Alberca, municipio de Villamar, Michoacán*. CIIDIR-IPN-Michoacán. CGPI 20010359. Informe Técnico Final de Proyecto de Investigación 2001. 36 pp.
- Cervantes-Santiago, E.; Hernández-Vérgara, M. P.; Pérez-Rostro, C. I. y Olvera-Novoa, M. A. (2010). "Reproductive performance of the crayfish *Procambarus (Austrocambarus) acanthophorus* Villalobos 1948 under controlled conditions." *Aquaculture*. 308(1-2): 66-70.
- Collares-Pereira, M. J.; Cowx, I. G. y Coelho, M. M. (2002). *Conservation of fresh water fishes: Options for the future*. Wiley. 1<sup>st</sup>. edition. 472 pp.
- De Lapeyre, B. A.; Muller-Belecke, A. y Horstgen-Schwark, G. (2010). "Increased spawning activity of female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (L.) after stocking density and photoperiod manipulation." *Aquaculture Research*. 41(10): 561-567.
- Doadrio, I. y Domínguez-Domínguez, O. (2004). "Phylogenetic relationships within the fish family Goodeidae based on cytochrome b sequence data." *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 31: 416-430.
- Duncan J. R. y Lockwood, J. L. (2001). "Extinction in a field of bullets: a search for causes in the decline of the world's freshwater fishes." *Biological Conservation*. 102: 97-105.
- Kavumpurath, S. y Pandian, T. J. (1993). "Production of a YY female guppy, *Poecilia reticulata*, by endocrine sex reversal and progeny testing." *Aquaculture*. 118: 183-189.
- Munro, A. D. (1990). *Reproductive seasonability in teleosts: Environmental influences*. A. D. Munro, A. P. Scout y T. J. Laam (Editors) CRC Press. USA, 2-11 p.
- OECD (1992). Organization for Economic Cooperation and Development. *Guideline for testing of chemicals*. Guideline 203. Fish, Acute Toxicity Test. Paris, France. 151 pp.

- Pérez-Rodríguez, R.; Domínguez-Domínguez, O.; Pérez-Ponce de León, G. y Doadrio, I. (2009). "Phylogenetic relationships and biogeography of the genus *Algansea* Girard (Cypriniformes: Cyprinidae) of central México inferred from molecular data." *BMC Evolutionary Biology*. 9: 223.
- SEMARNAT (2002). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. "Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo." *Diario Oficial*. 6 de marzo de 2002.
- Smith, F. D. M.; May, R. M.; Pellew, R.; Johnson, T. H. y Walter, K. R. (1993). "How much do we know about the current extinction rate?" *Trends in Ecology & Evolution*. 8(10): 375-378.
- Torres-Bugarín, O.; Flores-Rodríguez, A. G.; Flores-Kehn, L. P.; Álvarez-Gallardo, M. P.; Zavariz-Romero, B. M.; García-Ulloa, M.; Buelna-Osben, H. R.; Beltrán-García, M.; Velarde-Diez de Bonilla, G. y Zavala-Aguirre, J. L. (2010). "Salud del lago La Alberca, Villamar, Michoacán y la implementación del Goodeido *Xenotoca melanosoma* como biomonitor de estrés oxidativo y genotóxicos." p. 95-118. En: Academia Jalisciense de la Ciencia (Editor). *La ciencia desde Jalisco. Memoria de los coloquios resultado de investigación*. ISBN 978-607-7768-11-1.
- Zavala-Aguirre, J. L.; Velarde-Diez de Bonilla, G.; Braun-Pelayo, R.; Buelna-Osben, H. R.; de Anda-Sánchez, J.; Rosales-Zavala, J. y Torres-Bugarín, O. (2008). "Batimetría y limnología básica del Lago La Alberca en el municipio de Villamar, Michoacán." P. 725-730. En: S. Carvajal y E. Pimenta-Barrios (Editores). *Avances en la Investigación Científica en el CUCBA. XIX Semana Nacional de la Investigación Científica. Universidad de Guadalajara*. ISBN 978-607-00-2083-4.
- Zavala-Aguirre, J. L.; Torres-Bugarín, O.; Buelna-Osben, H. R.; Flores-Kehn, L. P.; Ramos-Ibarra, M. L.; Zúñiga-González, G. y Ogura, T. (2010). "Induction of micronuclei and nuclear abnormalities by cyclophosphamide and colchicine in *Xenotoca melanosoma* (Pisces, Goodeidae) from Lake La Alberca in Michoacán, México." *Journal of Environmental Science and Health Part A*. Vol. 45: 75-81.

Recibido: Julio 22, 2010

Aceptado: Febrero 14, 2011

# Identificación de asimetrías bilaterales en piezas y cortes porcionados comerciales de canales de bovino procesadas en Guadalajara, Jalisco, México

Identification of bilateral asymmetries of main and portioned commercial cuts of bovine carcasses processed at Guadalajara, Jalisco, Mexico

Zorrilla, J. M.;<sup>1\*</sup> Triana, E. E. R.;<sup>1</sup> Carrasco, G. D. M.<sup>1</sup>  
y Vásquez, P. C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara.

<sup>2</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

\* Correspondencia: zorrillarios@yahoo.com.mx

## Resumen

Se identifica la presencia de asimetrías entre el lado izquierdo y el derecho en canales de bovino faenadas en el Rastro Municipal de Guadalajara, Jalisco (México), a partir de la comparación de tres piezas primarias, 30 porcionados comerciales y siete componentes anatómico-estructurales, diferencias agrupadas arbitrariamente en un origen de carácter anatómico, de índole mecánico por el proceso físico de su división y la posible combinación de ambos. El análisis de los datos generados de 20 canales permitió identificar que el riñón, la grasa de la riñonada y el sebo fueron estructuras anatómicas con pesos estadísticamente diferentes ( $P < 0.0178$ ;  $P < 0.0183$ ;  $P < 0.0944$ , respectivamente) cuando se compararon los correspondientes pares izquierdo y derecho. La bandera, el contrapecho, el diezmillero, el pescuezo y el recoveco fueron cortes porcionados estadísticamente diferentes ( $P < 0.0005$ ;  $P < 0.0817$ ;  $P < 0.0859$ ;

## Abstract

The objective of this work was to identify the existence of bilateral asymmetry between the left and right side of beef carcasses processed at the municipal slaughterhouse of Guadalajara, Jalisco (Mexico). It was done from comparisons of three main cuts, thirty commercial portioned serves and seven anatomic-structural components. The differences were arbitrarily considered either anatomical, physical due to the mechanical process of fabrication, and the possible combination of both factors. Data generated out of 20 carcasses indicated anatomical statistical differences for the kidney, kidney fat and total fat ( $P < 0.0178$ ;  $P < 0.0183$ ;  $P < 0.0944$ , respectively) between left and right side. Bilateral asymmetry of mixed origin was statistically different was identified for the flank, chuck and neck ( $P < 0.0005$ ;  $P < 0.0859$ ;  $P < 0.0387$ , respectively). The front quarter bilateral asymmetry was statistically different ( $P < 0.0001$ ) and considered mechanical in

$P < 0.0387$ ;  $P < 0.0178$ , respectivamente) cuyo origen se puede adjudicar a factores anatómicos y, posiblemente, mecánicos al momento de su separación física. La única estructura estadísticamente diferente ( $P < 0.0001$ ) entre ambos lados —considerada producto de una influencia de la operación mecánica durante su separación— fue el cuarto anterior de la canal. Estos resultados apoyan la sugerencia de establecer un solo lado de la canal de bovinos en la implementación de normas y sistemas de clasificación, por calidades y rendimientos.

### Palabras clave

Asimetría, canales bovino, clasificación.

origin. Results support a recommendation for standardizing the observations performed in applying any grading and-or evaluation system on one side of a bovine carcass.

### Key words

Asymmetry, bovine carcasses, grading.

## Introducción

En la integración de los eslabones que conforman una cadena de valor alimentaria es necesario disponer de herramientas que permitan el discernimiento del producto genérico en sus posibles estratos de calidad (Zorrilla, 2009). En el caso de la carne de bovino, una de esas herramientas es la aplicación de normas descriptivas de calidades y rendimientos de las canales, por medio de la observación directa de ciertos atributos pre-definidos (USDA, 1965). Dada la mecánica propia del proceso de faenado de un bovino, se originan dos medias canales, una derecha y otra izquierda. Es en esta disponibilidad de una opción derecha y otra izquierda que se crea la necesidad de estimar el grado de simetría o asimetría existente entre ambas y, con ello, determinar la posible influencia que el lado a seleccionar para el juzgamiento pudiera tener en el resultado final de la evaluación.

Si bien esta condición de asimetría se ha identificado con anterioridad para el caso de canales de bovino (Brungardt y Bray, 1963b), es un factor que hoy en día no es tomado en cuenta consistentemente dentro de diferentes sistemas de clasificación vigentes. Así, la norma australiana de evaluación de las canales de bovino señala puntualmente que las mediciones sean realizadas en el lado izquierdo (AUS-MEAT, 1991); en Estados Unidos existe, por un lado, la recomendación de tomar las mediciones en ambos lados, utilizando finalmente, la medición que genere el mejor resultado (Dolezal y Hilton, 2005); y por otro, la ausencia de especificación al respecto (Tatum, 1997; AMSA, 2001). En el caso particular de México, se presenta una inconsistencia similar. El reglamento del estado de Nuevo León (*Manual de clasificación*, sin año) señala que las mediciones se lleven a cabo en ambos lados de las canales, mientras que el reglamento del estado de Sonora (Boletín Oficial, 1999) no contiene indicación alguna al respecto.

En ausencia de un reglamento en México para la aplicación de la norma mexicana de clasificación de canales de bovino NMX-FF-078-SCFI-2002, y el reciente señalamiento por

Zorrilla *et al.* (2010), respecto de la posible existencia de asimetrías en medias canales —izquierda y derecha— de bovino para la grasa de la riñonada, la grasa pélvica y el área del ojo de la costilla, se vuelve relevante el tema con fines de que esta consideración, del lado de la canal recomendado para la evaluación, sea tomada en cuenta en su elaboración.

Consecuentemente, el propósito del presente trabajo es ampliar la información disponible sobre la posible existencia, o no, de asimetrías entre la media canal derecha e izquierda de bovinos faenados en condiciones comerciales, considerando tanto piezas primarias (medias y cuartos de canal) así como cortes a nivel del consumidor final, información pertinente en la elección de la mitad del canal a evaluar en la aplicación de normas de clasificación por calidad y/o ecuaciones de predicción de cortabilidad, reduciendo así un posible elemento de inconsistencia.

## Materiales y métodos

Se monitoreó al azar, durante un periodo de 10 meses, el peso frío de la mitad derecha y la mitad izquierda de 20 canales de bovino, originadas por la división longitudinal con una sierra eléctrica a lo largo de la columna vertebral; así como el peso frío del cuarto delantero y trasero de cada mitad de la canal, originadas de la división entre la sexta y la séptima costilla con la ayuda de un cuchillo. Finalmente, se pesaron-midieron, según el caso, 36 estructuras, cortes comerciales de carne y/o co-productos resultantes del despiece de los ochenta cuartos de canal.

El faenado inicial se llevó a cabo en el Rastro Municipal de Guadalajara, Jalisco (México). Las 36 piezas de cortes/co-productos comerciales se generaron en las instalaciones comerciales de un mismo detallista local, con experiencia en el ramo de más de 20 años.

Las mediciones-estructuras así originadas se agruparon, arbitrariamente, en tres categorías: a) las que se originan físicamente en el proceso de división mecánica de la canal completa, correspondientes a las dos medias canales y los cuartos de canal subsecuentes; b) las estructuras de carácter anatómico consideradas independientes del proceso físico del despiece, representadas por el riñón, la porción ósea, el área del ojo de la costilla, tejido adiposo y la circunferencia de la pierna; y c) los cortes de músculos o grupo de músculos que constituyen las porciones de carne comerciales y los cuales, se asume que representan estructuras anatómicas definidas, pero que no están totalmente exentas de experimentar en su conformación, de una influencia por el proceso físico al que se sujetan —ineludiblemente— al momento de su división. A este último grupo de estructuras se les identifica como mixtas.

Todas las porciones de cortes comerciales consideradas en el estudio se refieren manteniendo los nombres comunes usados de manera local.

El análisis estadístico empleado para estimar la existencia, o no, de diferencias entre las medias en contraste fue la Prueba de “t” del método de muestras apareadas (Clifford y Taylor, 2008) provenientes de 20 canales de bovinos machos de cruce y edad indefinida.

## Resultados

El rango de peso de las 20 canales estudiadas varió de un mínimo de 201.8 kg a un máximo de 417.7 kg, con un peso promedio de 285.7 kg  $\pm$  56.9 kg.

En el cuadro 1 se presenta la información de las comparaciones entre el lado izquierdo y el derecho, las cuales fueron estadísticamente significativas a un nivel de probabilidad del 0.10 o menos; y en el cuadro 2, las que fueron similares.

Dentro de las estructuras anatómicas con diferencias estadísticas significativas entre el lado izquierdo y el derecho, se identifican a: la grasa en la riñonada ( $P < 0.0183$ ), el riñón ( $P < 0.0178$ ) y el sebo ( $P < 0.0944$ ). Las estructuras mixtas diferentes estadísticamente fueron la bandera o costilla ( $P < 0.0005$ ), el contrapecho ( $P < 0.0817$ ), el diezmillo ( $P < 0.0859$ ), el pescuezo ( $P < 0.0387$ ) y el recoveco o planchuela ( $P < 0.0178$ ). Por último, dentro del grupo de piezas que, por razones atribuibles a la separación mecánica de las mismas se reconocen como diferentes estadísticamente, se señala al cuarto anterior ( $P < 0.0001$ ).

Se observó una similitud entre el lado derecho e izquierdo en los pesos registrados de las dos mitades iniciales de canales, así como de los cuartos traseros. Igualmente, el área del ojo de la costilla y la circunferencia de la pierna mostraron simetría entre ambos lados.

Cuadro 1

Comparaciones estadísticamente diferentes a una probabilidad de  $P \leq 0.10$ .

Concepto (ordenadas alfabéticamente):	Media izquierda	Media derecha	Error estándar de la media	P <
<i>Anatómicas:</i>				
Grasa en la riñonada, kg	2.73	3.37	0.209	0.018
Riñón, kg	0.425	0.502	0.033	0.018
Sebo, kg	17.83	16.74	0.355	0.094
<i>Físicas:</i>				
Cuarto anterior, kg	60.09	56.21	0.581	0.0001
<i>Mixtas:</i>				
Bandera / costillar, kg	10.42	9.47	0.149	0.0005
Contrapecho, kg	1.51	1.59	0.049	0.082
Diezmillo, kg	12.32	11.24	0.364	0.086
Pescuezo, kg	4.73	4.11	0.134	0.039
Recoveco / planchuela, kg	3.10	3.09	0.031	0.018

## Cuadro 2

Comparaciones realizadas en cada una de las categorías consideradas y que fueron similares entre ambos lados.

Concepto (ordenadas alfabéticamente):	Media izquierda	Media derecha	Error estándar de la media	P <
<i>Anatómicas:</i>				
Área ojo de la costilla, cm <sup>2</sup>	73.00	72.76	1.665	0.854
Circunferencia de la pierna, cm	84.19	83.94	0.442	0.882
Grasa pélvica, kg	0.313	0.318	0.028	0.396
Hueso, kg	20.38	19.19	0.634	0.469
<i>Físicas:</i>				
Cuarto trasero, kg	87.41	86.22	1.169	0.863
Media canal, kg	147.50	142.44	6.610	0.599
<i>Mixtas:</i>				
Aguayón / paloma / sirloin, kg	4.20	4.06	0.065	0.253
Aleta, kg	0.99	1.07	0.062	0.232
Arrachera, kg	3.32	3.22	0.088	0.435
Bola / pulpa, kg	5.64	5.61	0.095	0.601
Brazuelito, kg	2.60	2.52	0.060	0.415
Carpelo / horcaperro, kg	1.99	2.00	0.065	0.558
Centro de paloma, kg	9.06	9.20	0.236	0.224
Copete, kg	2.06	2.06	0.040	0.331
Cuete / gusano, kg	2.47	2.46	0.044	0.127
Chambarete / plátano, kg	2.05	1.97	0.079	0.492
Chamorro, kg	1.68	1.60	0.073	0.439
Espalda / espaldilla, kg	2.23	2.22	0.043	0.560
Empuje / perro, kg	1.19	1.20	0.023	0.548
Filete, kg	3.00	3.05	0.063	0.309
Pecho, kg	3.04	3.02	0.046	0.487
Peinecillo, kg	12.06	11.72	0.225	0.609
Pescadito, kg	1.37	1.32	0.018	0.162
Recortes de chaleco, kg	1.11	1.10	0.079	0.988
Recorte de pierna, kg	1.27	1.11	0.081	0.948
Tapa de espalda, kg	1.57	1.54	0.025	0.941
Tapeiste, kg	5.35	5.54	0.191	0.422
Tapa de paloma, kg	7.00	7.08	0.149	0.217

## Discusión

La identificación de asimetrías de índole mecánica puede ser atribuible al proceso físico de la división al que se ven sujetas las canales, mientras que las relacionadas a posibles diferencias anatómicas y/o mixtas, se podrían atribuir a variaciones biológicas estructurales *per se* y/o a una combinación con el proceso manual.

La presencia, o no, de asimetrías de origen mecánico es susceptible a resultados inconsistentes por la naturaleza manual del proceso que las origina. Buttler *et al.* (1956) identificaron la existencia de asimetrías entre las mitades derechas e izquierdas, atribuidas a factores de índole mecánico, mientras que Breidenstein *et al.* (1964) reportan la ausencia de asimetrías bilaterales por este origen. Este contraste de resultados podría ser explicado por motivos primordialmente de carácter de habilidad laboral, instrumental, carga de trabajo, capacitación o una combinación de ellos. Las asimetrías originadas por este tipo de diferencias podrían considerarse factibles de controlarse con la aplicación de medidas correctivas relativas al proceso en sí.

La identificación de variabilidad de estructuras anatómicas entre el lado derecho e izquierdo de una canal está documentada en la literatura especializada. Buttler *et al.* (1956) señalan asimetrías anatómicas entre el lado izquierdo y derecho de canales de bovino para el área del ojo de la costilla; y Brungardt y Bray (1963b), para la grasa pélvica y la riñonada. En el caso de canales de cerdo, Breidenstein *et al.* (1964), así como Lasley y Kline (1957), indican tanto la existencia de simetría anatómica entre músculos del lado derecho e izquierdo, así como asimetrías entre el lado derecho e izquierdo, adjudicadas a factores mecánicos al momento de su división.

La información presentada aquí se suma al concepto de la posible existencia de asimetrías tanto de origen mecánico como anatómicas entre estructuras del lado derecho e izquierdo de canales de bovino sujetas a procesos comerciales de faenado. Dado que la práctica de evaluación de canales de bovino con fines de su determinación de calidad y, particularmente, cuando se trata de aplicación de ecuaciones de predicción de cortabilidad, las cuales están basadas, frecuentemente, en mediciones de estructuras anatómicas (Brungardt y Bray, 1963a) —tales como el área del ojo de la costilla y cantidad de grasa de la riñonada y pélvica— se realiza sobre una mitad de la canal, se propone la estandarización de un solo lado de la canal en la aplicación de la norma mexicana de clasificación de canales de bovino (NMX-FF-078-SCFI-2002).

La disponibilidad de datos concernientes al peso de piezas finales, provenientes de ambos lados de una canal con una mínima identificación de asimetrías, representan un banco de información a partir del cual se podrá —en un futuro— generar propuestas de ecuaciones de predicción de rendimientos de cortes comerciales finales (cortabilidad) de canales de bovino, concepto que robustecerá el alcance y utilidad de la norma mexicana de clasificación de canales vigente, la cual se limita a atender aspectos de calidad orgánoléptica únicamente, por la carencia de ecuaciones generadas bajo condiciones propias de nuestro mercado.

## Conclusiones

Los resultados del presente estudio corroboran la existencia de asimetrías bilaterales entre el lado izquierdo y el derecho de una canal de bovino, que pueden reconocer un origen manual al momento de su separación; o bien, anatómico o mixto, lo que abona al concepto de que estas diferencias no son consistentes y, por ende, la necesidad de establecer explícitamente en el futuro reglamento-manual de aplicación de la norma mexicana de clasificación de canales de bovino NMX-FF-078-SCFI-2020, un solo lado de la canal, con lo que se pretende reducir fuentes de variación en su eventual evaluación.

## Literatura citada

- AMSA (2001). Meat Evaluation Handbook. *American Meat Science Association*, pp. 9-14.
- AUS-MEAT (1991). *Under the hide... The Feedback Book*. Ed. Bernie Reppel. National Livestock Feedback Trials 1988, 1989, 1990. Australian Chiller Assessment. p. 13.
- Boletín Oficial (1999). "Reglamento del servicio de clasificación, certificación y acreditación de carne de ganado bovino para el estado de Sonora." *Boletín Oficial, tomo CLXIII, No. 6, Secc. 1*, enero 21, 1999.
- Breidenstein, B. C.; Kauffman, R. G.; Laplant T. y Norton, H. W. (1964). "Bilateral symmetry of the Pork Carcass." *J. Anim. Sci.* 23:1054-1056.
- Brungardt, V. H. y Bray, R. W. (1963a). "Estimate of Retail Yield of the Four Major Cuts in the Beef Carcass." *J. Anim. Sci.* 22:177-182.
- Brungardt, V. H. y Bray, R.W. (1963b). "Variation Between Sides in the Beef Carcass for Certain Wholesale and Retail Yields and Linear Carcass Measurements." *J. Anim. Sci.* 22:746-748.
- Buttler, O. D.; Garber, M. J. y Smith, R. L. (1956). "Beef carcass Composition and Yield of Wholesale Cuts as Estimated From Left and Right Sides." *J. Anim. Sci.* 15:891-895.
- Clifford, B. R. y Taylor, A. R. (2008). *Bioestadística*. Editorial Pearson Educación. México. 295 pp.
- Dolezal, H. G. y Hilton, G. G. (2005). *Meat Grading and Selection*. 13th Edition. Department of Animal Science, Oklahoma State University. Sin numeración de páginas.
- Lasley, E. L. y Kline, E. A. (1957). "Splitting and Cutting Errors in Swine Carcass Evaluation." *J. Anim. Sci.* 16:485-489.
- Manual de clasificación (Sin año). *Servicio de clasificación de ganados y carnes*. Gobierno del estado de Nuevo León. 20 pp.
- Tatum, D. (1997). *Beef Facts: Meat Science / Beef Grading*. Series No. FS/MS005. National Cattlemen´s Beef Association. USA.
- USDA (1965). *Official United States standards for grades of carcass beef*. USDA, C&MS, SRA, Washington, D. C.
- Zorrilla, R. J. M. (2009). "El esquema de integración criado- finalizador: ¿silla de tres patas?" Memorias V Simposium Internacional de la Carne SICARNE 2009. Octubre 13-14 / 2009. Cd. de México.
- Zorrilla, R. J. M.; Lomelí, O. D. A. y Carrasco, G. D. M. (2010). "Asimetría de piezas de canales de bovino faenadas en el rastro municipal de Guadalajara, Jalisco, México." *Avances en Investigación Agropecuaria*. 14(1):67-76.

Recibido: Julio 30, 2010

Aceptado: Diciembre 2, 2010

## AVANCES EN INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (AIA)

### DIRECTOR

*José Manuel Palma García*

CUIDA - Universidad de Colima

México

### CONSEJO EDITORIAL

*Agustín Orihuela Trujillo*  
*José Manuel Palma García*  
*Milagros Milera Rodríguez*  
*Janet Hummel Oliver*  
*Rafael Herrera García*

FCA- UAEM  
CUIDA - Universidad de Colima  
EEPF "Indio Hatuey"  
FMVZ - Universidad de Colima  
Instituto de Ciencia Animal

México  
México  
Cuba  
México  
Cuba

### COMITÉ EDITORIAL

*Alfonso Pescador Rubio*  
*Agustín Orihuela Trujillo*  
*Ana Luisa da Costa Cruz Borges*  
*Aníbal Fernández Mayer*  
*Aslan Díaz Castillo*  
*Carlos González Araujo*  
*Elaine Espino Barr*  
*Enrique Murgueitio Restrepo*  
*Héctor Manterola Badilla*  
*Hilda Machado Martínez*  
*Humberto Jordán Vázquez*  
*Jaime Molina Ochoa*  
*Javier Valencia Méndez*  
*Juan Avellaneda Cevallos*  
*Juan José Pascual Amorós*  
*Manuel García-Ulloa Gómez*  
*Octavio Pérez Zamora*  
*Osmel Alonso*  
*Rogério Mauricio Martins*  
*Salvador Guzmán González*  
*Tania Sánchez*

CUIDA - Universidad de Colima  
FCA - Universidad Autónoma de Morelos  
Universidad Federal Minas Gerais  
INTA Bordenave  
Instituto de Ciencia Animal  
Instituto de Producción Animal  
CRIP- Manzanillo  
CIPAV  
Universidad de Chile  
EEPF "Indio Hatuey"  
Instituto de Ciencia Animal  
FCBA - Universidad de Colima  
FMVZ - UNAM  
Instituto Tecnológico de Quevedo  
Universidad Politécnica de Valencia  
Laboratorio de Ciencias Marinas - UAG  
FCBA - Universidad de Colima  
EEPF "Indio Hatuey"  
Universidad Federal Sao Joao del Rey  
FCBA - Universidad de Colima  
EEPF "Indio Hatuey"

México  
México  
Brasil  
Argentina  
Cuba  
Venezuela  
México  
Colombia  
Chile  
Cuba  
Cuba  
México  
México  
Ecuador  
España  
México  
México  
Cuba  
Brasil  
México  
Cuba

#### Coordinadora editorial

#### Edición

#### Diseño

#### Montaje

#### Fotografía (portada)

#### Corrección de abstracts

Ma. Eugenia Rocha Zamora  
Alberto Vega  
Alma Patricia Álvarez  
Jaime Sánchez Hernández  
José Manuel Palma García: **Envés de hoja**  
Teresita Amezcua Jaeger

### REVISTA CUATRIMESTRAL DE INVESTIGACIÓN Y DIFUSIÓN CIENTÍFICA AGROPECUARIA

(ISSN 0188-7890). Tiraje: 200 ejemplares.

**Avances en Investigación Agropecuaria** es una revista académica de nivel internacional enfocada a la publicación de artículos originales arbitrados de tipo científico en el área agrícola, pecuaria, forestal, acuícola y pesquera, editada por la Universidad de Colima. Sus objetivos: apoyar, enriquecer, hacer efectivos y eficientes los procesos productivos agropecuarios, con el mantenimiento de un justo balance entre la conservación, la creciente demanda de alimentos, las exigencias del consumidor y la rentabilidad de la actividad primaria; a través de opciones de difusión de la investigación generada en la región, en México y otros países con problemáticas afines, con énfasis en ambientes tropicales (aunque se aceptan trabajos de otras latitudes).

Indizada en las bases de datos:

- EBSCO (sección "Fuente académica").
- PERIÓDICA: <http://dgb.unam.mx/periodica.html>
- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA: [www.citichile.cl/b2c.htm](http://www.citichile.cl/b2c.htm)
- GALE CENGAGE LEARNING: [www.gale-la.com](http://www.gale-la.com)
- LATINDEX: [www.latindex.org](http://www.latindex.org)
- REDALyC: [www.redalyc.org](http://www.redalyc.org)
- REDZOOT: [www.uco.es/redzoot/](http://www.uco.es/redzoot/)

Los artículos aquí publicados han sido cedidos por sus autores para su reproducción editorial y la información que contienen es responsabilidad exclusiva de los propios investigadores.

Certificado de licitud de títulos y de contenido, en trámite. Reserva de derechos de autor en trámite.

Prohibida la reproducción total o parcial mediante cualquier método sin la previa autorización de la casa editora.

#### Correspondencia al Editor o artículos a consideración del Comité Editorial, dirigirse a:

Ma. Eugenia Rocha Zamora: [revaia@uclm.mx](mailto:revaia@uclm.mx) / [aiagropecuarias@yahoo.com.mx](mailto:aiagropecuarias@yahoo.com.mx)

José Manuel Palma García: [palma@uclm.mx](mailto:palma@uclm.mx)

Av. Gonzalo de Sandoval No. 444. Col. Las Viboras, Colima, Col. C. P. 28045 (México)

Tel. (312) 3 16 10 00 Ext. 400 11 Fax: (312) 3 12 75 81 A. P. No. 22 Colima, Col. (México). <http://www.uclm.mx/revaia>

© 2011. Universidad de Colima

Av. Universidad No. 333, Colima, Col., (28040), México.

Dirección General de Publicaciones: [publicac@uclm.mx](mailto:publicac@uclm.mx) / Tels. (312) 31 6 10 81 y 31 6 10 00, Ext. 35004

Comercializadora U. de C.; [comerci@uclm.mx](mailto:comerci@uclm.mx) Tel. (312) 31 3 84 84