

Carta del editor

Después de prácticamente seis años de ausencia, por fin volvemos a editar la revista Avances en Investigación Agropecuaria (AIA). Con esta segunda época queremos cumplir con aquellos colegas que creyeron en este proyecto; asimismo, invitar nuevamente a todos los interesados en contribuir con esta publicación cuatrimestral, que nació con el objetivo de difundir los trabajos de investigación del área agropecuaria, particularmente la del trópico, aunque igualmente son aceptados los artículos generados en otras latitudes.

Diversos motivos dieron origen a esta ausencia de publicar nuestra revista, momentos de contradicción se generaron en muchos de nosotros por ver interrumpido un proyecto académico de esta envergadura, sin embargo, gracias al entusiasmo de varios de nosotros y con el apoyo económico del Posgrado Interinstitucional de Ciencias Pecuarias de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia así como del Posgrado en Biotecnología de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, ambas de la Universidad de Colima, a través del Programa Integral de Fortalecimiento del Posgrado PIFI (SEP-CONACYT), podemos dar continuidad a este proyecto editorial comprometido con los alcances recientes en la agricultura y ganadería.

Nuestro propósito fundamental es crear las condiciones necesarias para trascender en la difusión de la ciencia agropecuaria. Al crear un espacio para la publicación de artículos científicos que sean evaluados por compañeros de reconocido prestigio científico, aspiramos a generar una revista con los mejores estándares y con ello, pretendemos ingresar a los índices internacionales; para lograrlo necesitamos calidad y consistencia. Calidad, por la relevancia de los trabajos expuestos y todo el proceso que conlleva hasta su publicación; y consistencia, para tener la revista a tiempo para su publicación y mantenerla como un proyecto perdurable.

Iniciamos una nueva época emocionados por circular otra vez, comprometidos con todos aquellos que apoyan esta propuesta y con la firme intención de que esta renovación sea el punto de partida de la revista Avances en Investigación Agropecuaria (AIA). Asimismo, optimistas por considerar que la colaboración de todos (editor, autores, investigadores, árbitros y colaboradores en general) ha sido decisiva en la etapa inicial y esperemos se mantenga en este segundo periodo, para hacer una revista de relevancia.

José Manuel Palma García

Editor en Jefe, Revista AIA

Producción de leche en sistemas de pastoreo bio-sostenibles y/o bio-diversos

Milk production in a biosustainable and/or biodiverse pasturing system

Milera, M.; Machado, H.; López, O.; Sánchez, T. y Sánchez, S.

Estación Experimental de Pastos y Forrajes «Indio Hatuey»
Central España Republicana, CP 44280. Matanzas, Cuba.
Correo electrónico: mmilera@indio.atenas.inf.cu

Resumen

Se presentan resultados de diferentes sistemas de producción en los cuales se emplean plantas perennes leñosas como una vía para desarrollar la reforestación y con ella contribuir a recuperar la fertilidad del suelo, el hábitat de la fauna silvestre y la producción animal a través del pastoreo-ramoneo. Una de las características de las leguminosas arbustivas y arbóreas es su alto valor nutritivo. Los contenidos de proteína del follaje fluctuaron entre 11.6 y 24.9% y con excepción de *Bauhinia* todas estuvieron por encima del 20%. La digestibilidad de la materia orgánica (DMO), por su parte, estuvo en el rango 50.7-77.1%, con el mejor resultado en la morera y el peor en la *Erythrina*. Los resultados alcanzados con las medianas densidades de arbóreas sobrepasan los 8 litros de leche por animal diariamente sin el empleo de riego ni agroquímicos, manejadas con animales mestizos del cruce Holstein-Cebú. La condición corporal se mantuvo con valores entre 3.2 y 3.3 desde el parto hasta los 240 días de lactancia, sin que se encontraran diferencias entre épocas. El hematocrito se caracterizó por tener valores entre 28.8 y 29.7 g/L durante el año; sin embargo, en el análisis por categorías productivas se encontró que las novillas a los 8

Abstract

This work presents results from different production systems in which perennial ligneous plants are used as a way to develop reforestation, and, thus, to contribute to recover soil fertility, the habitat of the wild fauna and animal production, through grazing-browsing. One characteristic of tree and shrub legumes is their high nutritive value. Protein contents of the foliage ranged from 11.6 to 24.9% and except *Bauhinia* all the species were above 20%. Organic matter digestibility (OMD), was 50.7-77.1%, with the best result in mulberry, and the lowest percentage in *Erythrina*. The results reached with the medium tree densities are higher than 8 liters of milk per animal per day without irrigation or agrochemical products, managed with Holstein-Zebu animals. Body condition maintained values between 3.2 and 3.3 after parturition until 240 days of lactation, and no differences were found between seasons. The hematocrit was characterized by values between 28.8 and 29.7 g/l during the year; however, in the analysis per productive categories, 8-month-pregnant heifers were found to have a higher value (30.9 g/l) than the one shown by the problem cows (27.3 g/l). The systems with high shrub density and rational management stood a high grazing pressure and had productions higher than 8 l/cow

meses de gestación tuvieron un valor superior (30.9 g/L) al que presentaron las vacas problemáticas (27.3 g/L). Los sistemas con alta densidad de arbustivas y manejo racional soportaron una alta presión de pastoreo y se alcanzaron producciones superiores a los 8 litros/vaca sin amamantamiento del ternero. Todo parece indicar que la limitante fundamental en estos sistemas es la energía. Para la extensión de los resultados se efectuaron estudios socioeconómicos en un municipio ganadero con el objetivo de movilizar la creatividad y desarrollar un sistema eficaz de capacitación para los productores, que contribuyera al entendimiento mutuo, con vistas a propiciar el desarrollo sostenible en las explotaciones ganaderas. Para ello se utilizó la metodología MARPS (Mapeo Analítico, Reflexivo y Participativo de la Sostenibilidad). En los resultados se observa que el nivel de sostenibilidad del municipio analizado se encuentra en valores intermedios; en los aspectos sociales, relacionados con la base productiva (empleo, ingresos, nivel de vida), los niveles son bajos con relación a los encontrados en Cuba, y aquellos relacionados con la salud, la educación y la organización social tienen estándares muy elevados. La tecnología de utilización de plantas perennes leñosas en las zonas ganaderas contribuyó a mejorar los niveles de producción; no obstante, para el éxito de su adopción es necesaria la aplicación de métodos y herramientas que permitan ejecutar estrategias de desarrollo sostenible de forma participativa.

Palabras clave

Sostenible, producción lechera, bovinos, sistemas de pastoreo.

without calf lactation. Everything seems to indicate that the main limitation of these systems is energy. For the extension of the results, socioeconomic studies were performed in a cattle raising municipality with the objective of mobilizing creativity and developing an efficacious system for producers, which would contribute to mutual understanding as well as promoting the efficacious and efficient use of resources, in order to propitiate sustainable development in cattle exploitation. For this the MARPS methodology (Analytical, Reflexive, and Participatory Mapping of Sustainability) elaborated by the International Union for the Protection of Nature was used. In the results, the sustainability level of the municipality analyzed is observed to be in intermediate levels, in the aspects related to the productive base (employment, income, standard of living), speaking in social terms, the levels are low compared to the ones found in Cuba, and the aspects related to health, education and social organization have high standards. The technology of using perennial woody plants in cattle raising areas contributed to improve production levels; however, for its successful adoption it is necessary to apply approaches and tools which allow to implement strategies of sustainable development in a participatory manner.

Key words

Sustainability, milk production, cattle, grazing systems.

Introducción

Las áreas dedicadas a la ganadería en el trópico han sufrido una significativa disminución de su cubierta de árboles y arbustos, debido a los efectos de la tala, la quema, la aplicación de herbicidas, las actividades agropecuarias en zonas no idóneas y la introducción de especies mejoradas de gramíneas para sistemas de explotación, que se han convertido en una tragedia para el medio ambiente. Cuba contaba en el momento de su descubrimiento con el 95% de los árboles y arbustos y en 1959 sólo quedaba el 14%, debido a las tecnologías empleadas para la ganadería y la agroindustria.

Las praderas con pastos cultivados (monocultivos) requieren de un manejo cuidadoso para evitar la despoblación y de un conjunto de insumos que la actual crisis económica no nos permite adquirir; la productividad de las áreas extensivas con praderas nativas es baja y conduce al deterioro, debido a la ausencia de técnicas para controlar la erosión. Por otra parte, los beneficios no han sido para la población rural, sino en sectores privilegiados de la población urbana.

Lamentablemente se pierde la biodiversidad. No obstante, esta situación puede revertirse pues se dispone de los recursos más importantes para su recuperación: el recurso humano, la energía solar, la temperatura, la humedad y una riqueza de especies nativas y arbustivas que, manejadas en sistemas agroforestales, ofrecen una alternativa sostenible para aumentar la producción animal con una dependencia menor de insumos externos.

En Cuba se dispone de sistemas basados en el uso de árboles y pastos mejorados que se han introducido en más de 20,000 hectáreas; no obstante, el concepto de extensión es más amplio que el de transferencia tecnológica, pues ésta sólo figura como un componente del sistema, ya que el proceso incluye numerosos aspectos del desarrollo rural, abarcando no sólo elementos productivos, sino también el trabajo en las comunidades rurales y la implicación de toda la población en la autogestión de su propio desarrollo. Estamos necesitando de una nueva concepción de trabajo, orientada más al hombre y menos a la tecnología, capaz de promover cambios al elevar sus potencialidades y capacidades latentes, para aprovechar plenamente los recursos a su alcance y lograr una mayor autosuficiencia con una menor dependencia de servicios externos [FAO, 1987; Martín, 1999].

En este artículo se presenta un conjunto de resultados de las investigaciones desarrolladas en Cuba en sistemas agroforestales, en las cuales se utilizaron especies arbustivas de interés forrajero para la alimentación de rumiantes, así como las principales tendencias registradas en las evaluaciones socioeconómicas y ambientales en las zonas rurales ganaderas.

Valor nutritivo de especies arbustivas y arbóreas

Para la determinación del valor nutritivo el follaje fue cosechado en áreas establecidas sin riego ni fertilización y se suministró *ad libitum* dos veces al día a ovinos de 35-40 kg en jaulas de metabolismo de manera individual (Cuadro 1), según la metodología de Cáceres y González [2000].

Cuadro 1. Contenido de nutrientes en especies evaluadas (adaptado de González y Cáceres, 2002).

ESPECIES	PB	DMO	DPB	PBD	EM	CONSUMO g/kg de P ^{0.75}
Albizia	24.3	62.5	77.9	188.9	8.9	52.9
Amapola	21.8	65.6	65.0	141.7	10.1	62.6
Aralia	19.5	68.4	74.7	153.1	10.1	72.5
Bauhinia	11.6	55.8	55.2	65.2	8.0	67.8
Eryhrina	25.1	50.5	57.6	144.6	8.6	68.6
Erythrina	24.9	51.6	58.1	142.2	8.5	65.7
Gliricidia	24.7	62.5	54.4	134.0	9.2	59.7
Leucaena	21.4	60.7	64.6	139.4	8.9	55.9
Leucaena	23.1	63.7	64.8	149.4	8.9	58.6
Morera	22.9	77.4	73.1	167.5	10.1	82.7
Marpacífico	20.1	73.8	59.9	120.4	10.0	85.3

Los contenidos de proteína bruta (PB) del follaje fluctuaron entre 11.6% (*Bauhinia*) y 24.9% (*Erythrina*), con excepción de la primera todas estuvieron por encima del 20%. La digestibilidad de la materia orgánica (DMO), por su parte, estuvo en el rango 50.5–77.1 %, con el mejor resultado en la morera y el peor para la *Erythrina*. Es válido tener en cuenta este importante indicador en el momento de seleccionar la especie para un determinado proceso productivo, debido a su significado desde el punto de vista nutricional, ya que los altos niveles de DMO, por lo general, representan un mejor uso de los constituyentes del forraje en cuestión. En el caso de la digestibilidad de la proteína bruta (DPB), *Gliricidia* fue la de menor valor (54.4) y *Albizia* la de mayor valor (77.9%); sin embargo, en la proteína bruta digestible (PBD) se observaron, en sentido general, variaciones importantes (65.2–188.9 g/kg de MS). El peor resultado fue el registrado en *Bauhinia*, pues en el resto de las especies superaron los 134 g/kg de MS.

Los contenidos de energía metabolizable (EM) resultaron bajos para *Bauhinia* (8.0); sin embargo, amapola, aralia y morera ocuparon el primer lugar (10.1 Mj/kg de MS). El consumo voluntario fluctuó en los rangos de 52.9–82.7 g/kg P^{0.75}, con el mejor valor para marpacífico y morera (85.3 y 82.7 g/kg P^{0.75}) y el peor para albizia (52.9 g/kg P^{0.75}).

Aunque existen diferencias apreciables en el valor nutritivo de las especies estudiadas, éstas pueden constituir una importante fuente alternativa para la alimentación de los rumiantes por su alto contenido de PB y nunca deben utilizarse como único

alimento, sino como suplemento en dietas cuyos alimentos base posean un mayor contenido energético para evitar un desbalance.

Utilización de plantas leñosas para la producción de leche vacuna

Existen diferentes clasificaciones de los sistemas silvo-pastoriles [Ibrahim *et al.*, 1998; Botero y Russo, 1999; Sánchez, 1999]; en Cuba se utiliza este término para los sistemas que emplean el banco de proteína, la asociación de árboles y pastos, el pastoreo en plantaciones forestales y frutales, así como las cercas vivas.

Sistemas de pastoreo-ramoneo. Empleo del banco de proteína

En Cuba, al emplear los bancos de proteína con pastoreo directo de los animales, se han alcanzado producciones de leche de 9 a 10 kg/vaca/día, con el uso de fertilizantes en el área de la gramínea y sin riego [Milera *et al.*, 1994]. Cuando no se empleó fertilizantes químicos se produjo una disminución en los rendimientos de MS y en la calidad del alimento, y una menor producción láctea (3-5 kg/vaca/día). Además, hubo un efecto negativo en la reproducción, pues se incrementaron las vacas vacías, debido al bajo contenido de PB de los pastos.

No obstante, el empleo de árboles leguminosos en sólo el 20-30% del área total en explotación (bancos de proteína) reduce sus ventajas a una parte del área de la lechería, al compararlo con los sistemas de pastoreo-ramoneo asociados en toda el área.

Sistemas con la asociación árboles-pastos utilizando densidades medias de arbustivas

En una lechería comercial se evaluó el empleo de un sistema silvo-pastoril compuesto por las gramíneas *Panicum maximum* y *Cynodon nlemfuensis* establecidas en un suelo Pardo con carbonatos, asociadas a *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham, sembrada con una densidad media de 10,000 plantas por hectárea.

Los animales empleados fueron mestizos, $\frac{3}{4}$ Holstein x $\frac{1}{4}$ Cebú de primera lactancia, y se evaluó, durante 3 años, sin la aplicación de riego ni fertilizantes químicos.

No se detectaron diferencias en la composición química entre las épocas del año para ninguna de las dos especies. Por su parte, las gramíneas presentaron niveles de proteína entre 9.5 y 10%, similares a los obtenidos cuando se aplican niveles medios de fertilización. La disponibilidad de materia seca total fue superior a la 3 t/ha/rotación durante los tres años que duró la explotación. La composición botánica del pastizal se caracterizó por un 70% de pastos mejorados, con predominio del *Cynodon nlemfuensis* ($P < 0.001$); mientras que *L. leucocephala* incrementó su grosor y altura como signo de adaptación a las condiciones del sistema. Las mayores producciones de leche (10 kg/vaca/día) fueron en el bimestre de producción julio-agosto, pero sin diferencias significativas entre las épocas del año; mientras que la curva de lactancia tuvo

un ajuste altamente significativo ($P < 0.01$). Por su parte, se obtuvo una producción de leche individual en el primer año, superior a la alcanzada en los dos años restantes y con diferencias significativas para $P < 0.05$ (9.6; 8.7 y 8.6 kg/vaca/día para el primer, segundo y tercer año, respectivamente); mientras que la producción total acumulada tuvo un comportamiento contrario, debido al incremento de la carga en el sistema a partir del segundo año (1-1.5 vacas/ha) [Sánchez, 2002].

En esta misma área se caracterizó el comportamiento productivo y reproductivo de las vacas según la época de entrada de éstas al sistema.

La condición corporal de las hembras en el momento de la entrada al silvo-pastoreo fue de 3 y se mantuvo con un valor entre 3.2 y 3.3, desde el parto hasta los 240 días de lactancia, sin que se encontraran diferencias entre épocas. Las hembras que entraron al sistema en seca tuvieron un intervalo parto-inseminación (IPS) significativamente menor ($P < 0.05$) a las que entraron en lluvia (107 vs 139 días, respectivamente). Sin embargo, el intervalo parto-gestación (IPG) fue similar para ambas épocas de entrada (152-167); mientras que el número de servicios por gestación fue significativamente inferior ($P < 0.01$) para las hembras que entraron al silvo-pastoreo en lluvia (1.38) con respecto a las que lo hicieron en seca (1.75). El hematocrito se caracterizó por tener valores en las vacas entre 28.8 y 29.7 g/L durante el año; sin embargo, en el análisis por categorías productivas se encontró que las novillas a los 8 meses de gestación tuvieron un valor superior (30.9 g/L) al que presentaron las «vacas problema» (27.3 g/L) ($P < 0.05$). La urea sanguínea presentó valores elevados que estuvieron por encima de 20 mg/dl para todas las categorías productivas, que pueden ser la causa de los altos contenidos de proteína de la leguminosa arbustiva y de la dieta [López, 2002].

Sistemas con bio-diversidad de especies y alta densidad de arbustivas

El área utilizada fue establecida desde 1991 con una asociación múltiple en la que se emplearon las siguientes especies: *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham, *Stylosanthes guianensis* cv. CIAT-184, *Neonotonia wightii* cv. Tinaroo, *Teramnus labialis* cv. Semilla Clara, *Centrosema pubescens* cv. SIH-129, *Panicum maximum* (una mezcla de los cvs. Likoni y SHI-127) y *Chloris gayana*.

La proporción gramínea-leguminosas rastreras al iniciar la prueba era superior a 50:50 a favor de las leguminosas y la leucaena estaba dispuesta en doble surco con una densidad de 30,000 plantas/ha. Cuando el área se estabilizó, las leguminosas-gramíneas alcanzaron una proporción 50:50 y la densidad de leucaena fue superior a 25,000 plantas/ha.

Para realizar el estudio se ubicaron en el área tres tratamientos experimentales: A) alto nivel de explotación (25 kg MS/animal/día); B) nivel medio de explotación (43 kg MS/animal/día) y C) bajo nivel de explotación (66 kg MS/animal/día), los cuales se aleatorizaron en el área establecida, según un diseño de bloques al azar con tres réplicas. Cada tratamiento se dividió en 42 cuartones con cercado eléctrico.

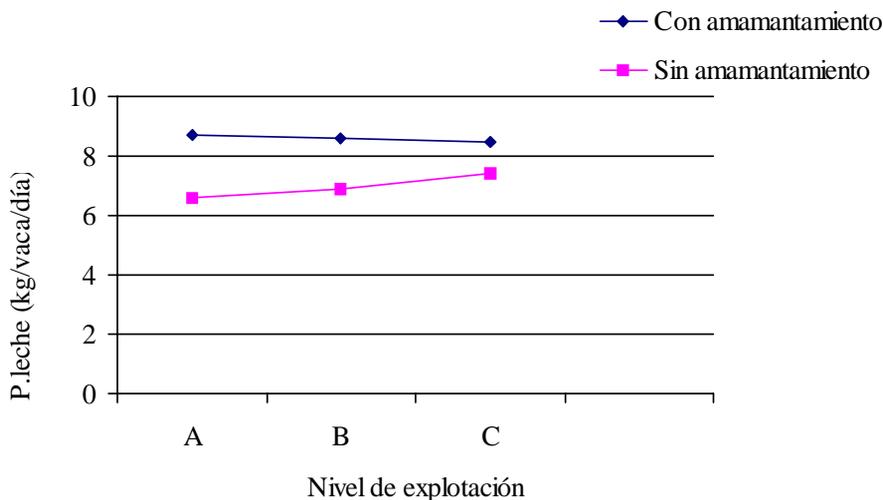
El comportamiento de la disponibilidad de MS que aportó el sistema mantuvo valores en el periodo de escasas precipitaciones de 4.5 t MS/ha y como promedio anual de 5.7 t de MS/ha (con un 38-39% registrado en sequía), lo que confirma el potencial de producción de biomasa, y se registró una fauna edáfica superior en cantidad y diversidad de especies a la encontrada en los sistemas con gramíneas.

La calidad del pasto siguió un comportamiento estacional, de acuerdo con lo que se esperaba. La guinea Likoni, que fue la gramínea predominante, siempre mantuvo un nivel de 10% ó más de PB y mostró un comportamiento muy interesante en este sistema, principalmente en dos aspectos: la caída de la PB disminuyó menos con la edad del rebrote y el periodo de madurez se prolongó, manteniendo a la edad de 60 días de rebrote un forraje más tierno y fresco, un nivel de FB de 30% como máximo, una macolla menos lignificada y más penetrable y los tallos menos fibrosos en su base.

El manejo fue flexible estacionalmente, ya que la disponibilidad de MS/ha presentó mayores valores en primavera que en seca. La carga fue menor en el periodo poco lluvioso y esto fue debido a que se mantuvo el mismo número de animales, pero con un ciclo de rotación más largo. Los niveles de carga global que se alcanzaron en la lluvia y promedio anual fueron altos, comparados con los que comúnmente se informan en la literatura cuando se explotan asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales, sobre todo los logrados en los tratamientos A y B.

En la producción de leche se observaron diferencias significativas entre tratamientos y presentó buena estabilidad en lluvia y seca; las vacas que amamantaron su cría se acercaron bastante, ya que los terneros se desarrollaron sin problemas mientras estuvieron lactando, y debieron consumir no menos de 2-2.5 kg de leche/día, que no fueron registrados en la producción (Gráfica 1).

Gráfica1. Producción de leche



En las dietas consumidas se constató la importancia de las leguminosas en el alimento ingerido al sobrepasar ampliamente el 50% de las leguminosas totales. Esto debe haber contribuido notablemente a suplir los requerimientos nutricionales para los niveles de producción de leche alcanzados, considerando que al ofrecer dietas de alta diversidad, muy ricas en leguminosas, las vacas tuvieron la posibilidad de seleccionar las mejor balanceadas.

Introducción de los sistemas en las empresas cubanas

El proceso de introducción de los sistemas silvo-pastoriles en las empresas pecuarias se inició en la década del 90 y aunque existen hoy más de 20,000 ha con estos sistemas, la estrategia inicial fue la de transferir la tecnología sin considerar los elementos sociales y psicológicos, debido a lo cual, a pesar de la dedicación y el trabajo de los centros científicos, no se ha logrado alcanzar las tasas de adopción previstas.

El extensionista es visto como el responsable de transferir y/o llevar al productor los conocimientos y las nuevas tecnologías propuestas por los centros de investigación y éste es el que debe «adoptar» dicha tecnología, de ahí que al proceso se le denomine transferencia; sin embargo, esta concepción reduccionista deberá modificarse en aras de la multidisciplinariedad, así como el trabajo en equipo que logre involucrar a todos los sectores de la comunidad [Machado, 2001].

En la Consulta Mundial sobre Extensión Agraria, celebrada en Roma en 1989, se llegó al consenso de que la extensión debe ser considerada como un servicio con fines múltiples y de asesoramiento educacional y técnico, destinado a lograr un desarrollo agrícola y rural de amplia base, donde la transferencia de tecnología es apenas un componente del sistema.

En 1996 se creó en la EEPF «Indio Hatuey» el programa de Socioeconomía y Gestión Empresarial, con el objetivo de valorar los aspectos socioeconómicos y ambientales que influyen en el desarrollo rural en zonas ganaderas, ya que hasta ese momento sólo se consideraban los aspectos tecnológicos. El equipo de trabajo estaba integrado por diferentes especialistas: agrónomos, zootecnistas, economistas, contador, sociólogo, psicólogo e ingeniero industrial.

La elaboración e implementación de estrategias de desarrollo sostenible, de forma participativa, constituye un primer paso para priorizar acciones de desarrollo coherentes entre sí [Gallo *et al.*, 2000] y requiere de herramientas necesarias para el monitoreo de los impactos que deben producir las acciones propuestas. Por tanto, se deben establecer los instrumentos para priorizar los objetivos de desarrollo, así como la base para el seguimiento y la evaluación de las acciones y estrategias propuestas, por lo que fue necesario buscar y aplicar las metodologías participativas al respecto.

Los primeros trabajos desarrollados por el programa se ejecutaron en un municipio ganadero con el objetivo de movilizar la creatividad, desarrollar un sistema eficaz de capacitación para los productores, contribuir al entendimiento mutuo, así como promover el uso eficaz y eficiente de los recursos para propiciar el desarrollo sostenible en las explotaciones ganaderas.

Para esto se utilizó la metodología MARPS (Mapeo Analítico, Reflexivo y Participativo de la Sostenibilidad) elaborada por la Unión Internacional para el Cuidado de la Naturaleza [UICN, 1997]. Se aplicó esta metodología por su idoneidad para que las personas dispongan de una valiosa herramienta para priorizar las acciones de desarrollo después de capacitarse adecuadamente para ello.

Aplicación de MARPS a nivel municipal

Para el trabajo en el municipio se aplicaron los resultados de la validación de la metodología MARPS realizada por Gallo *et al.* [2000]; no obstante, se hicieron las adaptaciones necesarias a nuestras condiciones.

1) Definición del marco global, formulando respuestas consensuadas a las siguientes preguntas:

- ¿Qué queremos evaluar?
- ¿Qué se pretende lograr con la evaluación?
- ¿Quién va a utilizar los resultados de la evaluación?
- ¿Quién va a hacer la evaluación?

- 2) Definición del sistema a evaluar y sus límites
- 3) Definición de los niveles de complejidad
- 4) Definición de la visión de futuro
- 5) Definición de la estructura de evaluación
- 6) Estimación de los indicadores y definición de la escala de desempeño
- 7) Agregación de los índices de los indicadores y variables y agregación de una ponderación

8) Definición de juicio sobre el estado/evolución del sistema en sus dimensiones y en su totalidad

9) Toma de decisiones

Con los indicadores dispersos es difícil hacerse una idea global de la situación del municipio, pero cuando éstos se agrupan por variables es posible observar claramente que un grupo de variables del municipio, tanto sociales como económicas y ambientales, se encuentran en niveles muy bajos de sostenibilidad y algunas incluso en niveles insostenibles. Las variables referidas a la base productiva, en general, fueron las más desfavorables, por lo que cualquier estrategia municipal que no haga el mayor énfasis en la recuperación de este aspecto será inútil.

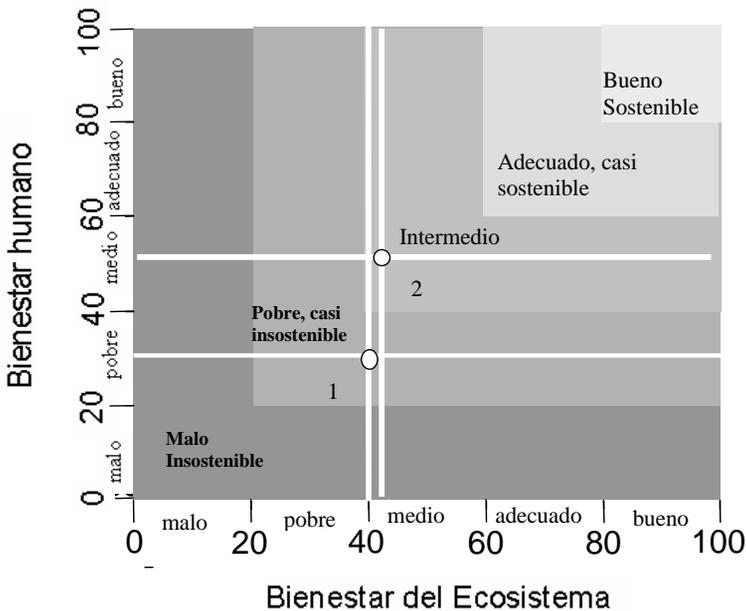
En cuanto a las variables ambientales, el aspecto más crítico es la contaminación del humedal por desechos industriales y la zona costera en general, lo que ha afectado la flora y la fauna; el bajo uso de medios biológicos y de sistemas silvo-pastoriles, el nivel de deterioro de la faja hidro-reguladora por la deforestación y el deterioro del ecosistema costero, son aspectos que también se sitúan en niveles insostenibles.

El nivel de sostenibilidad del municipio analizado se encuentra en valores intermedios y se observa, de forma general, que los aspectos relacionados con la base productiva (empleo, ingresos, nivel de vida), en lo referente a lo social, se encuentran en niveles relativamente bajos para los estándares de Cuba, y aquellos relacionados con la

salud, la educación y la organización social tienen estándares muy elevados. Las estrategias, entonces, deben ir encaminadas a dar solución a los aspectos que están afectando la vida cotidiana de la gente.

En el barómetro de la sostenibilidad (Figura 1) puede verse que el municipio, como cualquier otro territorio del país, posee una gran fortaleza en el nivel de organización social y de conocimientos, lo cual eleva considerablemente su nivel de sostenibilidad socioeconómica; sin embargo, se obtienen niveles que serán insostenibles a largo plazo si no se resuelven los problemas referentes a la base productiva, la cual en municipios agrícolas (como el estudiado) tiene una estrecha relación con la utilización de tecnologías conservacionistas del ambiente, que son las que, además, se adaptan a las condiciones económicas del país.

Figura 1. Barómetro de la sostenibilidad. (1) Estimación antes de la evaluación por indicadores (2) evaluación por indicadores.





Consideraciones finales

- Los estudios del germoplasma de plantas perennes leñosas permiten conocer su aceptabilidad, valor nutritivo y otras características para su utilización en la alimentación de los rumiantes.
- En los sistemas silvo-pastoriles con bancos de proteína y moderadas dosis de fertilización en las gramíneas, es posible alcanzar producciones de 10 litros de leche en vacas mestizas.
- Con densidades medias de arbustivas asociadas a gramíneas sin la aplicación de riego ni fertilizantes en el sistema de pastoreo–ramoneo, se pueden lograr producciones de más de 8 litros/vaca/día en vacas mestizas con una condición corporal entre 3 y 3.5 y un estado reproductivo satisfactorio.
- El empleo de la multiasociación de especies con alta densidad de arbóreas alcanzó producciones de más de 8 litros/vaca/día y permitió la intensificación del sistema con una carga de más 3 vacas/ha y una disponibilidad de biomasa superior a las 5 t de MS/ha/rotación, con una buena persistencia y estabilidad de las especies empleadas.
- La tecnología de utilización de plantas perennes leñosas en las zonas ganaderas contribuyó a mejorar los niveles de producción; no obstante, para el éxito de su adopción es necesaria la aplicación de métodos y herramientas que permitan ejecutar estrategias de desarrollo sostenible de forma participativa.
- Son pocas las especies y géneros de leñosas estudiados en los sistemas de producción, por lo que es necesario continuar estudios con las que posean características

forrajeras en asociación con otras leñosas (diferentes estratos) en pastoreo-ramoneo.

Literatura citada

- Botero, R. y Russo, R. V. 1999. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. (Eds. M. D. Sánchez y M. M. Rosales). FAO, Roma.
- Cáceres, O. y González, E. 2000. Metodología para la determinación del valor nutritivo de los forrajes tropicales. Pastos y Forrajes. 23:87.
- FAO. 1987. La extensión rural y el desarrollo del agro: una alternativa pragmática para una situación de crisis. Santiago de Chile. 54 p.
- Gallo, M.; Ammour, T.; Paniagua, C. e Imbach, A. 2000. Validación de una metodología de monitoreo y evaluación para fortalecer la estrategia participativa de desarrollo del Estero Real de Nicaragua. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- González, E. y Cáceres, O. 2002. Valor nutritivo de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes. Pastos y Forrajes. 25:15.
- Hernández, D.; Carballo, M.; Reyes, F. y Mendoza, C. 1998. *Explotación de un sistema silvo-pastoril multisociado para la producción de leche*. Memorias. III Taller Internacional Silvo-pastoril «Los árboles y arbustos en la ganadería». EEPF «Indio Hatuey». Matanzas, Cuba. p. 214.
- Ibrahim, M.; Camero, A.; Pozo, D. y Esquivel, J. 1998. *Sistemas silvo-pastoriles*. En: Apuntes de clases. Curso corto. Sistemas Agroforestales. (Eds. F. Jiménez y A. Vargas). CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 289.
- Instituto de Ecología y Sistemática. 1999. *Cuba y sus árboles*. (Eds. María Zulueta y H. Moreno). Editorial Academia, Cuba. 214 p.
- López, O. 2002. *Caracterización del comportamiento productivo y reproductivo de vacas Mambí de primera lactancia en un sistema silvopastoril*. Tesis presentada en opción al título de M. Sc. en Pastos y Forrajes. EEPF «Indio Hatuey». Matanzas, Cuba. 85 p.
- Machado, H. 2001. Evaluación socio-sicológica, técnico-productiva, económico-financiera y ambiental de la franja Martí-Perico y sus alternativas de desarrollo participativo. Informe final. Programa Socioeconomía. EEPF «Indio Hatuey». Matanzas. Cuba. 130 p.
- Martín, L. 1999. *Efectos económicos y sociales en los foros ecológicos*. Agricultura Orgánica. 5(2): 37.
- Milera, M.; Iglesias, J.; Remy, V. y Cabrera, N. 1994. *Empleo del banco de proteína de Leucaena leucocephala cv. Perú para la producción de leche*. Pastos y Forrajes. 17:73.
- Sánchez, M. 1999. *Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en América Latina Tropical*. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. (Eds. M. D. Sánchez y M. M. Rosales). FAO, Roma. p. 1.
- Sánchez, T. 2002. *Evaluación de un sistema silvo-pastoril con hembras Mambí de primera lactancia bajo condiciones comerciales*. Tesis presentada en opción al título de MSc. en Pastos y Forrajes EEPF «Indio Hatuey». Matanzas. Cuba. 91 p.
- UICN. 1997. Unión Mundial para la Naturaleza. Un enfoque para la evaluación del progreso hacia la sostenibilidad. Serie Herramientas y Capacitación. IDRC-CRDI, Canadá.

Estudio del comportamiento productivo y producción de semilla de la *Avena sativa* L. cv «Bentland» con diferentes dosis de nitrógeno

Study of behaviour and production of seed of *Avena sativa* L. cv «Bentland» with varying amounts of nitrogen

Ramos, N. y Curbelo, F.

Instituto de Ciencia Animal (ICA); San José de las Lajas, La Habana, Cuba.
Correo electrónico: ica@ceniai.inf.cu

Resumen

En un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas, se estudió el comportamiento de la producción de MS y semilla de *Avena sativa* L. cv «Bentland» procedente de Alemania, bajo el efecto de las dosis de N (0, 50, 100, 150 y 200 kg/ha), sembrada en el mes de octubre en Cuba sobre un suelo ferralítico rojo típico. La altura de la planta se incrementó de 29.9 a 43.3 cm con las dosis de N en el primer corte y disminuyó en los cortes sucesivos. La altura máxima de la planta para la producción de semilla fue de 110.0 cm para 200 kg de N. El porcentaje de MS disminuyó con el incremento de N con mayores valores de los cortes 2 y 3. La densidad aparente fue mayor con las dosis intermedias de N, mientras que el contenido de PB aumentó con el N. El máximo rendimiento de PB fue de 4.37 t/ha para 200 kg de N. Los contenidos de P, K, Ca y Mg no se afectaron con las dosis de N. El ancho y largo de las hojas se incrementaron de 0.45 a 0.64 y de 19.2 a 38.6 cm respectivamente, así como el número de hijos. La aplicación de N incrementó el número, el peso y la cantidad de semillas llenas por espigas. La producción de semillas varió de 99.5 a 2 176.1 kg/ha por el efecto del N. Se concluye que la producción de

Abstract

In a study of the behaviour of *Avena sativa* L. cv «Bentland» source of Germany in the production of DM and seed, a Random Block Design with 4 repetitions, was used. Planting was during the month of October in Cuba, in typical red ferralitic soil and under the effect of various amounts of N (0, 50, 100, 150 and 200 kg/ha). Plant height increased from 29.9 to 43.3 cm with the amount of N in the first cut and decreases in the subsequent cuts. The maximum height of the plant for the production of seed was 110.0 cm for 200 kg of N. The % of DM decreases with the increase of N with the best results for cuts 2 and 3. The apparent density was best with the intermediate amounts of N, while the CP content increases with N. The maximum yield of CP was 4.37 t/ha for 200 kg of N. The amount of N did not affect the content of P, K, Ca and Mg. The width and length of the leaf increased from 0.45 to 0.64 and from 19.2 to 38.6 cm respectively, as well as the number of offsprings. The application of N increased the number, weight and amount of seed on each ear. Seed production varied from 99.5 to 2 176.1 kg/ha due to the effect of N. It was concluded that the production of DM and seed in this species is favoured by the application of between 150 and

MS y de semillas de esta especie es más favorable con la aplicación de dosis de N entre 150 y 200 kg/ha.

Palabras clave

Avena sativa, nitrógeno, semilla, rendimientos.

200 kg/ha of N.

Key words

Avena sativa, nitrogen, seed, yield.

Introducción

La avena es una gramínea que se utiliza ampliamente en los países de Europa para la producción de granos y forrajes de buena calidad biológica y altos rendimientos, que alcanza valores de 6 a 7 ton MS/ha [Burges *et al.*, 1976].

Esta gramínea demanda un régimen de temperatura entre 10 y 30° C para su desarrollo [Potts, 1982].

La selección de especies y variedades de plantas de ciclo corto, que presentan buena calidad y que se puedan utilizar como cultivo temporal durante periodo seco y más frío de Cuba, es una tarea de mucho interés para contribuir a resolver la producción de alimentos en esa época crítica del año.

El rango de temperaturas en este periodo, es favorable para el cultivo de especies templadas [Ramos *et al.*, 1989]. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de los fertilizantes nitrogenados en el rendimiento forrajero y la producción de semilla de la avena durante el periodo seco de Cuba.

Material y métodos

Diseño y tratamiento

En un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas se estudió el efecto de 5 dosis de nitrógeno (0, 50, 100, 150 y 200 kg/ha), sobre algunos indicadores reproductivos y fenológicos de *Avena sativa* cv «Bentland», procedente de Alemania.

El trabajo se desarrolló en un suelo ferralítico rojo típico de la provincia La Habana [Anon, 1979], cuya composición química aparece en el Cuadro 1. El suelo fue preparado de forma convencional con aradura, cruce, recuce y grada.

Procedimiento

En cada parcela se sembraron 16 surcos a 70 cm entre ellos; de los cuales se cosecharon 6 surcos para medir rendimiento y 6 surcos para medir algunos aspectos fenológicos y la producción de semillas. El área cosechable en cada caso fue de 34 cm² y se desecharon los 2 surcos exteriores como efecto de borde.

La dosis de semilla utilizada fue de 10 kg/ha de semilla total con una germinación de 95%. La siembra se realizó a una profundidad de 2 a 3 cm, en el mes de octubre. Se aplicó riego por aspersión después de la siembra a razón de 500m³/ha y posteriormente cada día \pm 15 días. Los datos climáticos del periodo experimental aparecen en el Cuadro 2.

Se aplicó una fertilización basal de P y K a razón de 50 y 70 kg/ha como P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Cuando las plantas alcanzaron 10 cm de altura, se aplicaron los tratamientos con nitrógeno (urea) de una sola vez.

Los cortes se realizaron con la aparición de la hoja bandera.

En la parte de las parcelas destinadas a la producción de forraje se midió la altura en el momento del corte a 20 plantas por parcela. Los cortes se realizaron mecánicamente. Se tomaron plantas al azar (4 muestras por tratamiento de 400 g cada una) para determinar el porcentaje de MS. Estas plantas fueron colocadas en estufa a 80° C durante 72 horas. Después se molieron y se enviaron al laboratorio para determinar su contenido de proteína, según AOAC [1965] y el contenido de minerales por los métodos descritos por Herrera *et al.* [1980].

Por su parte en el área destinada a la producción de semillas, se marcaron 30 plantas por tratamientos a los cuales se les midió: altura, número de hijos, peso de semillas por espiga, número de semillas por espiga, número de semillas llenas, peso de semillas llenas y peso total de semillas por tratamientos.

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente y las diferencias entre medias fueron sometidas a la Dócima de Rangos Múltiple de Duncan [1955]. Las ecuaciones de regresión lineales para los parámetros estudiados se ajustaron de la forma siguiente: altura ($r^2 = 0.98$), materia seca ($r^2 = 0.99$), proteína ($r^2 = 0.99$) y densidad (MS).

Resultados y discusión

La altura de la planta difirió ($P < 0.001$) entre las dosis de N. En el primer corte no se encontraron diferencias significativas entre las dosis de 0 y 50; ni entre las de 100-150 kg/ha y las de mayor altura se produjeron con 200 kg/ N/ha (Cuadro 3).

En los cortes 2 y 3, no se encontraron diferencias significativas entre las dosis más altas de N, por lo que el nivel de 150 kg de N parece ser el más adecuado para este indicador.

El nitrógeno (N) produjo una depresión significativa en el contenido de MS, ($P < 0.001$), presentando el mismo patrón de comportamiento que las especies de

gramíneas tropicales informado por varios autores [Herrera, 1979: 1981; Parewats 1976; Ramos *et al.*, 1980, 1993] y en gramíneas de regiones templadas evaluadas bajo condiciones de Cuba, como el *Lolium perenne* cv «Dilana» y la *Avena sativa* cv «Secale», las cuales presentaron un comportamiento similar [Ramos *et al.*, 1989; 1995].

En el segundo y tercer corte, los contenidos de MS fueron mayores que en el primer corte debido probablemente a que el régimen de lluvia decreció paulatinamente de 192.2 mm en octubre a 54.2 mm en enero, además de algún efecto que pudo tener la temperatura, la cual varió de 30.1 a 22.4 °C en su expresión máxima y de 20.3 a 14.6 °C en su expresión mínima. Además, la disminución de la duración del día en una hora pudo haber influido en dicho comportamiento.

Un aspecto para tomar en cuenta en el comportamiento del porcentaje de MS, fue el criterio de contar con la aparición de la hoja bandera, lo que prolongó el momento de cosecha. Según Deinum y Dirven [1971 y 1972], la edad, la intensidad de la luz y la temperatura producen un efecto significativo en los caracteres morfológicos y en la composición química del pasto y un incremento en los constituyentes de la pared celular y por consiguiente, un incremento del porcentaje de MS y un efecto negativo en la digestibilidad; este comportamiento pudo ser causado por la interacción de estos factores (edad, temperatura, humedad y nitrógeno).

La densidad aparente, expresada en kg MS/ha/cm, varió significativamente ($P < 0.001$) con la dosis de nitrógeno (Cuadro 3). Para el primer corte, la mayor densidad la mostraron las dosis de 100 y 150 kg de N, que no difirieron entre sí.

En el segundo y tercer corte, la no aplicación de N mostró la densidad más baja. Un comportamiento similar fue señalado por Ramos *et al.* [1993] para otras especies de plantas. Esta reducción de la densidad es debido a la caída del rendimiento que se produce por los cortes sucesivos y por la no aplicación de fertilizantes nitrogenados.

El contenido de PB se incrementó significativamente ($P < 0.001$) con la dosis de N (Cuadro 4) y varió de 10.25 a 18.3% para 0 y 200 kg de nitrógeno, respectivamente; con un comportamiento similar en los tres cortes efectuados. Muchos autores han informado la tendencia de incremento en los valores de PB en los pastos con los niveles de nitrógeno [Crespo, 1974; Herrera, 1979 y Ramos *et al.*, 1989].

La producción de proteína mostró un comportamiento similar al del contenido de N, con un incremento que varió de 100 a 318.5 kg/ha para 0 y 200 kg de N en el primer corte. En el segundo y tercer corte, los valores fueron menores, lo que indica que el fertilizante nitrogenado es vital para obtener producciones satisfactorias.

La producción de MS con los niveles de 150 y 200 kg de N sólo varió 0.2 t, por lo que la aplicación de 150 kg de N pudiera ser la máxima dosis a aplicar para obtener 4.16 t de MS, para una eficiencia de 17 kg de MS por kg de N aplicado. La eficiencia más baja se alcanzó con la dosis de 200 kg de N con 14.7 kg de MS/kg N. Las dosis inferiores de 50 y 100 kg de N muestran eficiencias superiores, pero los rendimientos de MS son muy bajos.

Ramos *et al.* (1989) encontraron en *Lolium perenne* eficiencias superiores a 89

kg MS/kg N cuando aplicaron 100 kg N/ha y mayores a 149 kg de MS cuando fertilizaron con 50 kg de N por estación.

La dosis de N no influyó significativamente en el contenido mineral de pasto (Cuadro 5). Ramos *et al.* [1989], encontraron similar comportamiento al estudiar la especie *Lolium perenne* de clima templado.

Los resultados obtenidos sobre la producción de semilla de avena bajo nuestras condiciones demostró la posibilidad de utilizar esta especie en Cuba.

La altura de la avena fue máxima con las dosis de 200 kg de N, diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos con 100.0 cm. El efecto del N en este indicador es evidente (Cuadro 6).

El largo de las hojas varió significativamente con las dosis aplicadas ($P < 0.001$), sin diferencia significativa entre los niveles 150 y 200 de N. Se observa un efecto marcado del nitrógeno sobre este órgano de la planta, que es donde se concentran más los nutrientes. Similar comportamiento presentó el ancho de las hojas, que varió significativamente con la dosis de N, sin diferencias significativas entre 100 y 150 kg de N.

El número de hijos emitido por la planta aumentó significativamente con el N ($P < 0.001$), con un valor máximo de 26.8 hijos por planta. Este indicador es de vital importancia, ya que, es determinante en la producción de semilla. Estos parámetros nos indican que el uso del fertilizante nitrogenado es necesario para producir semilla de avena bajo las condiciones estudiadas.

El peso de la semilla por espiga mostró diferencias significativas ($P < 0.001$) entre tratamientos, no existiendo diferencias significativas entre las dosis de 150 y 200 kg de N (Cuadro 7), ni entre el nivel 0 y 50; y se obtiene la mayor respuesta con dosis entre 100 y 150 kg de N.

El número de semillas por espiga se incrementó significativamente con el N ($P < 0.001$) con valores que variaron desde 59.0 hasta 142.0 semillas. Humphreys (1981), indicó que la producción de semillas es la culminación de una serie de fenómenos del crecimiento y la diferenciación vegetal que está determinada por la cantidad de nutrientes que disponga la comunidad de plantas, la competencia entre inter especie, por lo que los componentes del rendimiento se pueden manifestar de forma distinta y el patrón de respuesta es diferente.

La cantidad de semillas llenas por espiga fue incrementada significativamente por el N ($P < 0.001$) no existiendo diferencia entre las dosis de 150 y 200 kg. Similar comportamiento presentó el peso de las semillas llenas, donde el mayor efecto del N, se presentó entre el rango 50-150 kg/ha.

Chadhoka y Humphreys [1974] y Camerun y Humphreys [1976], señalaron que en muchas gramíneas el N tuvo un efecto positivo, tanto por el aumento del número de inflorescencia como por el rendimiento de semillas por inflorescencia, lo que se reafirma en nuestro trabajo donde el N ejerció un efecto positivo en los componentes del rendimiento estudiado.

El peso de las semillas y el número de semillas llenas son dos indicadores que determinan la producción de semillas, lo cual está estrechamente relacionado con los

factores climáticos, tales como precipitación, humedad relativa y hora luz, así como el fertilizante aplicado [Humphreys, 1981 y Pérez y Febles, 1988].

La producción de semilla se incrementó significativamente con la dosis de N ($P < 0.001$) desde 998.5 hasta 2 176.1 kg/ha con 200 N/ha.

Las mayores producciones se alcanzaron cuando se aplicó entre 150 y 200 kg/ha de N, con 12.7 kg de semilla por kg de N cuando se aplicó 150 kg de N y 10.8 kg de semilla por kg de N cuando se aplicó 200 kg de nitrógeno.

Se sugiere continuar estudios con esta especie e investigar la factibilidad económica de su utilización. Se recomienda dosis de N que pueden variar entre 150 a 200 kg N/ha/año.

Cuadro 1. Análisis químico del suelo del área experimental.

Medidas	Promedio	Desviación estándar
PH	6.46	0.1
MO (%)	3.20	0.3
N (%)	2.81	1.0
P (ppm)	61.14	1.0
K (%)	0.02	0.1
Ca (%)	0.22	0.2
MG (%)	0.01	0.1

Cuadro 2. Comportamiento climático del periodo experimental.

Mes	Temperatura (° C)				
	Máx.	Min.	Lluvia	Humedad Relativa (%)	Duración del día (hr)
Octubre	30.1	20.3	192.2	82.5	10.8
Noviembre	28.8	19.1	164.8	81.9	10.5
Diciembre	27.3	17.1	110.1	81.2	10.1
Enero	22.4	14.6	54.2	79.4	9.8

Cuadro 3. Efecto del nivel de nitrógeno en algunos componentes del rendimiento de *Avena sativa*.

Niveles de N.	Altura (cm)			Materia Seca (%)			Densidad (kg MS/ha/cm)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	22.89 c	14.38 e	10.75 e	18.92a	24.42 a	30.38 a	45.08 b	25.48 c	3.45 c
50	26.88 d	22.25 d	17.72 d	18.12 ab	22.24 b	24.25 b	46.85 b	35.10 a	25.26 b
100	33.88 c	29.75 c	23.75 c	17.30 b	19.75 c	21.26bc	53.44 a	32.77 b	31.26 a
150	36.88 b	36.25 b	32.25 b	16.35 c	17.38 d	21.25 c	55.24 a	31.46 b	31.08 a
200	43.25 a	39.75 a	34.02 a	15.70 c	16.28 c	18.54 d	47.50 b	32.78 b	28.68 a
ES ±	2.03***	1.34***	1.31***	0.27***	0.70***	0.88***	2.61	1.81 *	3.19***

a, b, c, d, e: letras en común dentro de la misma columna; difieren ($P < 0.001$) Duncan [1955].

Cuadro 4. Efecto del nivel de nitrógeno en contenido proteico y la producción de proteína en *Avena sativa*.

Niveles de N.	Proteína (%)			Proteína (kg/ha)		
	1	2	3	1	2	3
0	10.25 e	11.25 e	11.62 e	100.0 e	40.0 e	4.6 e
50	12.42 d	13.18 d	13.54 d	158.9 d	87.8 d	60.2 d
100	14.25 c	15.32 c	15.83 c	245.1 c	147.1 c	123.5 c
150	16.52 b	16.44 b	17.16 b	335.4 b	215.6 b	191.1 b
200	18.34 a	19.10 a	19.34 a	381.5 a	250.2 a	226.5 a
ES ±	0.29***	0.28 ***	0.28 ***	0.29 ***	0.27 ***	0.29 ***

a, b, c, d, e: letras en común dentro de la misma columna; difieren ($P < 0.001$) Duncan [1955].

Cuadro 5. Efecto del nivel de nitrógeno en el contenido mineral de *Avena sativa*.

Niveles de nitrógeno	Contenido de Minerales			
	P	K	Ca	Mg
0	0.33	2.25	1.16	0.54
50	0.34	2.33	0.96	0.60
100	0.35	2.37	0.90	0.48
150	0.36	2.76	1.02	0.50
200	0.34	2.92	0.95	0.40
ES ±	0.03	0.26	0.09	0.06

a, b, c, d, e: letras en común dentro de la misma columna; difieren $P < 0.001$) Duncan [1955].

Cuadro 6. Efecto del nivel de nitrógeno sobre la altura, largo y ancho de las hojas y el número de hijos de la Avena.

Medidas N kg /ha	Alturas (cm)	Hojas (cm)		No. de hijos
		Largo	Ancho	
0	77.0 e	19.2 d	0.45 d	12.4 e
50	92.5 d	26.6 c	0.50 d	18.8 d
100	95.5 c	31.6 b	0.56 b	20.4 c
150	97.5 b	38.5 a	0.59 b	22.9 b
200	110 a	38.6 a	0.64 a	26.8 a
ES ±	0.001***	0.7 ***	0.01 ***	0.001 ***

a, b, c, d, e: letras en común dentro de la misma columna; difieren ($P < 0.001$) Duncan [1955].

Cuadro 7. Efecto del nivel de nitrógeno sobre algunos indicadores de la producción de semillas de *Avena sativa*.

Medidas Tratos. N kg/ ha	Peso de semillas por espiga (g)	No. de semillas por espiga	No. de semillas llenas	Peso de semillas llenas	Semillas kg /ha
0	2.26 c	59.0 e	58.0 d	2.23 d	988.5 e
50	2.98 c	77.0 d	76.0 e	2.94 c	1316.4 d
100	3.42 b	93.0 c	90.0 b	3.39 b	1517.9 c
150	4.84 a	131.0 b	129.0 a	4.28 a	1916.4 b
200	4.91 a	142.0 a	130.0 a	4.86 a	2176.1 a
ES ±	0.02 ***	0.001 ***	0.2 **	0.23 ***	0.72 ***

a, b, c, d, e: letras en común dentro de la misma columna; difieren ($P < 0.001$) Duncan [1955].
*** $P < 0.001$ ** $P < 0.01$

Conclusiones

La producción de MS y de semillas de esta especie es más favorable con la aplicación de dosis de N entre 150 y 200 kg/ha.

Literatura citada

- Anon, 1979. *Clasificación genética de los suelos de Cuba*. Academia de Ciencias de Cuba. Inst. de Suelos, La Habana.
- AOAC, 1965. *Oficial methods of analisis*. Ass. of Chem. D. C. Washington.
- Barges, P. L.; Nicholson, J. M. G. and Grant, S. A. 1976. Yield and nutritive value of corn, Balef, Wheat and forage oats as silage for lactating dairy cows. *Can. J. Anim.*
- Cameron, A. and Humphreys, L. 1970. *Nitrogen supply and harvest time effects on Paspalum plicatum*. Seed production. *Trop. Grassld.* 10:205.
- Chadoka, R. P. and Humphreys, L. 1974. *Short day and plant age effects on flowering of Paspalum plicatum*. *J. Aust. Inst. Agric. Science.* 40:75.
- Crespo, G. 1974. Efecto de aspersiones foliares de urea aplicada al pasto Pangola en diferentes edades de rebrote. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 8:101.
- Deinum, B. and Dirven, G. P. 1971. Climate, nitrogen and grass. 4. The influence of age on chemical composition and in vitro digestibility of maize (*Zea mays* L.) and tall fescue (*Festuca arundinacea* shreb) *Neth. J. Agric. Science.* 264-272.
- Deinum, B. and Dirven, G. P. 1972. Climate, nitrogen and grass. 5. Influence of age, light intensity and temperature on the production and chemical composition of congo grass (*Bracharia ruzizensis* germain et Everard). *Neth. J. Agric. Science.* 125-132.
- Duncan, D. B. 1955. *Multiple range and multiple F. Test*. *Biometrics.* 11:1.
- Herrera, R. S. 1979. Efecto de la estación del año y el nitrógeno sobre algunos componentes del valor nutritivo de la Bermuda cruzada (*Cynodon dactylon* coast cross-1). *Rev. Cubana de Ciencia Agrícola.* 15:335.
- Herrera, R. S.; González, S. B.; García, M.; Ríos, C. y Ojeda, F. 1980. *Análisis químico del pasto*. Emp. de Aseguramiento. MINAGRIC, Cuba.
- Humphreys, L. 1981. *Environmental adaptation of tropical pasture plants*. Mac Millan Publishers. LTD. London, England. P. 82.
- Paretas, J. J. 1976. *Uso del nitrógeno en pastos tropicales*. Tesis. C. Dr. Cs. ISCAH. La Habana, Cuba.
- Pérez, A. y Febles, G. 1981. Producción y beneficio de semillas de botánica de pastos tropicales. En: Fomento y explotación de pastos tropicales. Compendio de conferencias EEPF Indio Hatuey. P. 27.
- Potts, M. J. 1982. The influence of selected agronomic factors on the yield of forage Peas. *Grass and forage science.* 37:4.
- Ramos, N.; Curbelo, F. y Herrera, R. S. 1980. *Edad y niveles de nitrógeno en pasto «estrella»*. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 14:83.
- Ramos, N.; Schalitz, G.; Herrera, R.; Curbelo, F. y Hernández Y. 1989. Zum Einfluub der sticks to ffdung auf Ertrag und Qualitat von *Lolium multiflorum* «Dilana» unter den Bedingungen der humiden Tropen in Kuba. *Arch. Anim. Nutr. Berlin.* 39(10):859-865.
- Ramos, N.; Herrera, R. S. y Curbelo, F. 1993. Efecto de la fertilización nitrogenada en especie y variedades del género *Cynodon* en un suelo ferralítico rojo típico. Componentes del rendimiento. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 27:83.
- Ramos, N.; Herrera, R. S.; Schalitz, G. y Curbelo, F. 1995. *Estudio del rendimiento y calidad de gramíneas templadas evaluadas en Cuba*. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 29:109.

Una metodología para evaluar el comportamiento de interacción genotipo-intrambiente con fines de selección en cabras lecheras

Development of a methodology to evaluate the behaviour of genotype-intraenvironmental interaction in the selection of milk goats

López, B.;¹ Carmona, M. A.;¹ Bucio, L.³ y Galina, M. A.²

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

Correo electrónico: benitolb@servidor.unam.mx y medero48@hotmail.com.

²Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias, Universidad de Colima. miguelgalina@correo.unam.mx

³Colegio de Posgraduados.

Resumen

Conocida la universalidad del componente de interacción genotipo-ambiente en el modelo fenotípico, el cual incluye otros dos componentes: el genotipo con sus efectos aditivos, dominantes y epistáticos, y el componente ambiental con sus efectos permanentes y temporales; se hace evidente que la selección de individuos en un ambiente dado no garantiza que manifiesten el mismo comportamiento cuando el ambiente es diferente. Con los resultados de investigaciones preliminares efectuadas por los autores, se propone una metodología basada en el modelo de regresión lineal, capaz de medir los efectos de interacción genotipo-intrambiente (ambientes fisiológicos de la curva de lactación) para su evaluación con fines de selección del comportamiento diferencial que manifiestan los genotipos ante diversas condiciones ambientales. Se utilizan los registros mensuales de la producción láctea anual de 14 cabras «Saanen» en su primera lactación y se compara el comportamiento de interacción genotipo-ambiente entre ellas. Los valores α y β de cada recta (cabra), fueron estimados considerando la producción mensual de cada cabra (fenotipo) como la variable dependiente y los

Abstract

An understanding of the genotype-environment component of the phenotypical model which includes other two components: genotype with its additive, dominant and epistatical effect, and the environmental component with both permanent and temporal effects; it has been evident that the selection of individuals in one environment does not guarantee that they will demonstrate the same behaviour when the environment changes. Considering the preliminary results, a method is proposed based on a lineal regression model, which is permits the measurement of the effects of the genotype-intraenvironmental component (physiological environment of the lactation curve) to eventually evaluate the selection of the differential behaviour that results from genotypes of diverse environmental conditions. Monthly values of the annual milk production of 14 Saanen goats in first lactation was used to compare within group, the behaviour of the genotype-environment component. The values of α and β for each line (goat), were estimated taking into consideration the monthly production of each goat (phenotype) as the dependent variable and the standardized ecological effects as independent. Graphing and

efectos ecológicos estandarizados como la variable independiente. Se graficaron y proyectaron las rectas de regresión de cada cabra a \pm dos desviaciones estándar de los efectos ecológicos en el eje de las abscisas, se comparan los coeficientes β mediante pruebas de hipótesis «t»; poniéndose de manifiesto los efectos de interacción genotipo-ambiente entre cabras al demostrarse que las pendientes de las rectas son diferentes. En esta metodología los valores de β cercanos a cero indican que los genotipos son estables.

Palabras clave

Interacción genotipo-ambiente, cabras lecheras.

projecting the lines of regression for each goat a \pm two standard deviations of the ecological effects in the X axis, the co-efficient β were compared using the hypothesis test «t». The effects of genotype-environment component between goats were demonstrated due to the slope of the lines being different. In this methodology the values of β approach zero indicating that the genotypes are stable.

Key words

Genotype-environment component, dairy goats.

Introducción

Es común que se considere el fenotipo de un animal en función de un modelo aditivo que incluye el genotipo más el ambiente; en el genotipo queda contenido los efectos de herencia aditiva, herencia de dominancia y de epistasia; en el componente ambiental se consideran los efectos permanentes y temporales. La suposición anterior implica que en cualquier lugar del mundo pudiera efectuarse mejoramiento genético y que los animales seleccionados mantendrían el mismo comportamiento jerárquico en diferentes ambientes, pero la realidad muestra que no existe tal plasticidad en los seres vivos; un ejemplo de ello en el ganado bovino, son los animales de la raza Holstein, los que han sido seleccionados por su gran capacidad para la producción láctea, pero tal selección se efectuó en regiones templadas o bien con ambientes controlados; cuando son trasladados a regiones de trópico húmedo, los animales sufren de estrés calórico y su producción de leche es muy baja, sin embargo, algunos animales de esta raza no manifiestan con tal severidad su reacción ante las condiciones climáticas, llegando incluso a ganar más peso que el promedio del hato compuesto por animales *Bos taurus* y *Bos indicus* adaptados a esa zona geográfica [Carmona, 1980]. El comportamiento anterior es atribuido al hecho de que esas especies, poseen genes que al

interaccionar con el ambiente, expresan una característica en forma diferente a sus demás congéneres.

El fenómeno de interacción genotipo-ambiente, ahora es universalmente conocido tanto en plantas como en animales; Falconer [1964], muestra el comportamiento diferencial de dos líneas de ratones en las cuales observó la ganancia de peso entre la tercera y sexta semana de vida, según fuera su crecimiento en condiciones de buena o mala nutrición, concluyendo que la línea A de ratones crece mejor que la línea B en condiciones de óptima nutrición, pero esta última supera a la anterior en condiciones de mala nutrición; desde el punto de vista estadístico la presencia de interacción está dada por la ausencia de paralelismo entre las rectas que representan las manifestaciones fenotípicas de ambas líneas de ratones. Si tales rectas fueran paralelas, no existiría la interacción lineal por condiciones de nutrición.

Muchos modelos han sido usados para medir la interacción genotipo-ambiente, De Lacy *et al.* [1996], presenta una reseña histórica de los principales modelos matemáticos usados en fitogenética, pero pocos han sido utilizados en genética animal siendo el más usado el modelo factorial que se desarrolla por técnicas de análisis de varianza y que presenta el inconveniente de ser una medida gruesa y general de la interacción genotipo-ambiente y nada explica de los efectos individuales y finos de ésta [Lin y Lin, 1994]. Bucio [1966], desarrolla un modelo para medir el componente de interacción genotipo-ambiente en *Nicotiana rustica* usando una ecuación de regresión lineal en la cual considera los efectos ambientales como desviaciones del promedio de todas las variedades en una localidad con respecto al promedio general, efectuando la regresión de los efectos de interacción sobre los efectos ambientales, determinando que una variedad interaccionará menos con el ambiente cuando la pendiente β tienda al valor cero, sea éste positivo o negativo. En el mismo año, Eberhart y Russell [1966] introduce el concepto de estabilidad de una variedad a diferentes ambientes, sólo que, para estos investigadores la estabilidad se da cuando la pendiente de regresión es cercana a 1. Márquez [1976], discute las dos metodologías y concluye que ambos procedimientos miden la misma componente de interacción pero en escalas diferentes. Carmona [1980], utiliza el modelo de Bucio, para medir el efecto de interacción genotipo-ambiente en bovinos *Bos taurus*, *Bos indicus* y sus cruzas en el trópico húmedo; posteriormente lo modifica para aplicarlo en la selección de abejas (*Apis mellifera*) para baja agresividad y estabilidad [Carmona, 1993]. Finalmente López *et al.* [1997], analizando la producción de leche en cabras de la raza «Saanen» durante 5 lactancias encuentran que en la mayoría de ellas, las pendientes de interacción son muy semejantes a la pendiente de la primera lactancia, circunstancia que abre la posibilidad de efectuar una selección temprana que favorezca la conservación de la progenie proveniente de madres elegidas.

Por lo que, el objetivo del presente trabajo es proponer una metodología sencilla pero eficiente para la evaluación del comportamiento de interacción genotipo-ambiente con fines de selección en cabras lecheras.

Material y métodos

Se utilizaron los registros mensuales de la producción láctea anual de 14 cabras «Saanen» en su primera lactación, sujetas a un régimen de estabulación en el Municipio de Jilotepec, Estado de México (Cuadro 1).

La interacción genotipo-ambiente se evaluó con el método propuesto por Bucio [1966], modificado por Carmona [1980; 1993], el cual es un modelo de regresión lineal de los efectos genéticos, más los efectos de interacción sobre los efectos ambientales. Así, el comportamiento fenotípico individual de la producción diaria de leche en el ambiente “j” será determinado mediante la ecuación:

$$F_{ij} = \mu + g_i + \beta\gamma_e(\hat{e}_j) \dots \dots \dots (1)$$

donde: F_{ij} representa el fenotipo de la cabra “i” bajo el efecto ambiental “j” en la variable producción de leche promedio diaria.

μ representa la media general para la producción media diaria de leche del rebaño.

g_i representa el efecto genético, determinado como la ordenada al origen cuando el índice ambiental $\hat{e}_j = 0$.

$\beta\gamma_e$ representa la pendiente de regresión de los efectos de interacción (γ) sobre los efectos ambientales (\hat{e}_j) y es igual a $b\gamma_e + 1$.

$$b\gamma_e = \sum_i (\gamma_{ij} \hat{e}_j) / \sum \hat{e}_j^2 = \gamma_{ij}$$

γ_{ij} representa el efecto de interacción genético ambiental de la cabra “i” en ambiente “j”.

\hat{e}_j representa el valor del efecto ambiental “j”.

Considerando que el comportamiento fenotípico (f_{ij}) es una relación aditiva entre los efectos genéticos (g_i), más los efectos ambientales (\hat{e}_j), más los efectos de interacción genotipo-ambiente (γ_{ij}); se tendrá el siguiente modelo:

$$f_{ij} = g_i + \hat{e}_j + \gamma_{ij} \dots \dots \dots (2)$$

obteniéndose los estimadores de mínimos cuadrados de los parámetros mediante:

$$= \sum \sum F_{ij} / ac = F..$$

en donde:

a = ambientes (mediciones mensuales)

c = hembras lactantes

$$g_i = \sum F_{ij} / a - F.. = F.j - F..$$

$$\hat{e}_j = \sum F_{ij} / c - F.. = F_i. - F..$$

$$\gamma_{ij} = F_{ij} - F.j - F_i. - F..$$

y con las restricciones siguientes:

$$\sum g_i = \sum \hat{e}_j = \sum \gamma_{ij} \quad \forall_j = \sum \gamma_{ij} \quad \forall_i = 0$$

sustituyendo $b\gamma_e$ en el modelo (2):

$$f_{ij} = g_i + \hat{e}_j + b\gamma_e(\hat{e}_j)$$

factorizando \hat{e}_j :

$$f_{ij} = g_i + \hat{e}_j + (1 + b\gamma_e)$$

y simbolizando a $(1 + b\gamma_e)$ con $\beta\gamma_e$ se tendrá:

$$f_{ij} = g_i + \beta\gamma_e(\hat{e}_j) \dots \dots \dots (3)$$

Si la ecuación (3) se descodifica sumando en ambos lados, se tiene el modelo de los valores fenotípicos reales del genotipo "i" en los \hat{e}_j efectos ambientales:

$$F_{ij} = \mu + g_i + \beta\gamma_{\cdot e} (e_j) \dots \dots \dots (4)$$

En la presente investigación, la modificación del modelo consiste en que:

El promedio ambiental \hat{e}_j se obtiene:

$$\hat{e}_j = \sum F_{ij} / c$$

Si a cada \hat{e}_j se le resta se estima el efecto ecológico $\bar{E}_{\cdot j}$

$$\bar{E}_{\cdot j} = \hat{e}_j -$$

Considerando que la heterogeneidad de varianzas puede producir efectos de interacción genotipo-ambiente enmascarando los producidos por cambios de los rangos genéticos de un ambiente a otro [Yang y Baker, 1991]. Los efectos ecológicos fueron estandarizados para ajustar dichos efectos [Wiggans y Van Raden, 1991]. Así, los efectos ecológicos estandarizados fueron usados como variable independiente y los valores F_{ij} (peso de la leche mensual) las variables dependientes para estimar los parámetros α y β de la recta. Puede notarse que la escala usada es diferente a la propuesta por Bucio [1966] y Eberhart y Russell [1966], ampliamente discutida por Márquez [1976]. Mientras que para ellos $\beta_{\gamma \cdot e} = 1 + b_{\gamma \cdot e}$. En este trabajo $\beta_{\gamma \cdot e} = b_{\gamma \cdot e}$. Por lo tanto, cada hembra y raza se tipificó de acuerdo a su pendiente de regresión $\beta_{\gamma \cdot e}$. Los valores tendientes a cero representan el comportamiento de genotipos estables [Carmona, 1993]. También pueden compararse mediante pruebas «t» para conocer la homogeneidad de las pendientes y determinar cuales son o no, estimaciones de una misma β [Steel y Torrie, 1987].

Finalmente se estiman cinco puntos "Y" de la recta usando:

$$Y = \alpha + \beta (X)$$

Donde: Y es el comportamiento fenotípico estimado de una cabra en un ambiente; α y β son parámetros de la recta y $X = -2, -1, 0, 1$ y 2 , desviaciones estándar de los efectos ecológicos ($\bar{E}_{\cdot j}$) considerados como ambientes, lo que permite se grafique la recta de cada cabra.

Cuadro 1. Registros mensuales (kg) de la producción láctea de 14 cabras «Saanen» durante la primera lactación, paridas en diferente época del año y mantenidas bajo un régimen de estabulación.

Cabra	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10
1	1.8	2.5	2.7	1.8	1.4	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
2	1.5	2.0	2.5	2.0	2.1	1.7	1.5	1.5	1.5	0.8
3	0.7	1.2	1.2	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	0.6	0.8
4	1.5	2.0	1.5	1.6	1.5	1.2	1.5	1.0	1.0	1.0
5	1.0	2.0	2.2	2.5	1.8	1.5	1.7	1.5	1.0	0.9
6	2.5	3.0	3.4	3.2	3.0	2.5	2.9	2.7	1.7	1.2
7	1.0	2.1	2.5	2.3	2.3	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4
8	1.0	2.0	2.7	2.4	1.9	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3
9	1.5	2.4	2.0	2.0	1.8	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8
10	1.8	2.5	2.4	2.5	2.0	1.8	1.5	1.8	1.2	1.0
11	1.8	2.3	1.6	1.7	1.4	1.3	1.7	1.5	1.5	1.2
12	1.0	1.7	2.0	2.0	1.5	1.7	1.8	2.1	1.4	1.0
13	1.5	1.8	1.9	2.0	2.0	2.0	1.6	1.2	1.2	1.0
14	1.5	2.2	2.6	2.0	2.0	1.6	1.2	1.1	1.0	0.6

Promedio general () = 1.679 kg

NOTA: El promedio general se calculó utilizando los 140 registros.

Resultados

Los promedios ambientales, los efectos ecológicos, la desviación estándar de los efectos ecológicos y su estandarización se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Promedios ambientales, efectos ecológicos y efectos ecológicos estandarizados obtenidos de los registros del Cuadro 1.

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	
Promedio Ambiental	1.436	2.121	2.229	2.071	1.829	1.693	1.643	1.507	1.250	1.014	\bar{e}_j
Efecto Ecológico	-0.244	0.442	0.549	0.392	0.149	0.013	-0.037	-0.172	-0.429	-0.665	\ddot{E}_j
Desviación Estándar de los Efectos Ecológicos = $(S_{E_j}) = 0.393$											
Efecto Ecológico Estandarizado	-0.621	1.125	1.397	0.998	0.379	0.034	-0.093	-0.438	-1.093	-1.692	

NOTA: El efecto ecológico estandarizado se estimó con \ddot{E}_j / S_{E_j}

Los valores usados para estimar los parámetros α y β de la recta para cada cabra se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Valores usados para estimar los parámetros α y β de la recta en cada cabra.

Mes	Varia- ble inde- pen- diente	Variable dependiente													
	\bar{E}_j / S_{E_j}	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
1	-0.620	1.8	1.5	0.7	1.5	1.0	2.5	1.0	1.0	1.5	1.8	1.8	1.0	1.5	1.5
2	1.125	2.5	2.0	1.2	2.0	2.0	3.0	2.1	2.0	2.4	2.5	2.3	1.7	1.8	2.2
3	1.397	2.7	2.5	1.2	1.5	2.2	3.4	2.5	2.7	2.0	2.4	1.6	2.0	1.9	2.6
4	0.998	1.8	2.0	1.0	1.6	2.5	3.2	2.3	2.4	2.0	2.5	1.7	2.0	2.0	2.0
5	0.379	1.4	2.1	0.9	1.5	1.8	3.0	2.3	1.9	1.8	2.0	1.4	1.5	2.0	2.0
6	0.034	1.5	1.7	0.8	1.2	1.5	2.5	2.0	2.0	1.8	1.8	1.3	1.7	2.0	1.6
7	-0.093	1.5	1.5	0.8	1.5	1.7	2.9	1.9	1.8	1.5	1.5	1.7	1.8	1.6	1.2
8	-0.438	1.2	1.5	0.8	1.0	1.5	2.7	1.8	1.6	1.2	1.8	1.5	2.1	1.2	1.1
9	-1.093	1.2	1.5	0.6	1.0	1.0	1.7	1.6	1.4	1.0	1.2	1.5	1.4	1.2	1.0
10	-1.692	1.2	0.8	0.8	1.0	0.9	1.2	1.4	1.3	0.8	1.0	1.2	1.0	1.0	0.6

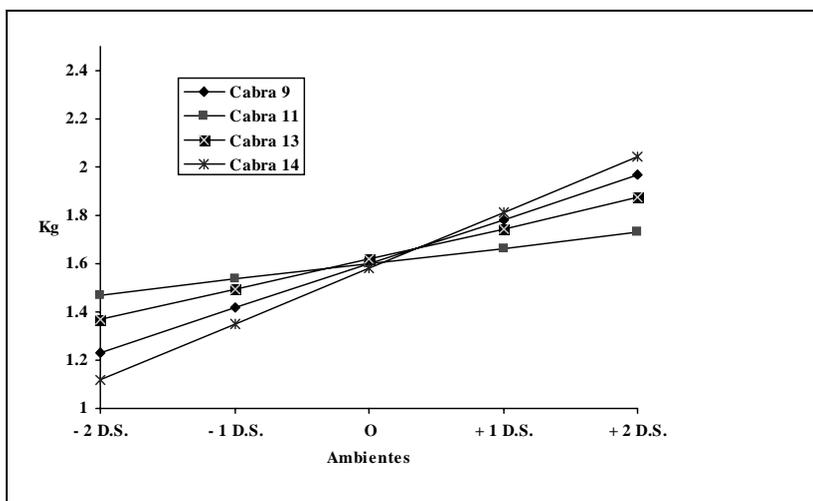
NOTA: C1, C2, ..., C14 es cabra 1, cabra 2, ..., cabra 14. \bar{E}_j / S_{E_j} son los efectos ecológicos estandarizados y fueron tomados del Cuadro 2.

Cuadro 4. Parámetros de regresión obtenidos en cada animal, así como las estimaciones de su producción láctea en kg al considerar hasta dos desviaciones estándar en los efectos ecológicos (ambientes).

Cabra	α	β	-2S	-1S	$g = 0S$	+1S	+2S
1	1.680	0.427	1.344	1.512	1.680	1.848	2.016
2	1.710	0.431	1.372	1.541	1.710	1.879	2.049
3	0.880	0.170	0.747	0.813	0.880	0.947	1.013
4	1.380	0.251	1.182	1.281	1.380	1.479	1.578
5	1.610	0.501	1.217	1.413	1.610	1.807	2.004
6	2.610	0.629	2.117	2.363	2.610	2.857	3.104
7	1.890	0.377	1.594	1.742	1.890	2.038	2.186
8	1.810	0.444	1.461	0.636	1.810	1.984	2.159
9	1.600	0.466	1.234	1.417	1.600	1.783	1.967
10	1.850	0.493	1.463	1.656	1.850	2.044	2.238
11	1.600	0.164	1.469	1.535	1.600	1.665	1.731
12	1.620	0.267	1.410	1.515	1.620	1.725	1.830
13	1.620	0.322	1.367	1.494	1.620	1.747	1.873
14	1.580	0.580	1.118	1.349	1.580	1.811	2.042

NOTA: α es el punto de intersección de la recta; β representa la pendiente de la recta; la $S = 0.393$ representa la desviación estándar de los efectos ecológicos y g representa el efecto genético mas los efectos de interacción genotipo-ambiente, puede notarse que $g = \alpha$.

Gráfica 1. Líneas de regresión del comportamiento de interacción genotipo ambiente en la producción de leche de cuatro cabras de la raza Saanen.



NOTA: Los valores usados en esta gráfica son tomados del Cuadro 4.

Discusión

En las cabras, la producción diaria de leche, es una variable que en el transcurso de toda la lactancia se ve influenciada por diversas condiciones ambientales, fisiológicas y genéticas que repercuten en la forma que toma la curva de lactancia; considerando además los efectos de interacción genotipo ambiente que pueden expresarse, se elige como ejemplo esta característica para demostrar la aplicación de una metodología sencilla pero fina, ya que es capaz de medir los efectos de interacción genotipo-intrambiente.

Los Cuadros 1, 2 y 3 no son más que los resultados preliminares de la metodología propuesta para llegar al Cuadro 4. En este último, se muestra los resultados obtenidos para los parámetros α y β de la recta, así como las estimaciones de la producción láctea de cada cabra consideradas en cinco ambientes, definidos estos como -2, -1, 0, +1 y +2 desviaciones estándar de los efectos ecológicos, espectro que cubre en teoría el 95% de todos los efectos ecológicos si se distribuyen normalmente. Además puede notarse que, el parámetro α es igual al ambiente 0 y representa el efecto genético más el componente de interacción genotipo-ambiente.

El análisis de los datos del Cuadro 4, hace evidente que el fenómeno de interacción genotipo ambiente se manifiesta; cuando las estimaciones de producción están en los ambientes negativos, algunas cabras producen más leche que otras, expresándose un comportamiento diferencial al comparar su producción en los ambientes positivos.

En la gráfica 1, se presentan las líneas de regresión que muestran el comportamiento de interacción genotipo ambiente correspondientes a la producción láctea de las cabras 9, 11, 13 y 14, tomadas como ejemplo para ilustrar la ausencia de paralelismo.

mo entre las rectas (se utilizan estas cabras por tener promedios de producción diaria de leche muy cercanos, alrededor de 1.6 kg).

En el caso de la Gráfica 1, el efecto genético de las cuatro cabras tiene un promedio de 1.600 ± 0.016 kg de leche diarios, sin embargo al expresar su comportamiento ante dos desviaciones estándar negativas en el efecto ecológico, el promedio fue de 1.297 ± 0.153 kg y en el caso de dos ambientes positivos, éste es de 1.903 ± 0.134 kg. Dado que las rectas no son paralelas, ello implica comparar dos genotipos con el mismo promedio genético, (1.600 kg), como es el caso de los animales numerados 11 y 14; en un ambiente negativo producen 1.469 Kg el primero y 1.118 kg, el segundo; no obstante en un ambiente positivo, su producción es de 1.731 kg el primero y de 2.042 kg, el segundo. La diferencia en 0.311 gramos de leche diarios es desde el punto de vista zootécnico, económico y de producción de alimentos, sumamente importante.

Si la expresión de cualesquier variable de interés zootécnico se ve influenciada por el ambiente y éste interacciona con el genotipo, entonces se tendrá que caracterizar de acuerdo a su coeficiente de interacción β .

En el presente trabajo, el comportamiento de estabilidad no se manifiesta, como lo han expresado Bucio [1966], Everhart y Russell [1966] y Carmona [1993], dado que la producción de leche en las cabras tienen un ciclo fisiológico, tiende a ir ascendiendo después del parto hasta un pico de producción, para de inmediato declinar paulatinamente hasta el secado.

Conclusiones

Se pone de manifiesto el efecto de interacción genotipo-intrambiente con el método propuesto.

El procedimiento resulta ser sencillo y a la vez fino, ya que permite en lo individual medir la componente de interacción genotipo-ambiente. Es factible utilizar la metodología propuesta con fines de selección para hembras reproductoras.

Literatura citada

- Bucio, L. 1966. Environmental and genotype-environmental components of variability. I Inbred Lines. *Heredity*. 21:399 - 405.
- Carmona, M. A. 1980. *Adaptación genético-ambiental en Bos taurus, Bos indicus y sus cruzas F1*. Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias Especialista en Genética. Centro de Ganadería. Colegio de Postgraduados, México.
- Carmona, M. A. 1993. *Respuesta a la selección en Apis mellifera evaluando baja agresividad y estabilidad genotipo ambiente*. Tesis para obtener el Grado de Doctor en Ciencias Veterinarias, Área Genética. División de Estudios de Posgrado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, México.
- De Lacy, I.; Basford, K. E.; Cooper, M.; Bull, J. K. and McLaren, C. G. 1996. *Analysis of multi-environment trials -An historical perspective*. Of the book plant adaptation and crop improvement. Edited by M. Cooper & G. L. Hammer. CAB International in association with International Rice Research Institute and the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Australia. 39-114.
- Eberhart, S. A. and Russell, W. A. 1966. *Stability parameters for comparing varieties*. *Crop Sci.* 6:36-40.
- Falconer, D. S. 1986. *Introducción a la genética cuantitativa*. 2a. Edición. Editorial CECOSA, México.
- Lin, C. I. and Lin, C. S. 1994. *Investigation of genotype-environment interaction by cluster analysis in animal experiments*. *Canadian Journals of Animal Science*. 74(4):607-612.
- López, B.; Carmona, M. A.; Bucio, A. L. y Galina, M. A. 1997. *Efectos de interacción genotipo-ambiente en la producción láctea de cabras ordeñadas durante cinco años*. Seminario de Avances en Investigación Agropecuaria. Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima. Colima, Col. 8 al 11 de septiembre de 1997.
- Márquez, S. F. 1976. El problema de la interacción genético-ambiental en genotecnia vegetal. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Ediciones Patena, A. C., México.
- Steel, R. G. D. y Torrie, J. H. 1985. *Bioestadística, principios y procedimientos*. Editorial Mc Graw-Hill. México. 231-262.
- Wiggans, G. R. and Van Raden, P. M. 1991. *Method and effect of adjustment for heterogeneous variance*. *J. Dairy Sci.* 74:4350-4357.
- Yang, R. C. and Baker, R. J. 1991. *Genotype-environment interactions in two wheat crosses*. *Crop Sci.* 31:83-87.

Ácido elágico y N-Acetilcisteína en pollos de engorda intoxicados con aflatoxina b₁

Elagic acid and N-Acetylcysteine in broiler chickens intoxicated by aflatoxin b₁

Valdivia, A.;¹ Reyes, J. L.;³ Ortiz, R.;² Martínez, A.;²
Damián, F. J. ² y Quezada, T. ¹

¹Centro de Ciencias Agropecuarias de la UAA;
Correo E.: avaldiv@correo.uaa.mx

²Departamento de Disciplinas Pecuarias del Centro de
Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes;
Correo E.: rortiz@correo.uaa.mx

³Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias,
del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN,
A. P. 14-740, 07000, México, D. F. Correo E.: jreyes@fisio.cinuestar.mx

Resumen

Con el objetivo de probar que la suplementación dietética de ácido elágico (AE) o N-Acetilcisteína (NAC) en pollos de engorda, atenúa los efectos de una intoxicación aguda por la aflatoxina B₁ (AFB₁), se intoxicaron con AFB₁ pura, tres grupos de diez pollos cada uno (3.0 mg/kg pc, IP). Otros tres grupos recibieron solamente el vehículo (aceite de maíz 2.0 ml/kg pc, IP). Cuatro días antes se administró un alimento testigo, o bien, la misma dieta adicionada con AE (2.5 g/kg) o NAC (200 mg/kg pc/6 h). A las 24 horas de la administración de AFB₁, se cuantificaron las concentraciones hepáticas de glutatión (GSH), de actividad enzimática específica de la transferasa de glutatión (GST), alanina aminotransferasa, aspartato aminotransferasa y de proteínas hepáticas totales. Los resultados mostraron que NAC atenúa el impacto negativo de la AFB₁ sobre el crecimiento corporal y al igual que AE, incrementa la GST y revierte parcialmente los

Abstract

The objective of this study was to prove that the dietary supplementation of elagic acid (AE) or N-Acetylcysteine (NAC), attenuate the effects of an acute intoxication by aflatoxin B₁ (AFB₁). Three groups (ten chickens each one) were intoxicated by pure AFB₁ (3.0 mg/kg BW, IP), and another three groups only received the vehicle (corn oil 2.0 mL/kg BW). Four days before was administrated control food, or the same diet plus AE (2.5 g/kg) or NAC (200 mg/kg Bw/6 h). The hepatic concentrations of glutathione (GSH), enzymatic specific activity of the glutathione S transferases (GST), aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase and hepatic total proteins on 24 hours AFB₁ exposure were quantified. The results showed that both AE and NAC increases the GST and diminishes partially the effects in the AFB₁ in the GSH. Which suggests that both substances could confer a protective effect in the AFB₁ intoxicated birds.

efectos de AFB₁ sobre GSH, lo cual sugiere que ambas sustancias pudieran conferir un efecto protector de las aves.

Palabras clave

Aflatoxina B₁, intoxicación aguda, ácido elágico (AE) o N-Acetilcisteína, glutatión, transferasa de glutatión, proteínas hepáticas totales, pollos de engorda.

Key words

Aflatoxin B₁, acute intoxication, Elagic acid, N-Acetylcysteine, glutathione, glutathione S transferases, total hepatic proteins, broiler chickens.

Introducción

La aflatoxina B₁ (AFB₁) es un metabolito secundario de *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus* que se encuentra como contaminante natural de los granos y de otros alimentos; sus efectos teratógenos, carcinogénicos y mutagénicos han permitido situarla como un grave peligro para la población humana y para la producción animal. Los antioxidantes naturales, como el ácido elágico (AE), han servido para proteger bacterias y cultivos celulares contra la carcinogénesis [Loarca-Piña *et al.*, 1996]. También se ha demostrado que la administración de N-Acetilcisteína (NAC) incrementa los niveles intracelulares de glutatión (GSH), un tripéptido involucrado en el proceso de eliminación de xenobióticos y en el control de radicales libres [Drogue, 1993; Kinscherf *et al.*, 1994; McGregor, 1994]. Estos antecedentes nos indujeron a plantear el objetivo de probar que la suplementación de AE o NAC en pollos de engorda, atenúa los efectos de AFB₁ durante una intoxicación aguda.

Material y métodos

Bajo un diseño estadístico completamente al azar (dos por tres), se seleccionaron seis grupos de diez pollos cada uno; a tres grupos se les administró diluida en aceite de maíz AFB₁ pura (3.0 mg/kg pc) por vía intraperitoneal. Los grupos restantes solamente recibieron el vehículo en dosis de 2.0 mL/kg pc. Cuatro días antes de la inoculación de la toxina se suministró a un grupo intoxicado un alimento sin niveles detectables de contaminación por micotoxinas y a su testigo respectivo, o bien, la misma dieta adicional con AE (2.5 g/kg) o NAC (200 mg/kg pc/6 h). Con jeringas impregnadas de EDTA se recolectaron muestras intracardiacas de sangre las 24 horas después de la exposición a la AFB₁ y se obtuvo el plasma mediante centrifugación; inmediatamente

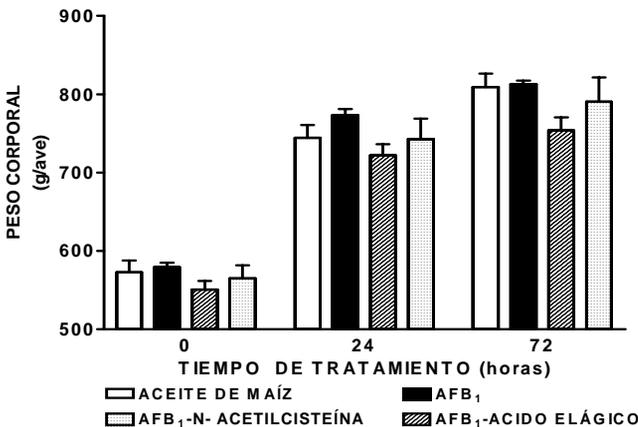
después se sacrificaron las aves humanitariamente.

Se cuantificaron las concentraciones hepáticas de GSH [Hissin y Hilf, 1976], la actividad enzimática específica de la transferasa de glutatión (GST) en el hígado [Habig *et al.*, 1974] y las concentraciones de proteínas totales hepáticas y plasmáticas [Peterson, 1977]. Las actividades enzimáticas plasmáticas de la alanina aminotransferasa (ALT) y aspartato aminotransferasa (AST) fueron cuantificadas mediante métodos optimizados No. 15861 y 15860 (Merck Co.), respectivamente. Los datos fueron analizados mediante el procedimiento para modelos lineales generales con el software de *Statistical Analysis System* (SAS® 1996), con el tratamiento como efecto principal.

Resultados

El crecimiento corporal de los pollos no presentó diferencias estadísticas significativas hasta el cuarto día en que ingirieron el alimento control solo o adicionado con AE o NAC (Gráfica 1). Sin embargo, 24 horas después de recibir AM o AM con AFB₁ cambiaron su ritmo de crecimiento, acelerándose de manera compensatoria en los que recibieron AM y disminuyendo significativamente ($P = 0.001$) en los que consumieron AFB₁; el grupo AFB₁/NAC mostró la mejor recuperación dentro de los animales intoxicados.

Gráfica 1. Crecimiento corporal diario en pollos intoxicados el día cuatro con AFB₁ (3.0 mg/kg PC) y tratados desde el día uno con N-Acetilcisteína (NAC) o ácido eláxico (AE) en dosis de 200 mg y 2.5 g por kg de alimento, respectivamente. Se indica con cada barra, la media y el error estándar. En el quinto día, el ritmo de crecimiento corporal cambió significativamente ($P = 0.001$) con la aplicación de AFB₁ sola o con NAC y AE.



No se observaron diferencias ($P = 0.05$) en la actividad plasmática de las enzimas ALT y AST entre el grupo testigo (AM) y los otros cinco grupos de pollos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Influencia del ácido elálgico y N-Acetilcisteína en los valores plasmáticos de la alanina aminotransferasa (ALT) y aspartato aminotransferasa (AST), a las 24 horas de recibir una inoculación de aflatoxina B₁ o aceite de maíz.

TRATAMIENTO	n	ALT (U/L)	AST (U/L)
Aceite de maíz	10	36.0 ± 10.0a*	238 ± 32 abc
N-Acetilcisteína	10	28.7 ± 9.5 a	171 ± 38 bc
Ácido elálgico	10	23.0 ± 6.0 a	312 ± 35 a
Aflatoxina	10	36.2 ± 9.0 a	140 ± 46 c
Aflatoxina y N-Acetilcisteína	10	29.0 ± 9.4 a	277 ± 40 ab
Aflatoxina y ácido elálgico	10	38.3 ± 11.6 a	323 ± 75 a

* Valores dentro de las columnas, con la misma literal; no son estadísticamente diferentes a la prueba de Tukey, $P = 0.05$.

La concentración hepática de proteína total se incrementó con respecto al grupo de control por el consumo de NAC así como por AE; además estos valores cayeron cuando se combinaron con AFB₁, incluso alcanzando valores por debajo de los que mostraron las aves que consumieron únicamente la toxina. De manera contraria, la actividad enzimática específica de GST alcanzó los valores mayores (Cuadro 3) cuando las aves que consumieron una dieta adicionada con AE o NAC se expusieron a la AFB₁ y los menores valores cuando solamente consumieron estos antioxidantes y se expusieron a una inoculación intraperitoneal de AM. La concentración hepática de GSH se incrementó por la inoculación de AFB₁, tanto en los animales que recibieron la dieta testigo como aquellos que recibieron una dieta adicionada con NAC.

Los valores plasmáticos de concentración de proteínas totales disminuyeron con relación al grupo de control cuando los pollos consumieron NAC, AFB₁, o ambas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Influencia del ácido elágico y N-Acetilcisteína en la concentración hepática y plasmática de proteínas, a las 24 horas de recibir una inoculación de aflatoxina B₁ o aceite de maíz.

TRATAMIENTO	n	PROTEÍNA PLASMÁTICA (mg/ 100 mg)	PROTEÍNA HEPÁTICA (mg/ 100 mg)
Aceite de maíz	10	6.4 ± 0.1 a*	15.5 ± 0.8 bc
N-Acetilcisteína	10	5.4 ± 0.3 b	18.1 ± 0.6 b
Ácido elágico	10	6.6 ± 0.2 a	25.3 ± 0.3 a
Aflatoxina	10	5.2 ± 0.2 b	16.9 ± 1.8 b
Aflatoxina y N-Acetilcisteína	10	5.3 ± 0.2 b	14.2 ± 0.7bc
Aflatoxina y ácido elágico	10	6.7 ± 0.2 a	11.5 ± 2.5 c

* Valores dentro de las columnas, con la misma literal; no son estadísticamente diferentes a la prueba de Tukey, P = 0.05.

Cuadro 3. Influencia del ácido elágico y N-Acetilcisteína en los valores hepáticos de la actividad enzimática específica de la transferasa de glutatión (GST) y de glutatión (GSH) a las 24 horas de recibir una inoculación de aflatoxina B₁ o aceite de maíz.

TRATAMIENTO	n	GST (*)	GSH **(µmol/g)
Aceite de maíz	10	6.6 ± 0.5 b**	5.3 ± 0.3 abc
N-Acetilcisteína	10	6.1 ± 0.3 bc	4.3 ± 0.3 d
Ácido elágico	10	4.3 ± 0.1 c	5.0 ± 0.2 bcd
Aflatoxina	10	6.6 ± 0.6 b	5.5 ± 0.2 ab
Aflatoxina y N-Acetilcisteína	10	7.2 ± 0.4 b	6.1 ± 0.4 a
Aflatoxina y ácido elágico	10	10.0 ± 1.4 a	4.4 ± 0.4 cd

*mmol DCNB/min/mg de proteína; DCNB = dicloro nitrobenzeno;

** Valores dentro de las columnas, con la misma literal; no son estadísticamente diferentes a la prueba de Tukey, P = 0.05.

Discusión

El mecanismo de acción de NAC o AE en la exposición a AFB₁ no puede deducirse de los datos aportados por este estudio, sobre todo por la observación de los cambios sin seguir un curso temporal de los acontecimientos, sin embargo pudieran elaborarse algunas inferencias. Una explicación del efecto de los antioxidantes se relaciona con los hallazgos que demuestran que el nivel de funcionamiento del sistema hepático de oxidasas de función mixta influye en la capacidad de los pollos para soportar los efectos indeseables de la aflatoxina y el estrés oxidativo [Hayes *et al.*, 1996; Larsen *et al.*, 1985; Manning y Wyatt, 1990; Stanley *et al.*, 1993; Wang *et al.*, 1997].

La disminución de la concentración de proteínas plasmáticas y hepáticas totales, asociada al daño hepático ocurrido durante la intoxicación por dosis altas de AFB₁ ha sido mostrada en intoxicaciones subagudas y crónicas [Gawai *et al.*, 1992; Kubena *et al.*, 1993; Quezada *et al.*, 1995]. En el mismo sentido, se ha publicado [Fernández *et al.*, 1994; Stanley *et al.*, 1993] la disminución de la actividad plasmática de ALT en pollos de engorda, sometidos a intoxicación de AFB₁. Sobre la actividad plasmática de AST, se han presentado datos discordantes, posiblemente influidos por las diferentes condiciones experimentales [Fernández *et al.*, 1994; Manning y Wyatt, 1990]. En este estudio se presentaron rangos de variación amplios en las proteínas plasmáticas, pero sí es evidente que AE mostró valores comparativamente mayores que NAC; además el grupo AFB mostró los valores más bajos. Adicionalmente habría que considerar los cambios hemodinámicos resultantes del crecimiento diferencial de cada grupo que pudiera ocasionar un efecto de dilución o concentración de los componentes sanguíneos.

Conclusiones

Los resultados de este estudio sugieren que bajo las condiciones de intoxicación implementadas, la ingestión de ácido elágico incrementa la actividad enzimática específica de la GST, mientras que NAC revierte los efectos de esa dosis de AFB₁ sobre el ritmo de crecimiento y la concentración hepática de proteínas y GSH. Por lo que ambas pudieran utilizarse en pollos de engorda para prevenir o disminuir los efectos negativos de la ingestión de dietas contaminadas con aflatoxina B₁.

Agradecimiento

El presente estudio se realizó con fondos de la UAA (Proyecto: PIP/PT 97-5n), así como con aportaciones del Sistema de Investigación Miguel Hidalgo (clave: ALIM 8/97) y donaciones de material biológico del Centro de Ciencias Agropecuarias. Agradecemos la colaboración técnica de la LCN. María Luisa Ramírez Vázquez y la IBQ. Laura Yamamoto Flores. También agradecemos la asesoría de los M. en C. Fernando Jaramillo Juárez y Javier Llamas Viramontes así como de la Dra. Ma. Guadalupe F. Loarca Piña.

Literatura citada

- Drogue, W. 1993. Cysteine and glutathione deficiency in AIDS patients: a rationale for the treatment with N-acetyl cysteine. *Pharmacol.* 46:61-65.
- Fernández, A.; Verde, M. T.; Gascón, M.; Ramos, J.; Gómez, J.; Luco, D. F. and G. Chávez. 1994. *Variations of clinical biochemical parameters of laying hen and broiler chickens fed aflatoxin containing feed.* *Avian Pathol.* 23: 37-47.
- Gawai, K. R., Vodela, J. K.; Dalvi, P. S. and Dalvi R. R. 1992. *Comparative assessment of the effect of aflatoxin B₁ on hepatic dysfunction in some mammalian and avian species.* *Comparative Biochem. and Physiol.* 101 (2):415-418.
- Habig, W. H.; Pabst, M. J. and W. B. Jacoby. 1974. *Glutathione S transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation.* *J. Biol. Chem.* 249:7130-7139.
- Hayes, J. D.; McLeod, R.; Ellis, E. M.; Pulford, D. J.; Ireland, L. S.; McLellan, L. I.; Judah, D. J.; Manson, M. M. and Neal, G. E. 1996. *Regulation of glutathione S transferases and aldehyde reductase by chemoprotectors: studies of mechanisms responsible for inducible resistance to aflatoxin B₁.* IARC. 139:175-187.
- Hissin, P. J. and Hilf, R. 1976. A fluorometric method determination of oxidized and reduced glutathione in tissues. *Anal. Biochem.* 74:214-226.
- Kinscherf, R., Fischbach, T. and Mihm S. 1994. *Effect of glutathione depletion and oral N-acetyl cystine treatment on CD4+ and CD+ cells.* *FASEB.* 8:448-441.
- Kubena, L. F.; Harvey, W. E.; Huff, M. H.; Elissalde, A.; Yersin, G.; Phillips, T. D. and Rottinghaus G. E. 1993. *Efficacy of a hydrated sodium calcium aluminosilicate to reduce the toxicity of aflatoxin and diacetoxyscirpenol.* *Poultry Sci.* 72(4):51-59.
- Larsen, C.; Erlich, M.; Discoll C. and Gross, W. B. 1985. *Afaltoxin-antioxidant effects on growth of young chicks.* *Poultry Sci.* 64:2287-2291.
- Loarca-Piña, M. G. F.; Kuzmicky, P. A.; González de Mejía, E.; Kado, N. K. and Hsieh, D. P. H. 1996. *Antimutagenicity of ellagic acid against aflatoxin B₁ in the Salmonella microsuspension assay.* *Mutation Res.* 360:15-21.
- Manning, R. O. and Wyatt, R. D. 1990. Effect of cold acclimation on broiler chicks resistance to acute aflatoxicosis. *Poultry Sci.* 69:388-396.
- McGregor, J. R. 1994. Use of N-acetyl cysteine to increase intracellular glutathione during the induction of antitumor responses by IL-2. *J. Immunol.* 152:5796-5805.
- Peterson, G. L. 1977. A simplification of the protein assays method of Lowry *et al.* which is more generally applicable. *Annal. Biochem.* 58:743-764.
- Quezada, T.; Martínez, A. y Valdivia A. 1995. *Cambios biológicos en pollos de engorda producidos por la administración de Aflatoxina B₁.* Memorias de la VIII Reunión de Avances en Investigación Agropecuaria, PICP. 135-140.
- SAS Institute Inc. 1989-1996. SAS/SAT^{MR} Release 6.12 *Procedures guide for personal computers.* SAS Institute, Inc., Cary, N. C.
- Stanley, V. G.; Ojo, R.; Woldesenbet, S.; Htchinson, D. H. and Kubena L. F. 1993. *The use of Saccharomyces cerevisiae to suppress the effects of aflatoxicosis in broiler chicks.* *Poultry Sci.* 72:1867-1872.
- Wang, S. Y.; Bottje, W.; Maynard, P.; Dibner, J. and Shermer, W. 1997. *Effect of santonin and oxidized fat on liver and intestinal glutathione in broilers.* *Poultry Sci.* 76:961-967.

Enemigos naturales de *Macroductylus murinus* Bates (*Coleoptera*; *Scarabaeidae*) en San Miguel, Sierra de Manantlán, Jalisco, México

Natural enemy of *Macroductylus murinus* Bates (*Coleoptera*; *Scarabaeidae*) in San
Miguel, Sierra de Manantlan, Jalisco, Mexico

Hernández, S. ¹ y Benz, B. ²

¹ Centro de Ecología Costera, Centro Universitario de la Costa,
Universidad de Guadalajara. Gómez Farías No. 82,
San Patricio-Melaque, Municipio de Cihuatlán, Jalisco. CP 48980. México.
Correo electrónico: sahernan@costera.melaque.udg.mx

² Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad (IMECBIO),
Universidad de Guadalajara. Avenida Independencia Nacional No. 151.
Autlán de Navarro, Jalisco. C. P. 48900. México.

Resumen

Para conocer los enemigos naturales del «frailecillo» *Macroductylus murinus* en la comunidad de San Miguel, Sierra de Manantlán, Jalisco, se realizaron muestreos mensuales de julio de 1991 a junio de 1992, excepto febrero y marzo, sobre terrenos sembrados con maíz (*Zea mays* L.). Entre los enemigos naturales de larvas del «frailecillo» se encontraron: *Thiphia* sp. (*Hymenoptera*: *Tiphidae*), *Metarhizium anisopliae* (*Moniliales*: *Moniliaceae*) y *Clostridium* sp. (*Bacillaceae*: *Bacillaceae*). De los enemigos naturales asociados a la etapa adulta del «frailecillo», se encontraron: *Stenopoda* sp. (*Hemiptera*: *Reduviidae*), *Saclochia lambels* (*Diptera*: *Sarcophagidae*), *Paucetia viridans* (*Araneida*: *Oxyopidae*), *Sitticus* sp. y *Eris* sp. (*Araneida*: *Salticidae*).

Palabras clave

Enemigos naturales, *Macroductylus murinus*, maíz, Jalisco, México.

Abstract

In order to know the natural enemy of the frailecillo *Macroductylus murinus* in San Miguel, Sierra de Manantlan, Jalisco, we took samples months of larvae and adults in plots seeded with maize, from July 1991 to June 1992, except february and march. The natural enemy of frailecillo of larvae, were *Thiphia* sp. (*Hymenoptera*: *Tiphidae*), *Metarhizium anisopliae* (*Deuteromycetes*: *Moniliaceae*) and *Clostridium* sp. (*Bacillaceae*: *Bacillaceae*). The natural enemy of frailecillo of adults, were *Stenopoda* sp. (*Hemiptera*: *Reduviidae*), *Saclochia lambels* (*Diptera*: *Sarcophagidae*), *Paucetia viridans* (*Araneida*: *Oxyopidae*), *Sitticus* sp. and *Eris* sp. (*Araneida*: *Salticidae*).

Key words

Natural enemy, *Macroductylus murinus*, maize, Jalisco, Mexico.

Introducción

Los «frailecillos» como comúnmente se conoce a las especies del género *Macrodactylus* [Carrillo, 1959], son insectos que en estado adulto se alimentan de hojas, flores y frutos de varias plantas silvestres y cultivadas [Morón y Terrón, 1988]. En San Miguel, Sierra de Manantlán, Jalisco, el maíz (*Zea mays* L.) es atacado fuertemente por *Macrodactylus murinus* Bates. Este insecto emerge como adulto después de las primeras lluvias, coincidiendo con la floración de las plantas de las cuales se alimenta, evitando la fecundación y por consiguiente la formación de grano, por lo que la producción del maíz se ve afectada considerablemente [Hernández-Vázquez *et al.*, 1993]. Los únicos métodos usados para evitar su proliferación han sido los insecticidas, los cuales no han dado buenos resultados. Lo anterior crea la necesidad de continuar con estudios que nos permitan sustentar el desarrollo de otras alternativas de erradicación como el control biológico [Arredondo-Bernal, 1992]. Este trabajo tiene como objetivo identificar los enemigos naturales de larvas y adultos de *M. murinus* en la comunidad de San Miguel, Sierra de Manantlán, Jalisco. Lo anterior, como una contribución para estudios futuros encaminados hacia el manejo y regulación de esta plaga a través de medios naturales.

Material y métodos

Área de estudio

San Miguel se localiza en el extremo sur de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, en el Municipio de Cihuatlán, Jalisco, México. Geográficamente se ubica entre los 104°16' y 104°18' de longitud oeste y 19° 30' y 19° 33' de latitud norte, con altitudes desde los 1,500 a 1,900 m sobre el nivel medio del mar. Tiene una extensión de 244 hectáreas [Hernández-Vázquez *et al.*, 1993]. Se caracteriza por tener un clima templado, y con una temperatura promedio anual de 18° C y precipitaciones pluviales de 1,500 mm [García, 1973]. En San Miguel se practica la agricultura de temporal que inicia cuando caen las primeras lluvias, generalmente en mayo. Antes de la siembra se derriba la vegetación existente y se quema; las parcelas, conocidas como «coamiles», se siembran con «coa» levantando la cosecha a finales de diciembre, durante el desarrollo vegetativo del maíz y antes de producir sus frutos, se corta la hierba una a dos veces con machete, con las que se eliminan las plantas no deseadas [Benz *et al.*, 1990].

Para detectar enemigos naturales de *Macrodactylus murinus* se realizaron muestreos mensuales sobre una parcela de maíz, de julio de 1991 a junio de 1992, excepto en febrero y marzo. Para la búsqueda de enemigos naturales de las larvas del «frailecillo», se escogieron veinte puntos aleatoriamente en el interior de una parcela de maíz, y en cada punto se extrajo la tierra de un área aproximada de 35 x 35 x 35 cm de profundidad. El suelo extraído fue revisado en el mismo lugar colectando las larvas; posteriormente éstas fueron transportadas y conservadas vivas en el laboratorio, donde fueron

revisadas diariamente en busca de evidencias que indicaran la presencia de algún enemigo natural.

Para detectar los enemigos naturales de los adultos de *M. murinus* se escogieron aleatoriamente veinte plantas de maíz en el interior de una parcela; en cada planta se recolectó manualmente a todos los adultos del «frailecillo», los cuales fueron trasladados vivos al laboratorio, en donde fueron confinados en jaulas de 50 x 50 x 30 cm. Periódicamente las jaulas se revisaron y los adultos que se encontraban vivos o muertos con alguna evidencia de enemigos naturales fueron separados y colocados en frascos de plástico de 9 x 7 cm con una capa de tierra arcillosa de 8 cm en su interior. La separación de los «frailecillos» de las jaulas fue para que los enemigos naturales (en el caso de insectos) pudieran completar su ciclo de vida, y obtener los estados adultos para su posterior identificación. En el interior de las jaulas se colocaron espigas de maíz como alimento, además de algunos pastos como *Chaetium bromoides*, *Panicum maximum*, *Paspalum candidum* y *Cenchrus echinatus*. La selección de estos pastos como fuente de alimento de los adultos del «frailecillo» se consideró con base a las observaciones efectuadas en campo por Hernández-Vázquez *et al.* [1993].

Resultados

De acuerdo a las colectas realizadas de julio de 1991 a junio de 1992, se obtuvieron un total de 2 755 individuos; 172 larvas y 2 583 adultos del «frailecillo». Se registró la presencia de un total de ocho especies de enemigos naturales, dentro de los cuales se incluyen grupos taxonómicos de parasitoides, depredadores y patógenos (Cuadro 1).

Enemigos naturales de larvas de *M. murinus*

Se recolectaron tres especies de enemigos naturales asociados a los estados larvarios del «frailecillo».

Tiphia sp. La presencia de este himenóptero fue baja, capturando sólo a cuatro individuos en estado larvario. Este ectoparásito se observó a principios de agosto adherido a los lados de la larva del «frailecillo», quince días después alcanzó un tamaño igual al de su hospedero, separándose posteriormente para pupar, permaneciendo así aproximadamente un mes, alcanzando su estado adulto a finales de septiembre.

Metarhizium anisopliae. La presencia de este hongo entomopatógeno fue registrada durante los meses de julio, agosto y septiembre, afectando a un total de 14 larvas. Los individuos más afectados por este hongo presentaban el cuerpo totalmente rígido y seco, con micelos en el cuerpo.

Clostridium sp. Esta bacteria fue detectada únicamente en los meses de febrero (en 4 individuos), abril (en 3 individuos) y junio (en 3 individuos). Aunque su identificación no se pudo realizar en el laboratorio, las características presentadas por las larvas de *M. murinus* infectadas por esta bacteria coinciden con las observadas por Arredondo-Bernal [1962], como lo son el cuerpo acuoso y manchas de color pardo oscuro.

Enemigos naturales de adultos de *M. murinus*

Se registró la presencia de cinco especies de enemigos naturales asociados a los adultos. *Saclochia lambels*, es un díptero del cual se recolectaron un total de 20 individuos entre los meses de octubre (8), noviembre (6) y diciembre (6). Únicamente a principios del mes de noviembre se observó a este díptero en estado larvario, dentro del abdomen de un adulto, de donde emergió posteriormente para pupar, permaneciendo así hasta finales de noviembre cuando apareció en estado adulto. Los adultos del *M. murinus* parasitados por *S. lambels* presentaron una inflamación de la parte dorsal del abdomen, sobresaliendo de los márgenes de los élitros.

Durante las visitas a campo, también se registró la presencia de algunos depredadores como *Stenopoda* sp., *Paucetia viridans*, *Sitticus* sp. y *Eris* sp. Aunque a lo largo del año su presencia en el área de estudio fue alta, únicamente en septiembre, octubre y noviembre fueron observados alimentándose de los adultos del «frailecillo» (8, 12, 5 y 7 individuos, respectivamente).

Cuadro 1. Grupos taxonómicos de enemigos naturales de *Macroductylus murinus* recolectados en San Miguel, Sierra de Manantlán, Jalisco (México).

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE
Insecta	Diptera	Sarcophagidae	<i>Saclochia lambels</i>
	Hymenoptera	Tiphidae	<i>Tiphia</i> sp.
	Hemiptera	Reduviidae	<i>Stenopoda</i> sp.
Arácnida	Araneidae	Oxyopidae	<i>Paucetia viridans</i>
		Salticidae	<i>Eris</i> sp.
			<i>Sitticus</i> sp.
Deuteromycetes	Moniliales	Moniliaceae	<i>Metarhizium anisopliae</i>
Firmibacterias	Bacillaceae	Bacillaceae	<i>Clostridium</i> sp.

Discusión

Las diferencias en el número de larvas del «frailecillo», en comparación con el número de adultos, se atribuye a que las larvas se distribuyen tanto dentro como fuera de los sitios de cultivo de maíz, por lo que su densidad disminuyó dentro de los sitios de muestreo [Hernández-Vázquez *et al.*, 1993; MacGregor, 1952], a diferencia de los adultos que una vez que emergen se concentran principalmente en sitios de cultivos de maíz.

Las especies del género *Tiphia* sp. son ectoparásitos que atacaron a larvas del tercer estadio del «frailecillo». La ubicación en su hospedero puede ser ventral, lateral y dorsalmente. En San Miguel, los cuatro individuos de *Tiphia* sp. fueron observados en la parte lateral de las larvas del «frailecillo». Algunas de estas especies han sido utilizadas para la lucha biológica de plagas de escarabeidos, sin ser exitoso; esto, debido a que ovipositan en lugares cercanos donde encuentra alimento, siendo un factor que limita su eficacia como enemigo natural, ya que puede encontrarse en áreas donde no hay infestaciones altas del insecto plaga [Clausen, 1940], razón por la cual se le puede atribuir el número bajo de estos insectos parasitando a las larvas de los «frailecillos» en San Miguel.

La vía de penetración del hongo *M. anisopliae* es por medio del aparato digestivo, orificio nasal, genitales y estigmas respiratorios [Delmas, 1983; Schabel, 1976]. Todos los estados de desarrollo del insecto son sensibles a las infecciones por este hongo entomopatógeno, existiendo diferencia en la sensibilidad de cada una de sus etapas de desarrollo, en el que los estados más jóvenes son los que presentan mayor sensibilidad [Ferrer, 1985]. Con ello se explica el por qué en San Miguel se encontró a este hongo únicamente sobre estados larvarios del «frailecillo». Arredondo-Bernal [1992], considera que la producción masiva de este hongo en laboratorio y su liberación en San Miguel tendría buenos resultados para el control del «frailecillo», ya que en este lugar la humedad es de 80-90%, la cual es adecuada para la germinación de las esporas de *M. anisopliae*. Sin embargo, su potencial en el manejo del «frailecillo» se desconoce, surgiendo la necesidad de efectuar estudios con el fin de conocer el comportamiento de las cepas y su agresividad en los diferentes estados biológicos de la plaga bajo condiciones de laboratorio, antes de pensar en su aplicación en campo.

Clostridium sp. es una bacteria que ha sido reportada en Tlaxcala, México infectando a *M. nigripes* [Arredondo-Bernal, 1992]. Esta bacteria se le encontró en San Miguel infestando a larvas del tercer estadio de *M. murinus*. La reproducción de esta bacteria en medios artificiales es difícil, por lo que su uso podría ser limitado por esto; tendría pocas posibilidades de ser desarrollado como bioinsecticida, por lo que una alternativa para su reproducción sería la utilización de material vivo para ser sometido a la infestación de la bacteria [Poinar y Thomas, 1978].

Sacloxdia lambels es un díptero que se observó asociado a los adultos del «frailecillo»; su mecanismo de penetración se desconoce, pero las especies de la familia *Sarcophagidae*, a la que pertenece esta especie exhiben varios mecanismos de oviposición; algunas larvipositan sobre o cerca del huésped [Cole, 1969], otros colocan su progenie aparte

del huésped y otras especies son capaces de penetrar el integumento del huésped para larvipositar o introducir el huevo a través del aparato bucal [Hagen, 1964]. La posibilidad de usar a este díptero como un agente de regulación es promisorio, por lo que la factibilidad de establecer una cría masiva representa un problema, debido a su limitado rango de huéspedes [Arredondo-Bernal, 1992].

La presencia de los depredadores *Stenopoda* sp., *Paucetia viridans*, *Sitticus* sp. y *Eris* sp. fue registrada durante todo el año de muestreo, debido a que estas especies no presentan un alto grado de especificidad e incluyen en su dieta a una gran variedad de presas que pueden obtener a lo largo del año. El que se hayan observado solamente en septiembre, octubre y noviembre alimentándose de los adultos del «frailecillo», se debe a que durante este periodo se registró la mayor abundancia de éstos [Hernández-Vázquez *et al.*, 1993], haciéndolos presas más accesibles. Este grupo de depredadores no pueden ser empleados satisfactoriamente en una lucha biológica, debido a que no presentan un alto grado de especificidad; sin embargo, si pueden ayudar junto con otros agentes controladores, como parasitoides o patógenos para el control de una plaga [Borror *et al.*, 1976].

Conclusiones

Los estudios sobre el potencial de los enemigos naturales para la regulación natural de plagas son escasos, por lo que es necesario continuar con los estudios detallados, sobre todo de las especies encontradas en San Miguel, si se piensa en su utilización para la lucha en contra de *M. murinus*.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias al apoyo del Instituto de Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad (IMECBIO). Los autores agradecen al Dr. Hugo de Souza Lopes, M. en C. Hugo Arredondo-Bernal y al M. en C. Ignacio Vázquez por su apoyo en la identificación de los diferentes grupos de enemigos naturales. A la Biól. Carmen Valadéz G. por su ayuda en el desarrollo de la versión final del manuscrito.

Literatura citada

- Arredondo-Bernal, H. 1992. Enemigos naturales y respuesta de *Macrodactylus* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) a atrayentes alimenticios en Tlaxcala y Jalisco, México. Tesis de maestría. Centro de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.
- Benz, B. F.; Sánchez-Velásquez, L. R. and Santana-Michel, F. J. 1990. *Ecology and ethnobotany of Zea diploperennis: Preliminary investigations*. Madyca. 35:85-98.
- Borror, D. J.; DeLong, D. M. and Triplehorn, C. A. 1976. *An Introduction on the study of insects fourth*. Fourth Edition. New York.
- Carrillo, J. L. 1959. Estudios taxonómicos sobre las especies mexicanas del género de *Macrodactylus* Latr. y observaciones biológicas de algunas especies. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- Clause, C. P. 1940. *Entomophagous insects*. Hafner Publishing Company, New York.
- Cole, F. R. 1969. *The flies of western North America*. University of California Press. Berkeley and Los Angeles. Pp. 941-584.
- Delmas, J. C. 1983. Influence du lieu de contamination tegumentaire sur le developpement de la mycose a *Beuveria tenella* (Delacr.) Siem. (Fungi-Imperfect.) chez les larves du coleoptere (*Melolontha melolontha*). L. C. R. Acad. Sci. 277:433-435.
- Ferror, P. 1985. *Fugal Control*. In: Kerkut G. A. and Gilbert., L. I. (Eds.) «Comprehensive insect physiology biochemistrty and pharmacology», Toronto, Canadá.
- Hagen, K. S. 1964. *Estados de desarrollo de los parásitos*. En: DeBeach, P. (ed.). Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. CECSA. México, D. F. 205-282.
- Hernández-Vázquez, S.; Benz, B. F. y Arredondo, H. B. 1993. Densidad estacional de *Macrodactylus murinus* (Coleoptera; Scarabaeidae), en San Miguel, Sierra de Manantlán, Jalisco. Agrociencias. 4:187-195.
- MacGregor, L. R. 1952. *El frailecillo*. Boletín Fitófilo. Oficina de investigación. Dirección General de Defensa Agrícola, SAG, San Jacinto, México, D. F. 8:37-40.
- Morón, M. A. y R. A. Terrón. 1988. *Entomología práctica*. Instituto de Ecología. México. D. F. 1ª. Edición. 504 p.
- Poinar, Jr. G. O. and Thomas, G. M. 1978. *Diagnostic manual for the identification of insect pathogens*. Plenum Press, New York & London.
- Schabel, H. G. 1976. *Oral infection of Hylobius pales by M. anisopliae*. J. Invertebr. Pathol. 27:377-383.

Necesidades de metionina + cistina para pollos de engorda en iniciación

Methionine + cystine requirements for starting broiler chicks

Morales, J. E. ¹ y Ávila, E. ²

¹ Centro Nacional de Investigación y Desarrollo en Fisiología.
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.
Km 1 Vía Colón-Ajuchitlán, Querétaro;
Campo Experimental Valle de México y Posgrado Interinstitucional
en Ciencias Pecuarias, Universidad de Colima.
Correo electrónico: elmb@servidor.unam.mx

² Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal:
Aves. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,
Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D. F.

Resumen

Con el fin de conocer las necesidades de aminoácidos metionina + cistina (Met + Cis) de pollos de engorda, durante la etapa de iniciación se realizaron tres experimentos, bajo un diseño completamente al azar con pollitos de engorda «Indian River» sin sexar, de 1 a 21 días de edad. Cada tratamiento fue por triplicado en grupos de 12 aves cada uno. En el primer experimento, una dieta a base de sorgo y pasta de soya con 22% de proteína y 3,000 Kcal de energía metabolizable (EM) por kg fue suplementada con DL-Met en distintas cantidades para contar con cinco niveles de Met + Cis; 0.69%, 0.76%, 0.83%, 0.90% y 0.97%. Los resultados obtenidos para ganancia total de peso (506b, 570ab, 578ab, 617a y 585a g) y eficiencia alimenticia (0.63b, 0.69a, 0.68ab, 0.72a y 0.70a) fueron diferentes ($P < 0.05$) entre tratamientos. En el segundo experimento se empleó una dieta similar (23% proteína; 3,000 Kcal EM/kg) y suplementada con DL-Met en distintas proporciones para evaluar cinco niveles de Met + Cis (0.68%,

Abstract

The purpose of this study was to determine the requirements of methionine + cystine (Met + Cys) for starting broilers (0-3 weeks). Three trials were carried out with unsexed Indian River broiler chicks under a completely randomized design using three repetitions (12 broilers each) per treatment. In Experiment one, a sorghum + soybean meal diet with 22% crude protein (CP) and 3000 Kcal ME/kg was supplemented with DL-Met to obtain 0.69, 0.76, 0.83, 0.90 and 0.97% of Met + Cys levels. Results for body weight gain (506b, 570ab, 578ab, 617a, 585a g) and feed efficiency (0.63b, 0.69a, 0.68ab, 0.72a, 0.70a) were different ($P < 0.05$). In Experiment two, a similar diet (23% CP; 3000 kcal ME/kg) was supplemented with DL-Met to obtain 0.68, 0.75, 0.82, 0.90 and 0.97% Met + Cys levels. Results were different ($P < 0.05$) for feed intake (670c, 693ab, 725ab, 732a, 721ab), body weight gain (420c, 454bc, 492ab, 508a, 493a) and feed efficiency (0.62a, 0.65ab, 0.68ab, 0.69a, 0.68ab). In Experiment three, a

0.75%, 0.82%, 0.90%, y 0.97%). Los datos fueron diferentes ($P < 0.05$) para consumo de alimento (670c, 693ab, 725ab, 732a y 721ab g), ganancia de peso (420c, 454bc, 492ab, 508a y 493a g) y eficiencia alimenticia (0.62a, 0.65ab, 0.68ab, 0.69a y 0.68ab). En el tercer experimento, una dieta semejante (22 % proteína; 3,100 kcal EM/kg) fue utilizada para evaluar cinco niveles de Met + Cys (0.66%, 0.74%, 0.82%, 0.89% y 0.97%). Los resultados obtenidos fueron diferentes ($P < 0.05$) en consumo de alimento (654a, 691ab, 746a, 713ab y 714ab g), ganancia de peso (445ab, 493ab, 551ab, 552a y 537a g) y eficiencia alimenticia (0.68a, 0.71ab, 0.74ab, 0.77b y 0.75b). De acuerdo con estos resultados, dietas para pollos de engorda en iniciación (1 a 21 días de edad) con 0.90 % de Met + Cys como aminoácidos totales, equivalentes a 0.81% de Met + Cys digeribles, causan un mayor aumento de peso corporal y mejor eficiencia alimenticia.

Palabras clave

Pollo de engorda, aminoácidos, requerimientos totales, metionina + cistina.

similar diet (22 % CP; 3100 kcal ME/kg) was supplemented with DL- Met to obtain 0.66, 0.74, 0.82, 0.89 and 0.97 % Met + Cys levels. Results were different ($P < 0.05$) for feed intake (654a, 691ab, 746a, 713ab, 714ab g), body weight gain (445ab, 493ab, 551ab, 552a y 537a g) and feed efficiency (0.68a, 0.71ab, 0.74ab, 0.77b y 0.75b). According to these results, diets for broilers in starting phase (1-21 days age) with 0.90% total Met + Cys, equivalent to 0.81% digestible Met + Cys, increase body weight gain and feed efficiency in this study.

Key words

Broilers, amino acids, total requirements, methionine + cystine.

Introducción

Los aminoácidos esenciales en la dieta tienen una influencia importante sobre el costo del alimento y el rendimiento de las aves, sus niveles recomendados en diversas publicaciones sirven como guías, no definitivas, para ser utilizadas en la formulación de alimento. En México las dietas para pollo de engorda tienen como base sorgo, complementado con pasta de soya, y los aminoácidos sulfurados (metionina y cistina) son los de primera limitación; por lo tanto, es necesario agregar esos aminoácidos para prevenir retraso del crecimiento, problemas de emplume y depósito de grasa en el canal provocadas por un desbalance de aminoácidos [Anónimo, 1991; Jensen, 1992; Kerr, 1993 y Murillo, 1976]. Los aminoácidos sintéticos permiten ajustar las dietas para evitar deficiencias o excesos de aminoácidos esenciales en las aves [Moran, 1992 y Pinchasov *et al.*, 1990], evitando así el desperdicio de nitrógeno que el animal no puede convertir en proteínas para el cuerpo y que produce un impacto negativo en la contaminación ambiental por exceso de nitrógeno en las camas [Kerr, 1993].

En los estudios realizados para conocer la influencia de distintos niveles de aminoácidos azufrados (metionina y cistina), se ha encontrado un óptimo rango amplio (0.79% - 0.93%) para el crecimiento de los pollos de engorda [NRC, 1994]; en este sentido el objetivo del presente estudio, fue evaluar distintos niveles de aminoácidos azufrados en el pollo de engorda en iniciación en dietas con base en sorgo, que es el principal grano empleado en México y complementadas con pasta de soya, a los niveles de formulación de proteína cruda y energía metabolizable empleados comúnmente en el altiplano mexicano [Cuca *et al.*, 1996].

Material y métodos

Se realizaron tres experimentos con pollitos de 1 a 21 días de edad, los cuales se alojaron en baterías eléctricas con pisos de rejillas y temperatura regulada por termostato. En cada experimento se utilizaron 180 pollitos de engorda para evaluar cinco niveles de DL-metionina, en cinco tratamientos con tres repeticiones de 12 aves cada una, distribuidas completamente al azar. Durante el transcurso de los experimentos se les ofreció agua y alimento *ad libitum*. Las dietas experimentales fueron con base de sorgo y pasta de soya; las dietas formuladas en los tres experimentos (Cuadro 1) cubrieron por cálculo las necesidades de nutrientes (a excepción de metionina + cistina).

En el primer experimento, la dieta contenía 22% de proteína cruda (PC) y 3,000 Kcal de energía metabolizable (EM) por kg y fue suplementada con DL-metionina (a expensas del azúcar de la dieta), para contar con 0.69%, 0.76%, 0.83%, 0.90% y 0.97% de metionina + cistina (Met + Cis) total. En el segundo experimento la dieta tuvo 23% de PC y 3,000 kcal EM/kg, con cinco niveles de DL-metionina para tener 0.68%, 0.75%, 0.90% y 0.97% de Met + Cis. En el tercer experimento, la dieta contenía 22% de PC y 3,100 Kcal EM/kg con 0.66%, 0.74%, 0.82%, 0.89%, y 0.97% de Met + Cis. Los experimentos se realizaron de la primera a la tercera semanas de vida; se registró el consumo de alimento y los pollitos fueron pesados al inicio y al final del experimento, con el fin de obtener los valores de consumo de alimento y ganancia de peso; la eficiencia alimenticia se calculó dividiendo la ganancia de peso entre el consumo de alimento. Los datos se sometieron por medio del paquete estadístico SAS (1985), a un análisis de varianza y las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey; asimismo, se obtuvo el modelo de regresión que mejor explicara las variables de respuesta [Neter y Wasserman, 1974].

Cuadro 1. Composición de las dietas de 0 a 3 semanas para evaluar diferentes niveles de metionina + cistina en pollos de engorda.

<i>Ingredientes (%)</i>	<i>Experimento</i>		
	1	2	3
Sorgo	55.109	52.255	50.952
Pasta de la soya	36.696	39.090	38.628
Aceite	3.827	4.340	6.080
Ortofosfato de calcio	1.862	1.850	1.859
Carbonato de calcio	1.477	1.470	1.469
Sal	0.350	0.350	0.350
DL-metionina	0	0	00.006
L- treonina	0.042	0	00.006
Vitaminas*	0.250	0.250	0.250
Minerales *	0.100	0.100	0.100
Azúcar **	0.288	0.295	0.306
	Análisis calculado		
Proteína cruda	22	23	22
Metionina	0.33	0.32	0.31
Metionina + Cistina	0.69	0.68	0.66
Lisina	1.24	1.33	1.31
Treonina	0.80	0.81	0.80
Fósforo disponible	0.45	0.45	0.45
Calcio total	1.10	1.10	1.10
EM, Kcal/kg	3000	3000	3100

* *Cuca et al.* (1996).

** A expensas del azúcar se realizó la adición de DL- metionina.

Resultados

Los resultados obtenidos en promedio se pueden observar en el Cuadro 2. Para el primer experimento en el consumo de alimento no existió diferencia ($P > 0.05$) entre los niveles de Met + Cis, se observó un incremento en ganancia de peso y eficiencia alimenticia al aumentar el nivel de Met + Cis hasta llegar a 0.90%. En ganancia de peso y eficiencia existió un efecto cuadrático; para ganancia de peso la ecuación fue $Y = -1265.74 + 4129.9X - 2350.59 X^2$ ($r^2 = 0.98$), y para eficiencia alimenticia $Y = -0.4285 + 2.497X - 1.367 X^2$ ($r^2 = 0.95$). El nivel óptimo para ambas variables fue 0.90% de metionina + cistina. En el segundo experimento, el consumo de alimento, la ganancia de peso y la eficiencia incrementaron al aumentar el nivel de Met + Cis ($P < 0.05$) hasta 0.90%. Las ecuaciones fueron para consumo $Y = -261.898 + 2198.64 X - 1219.09 X^2$ ($r^2 = 0.98$), y para ganancia de peso $Y = -733.84 + 2797.45X - 1532.73 X^2$ ($r^2 = 0.98$). La eficiencia alimenticia fue mejor ($P < 0.05$) también con 0.90% de Met + Cis al igual que ganancia de peso y consumo de alimento; de nuevo en este estudio 0.90% fue el nivel óptimo. En el tercer experimento hubo un efecto cuadrático ($P < 0.05$) en ganancia de peso $Y = -1071.11$

+ 3647.92 X - 2048.44 X² (r² = 0.98) y en eficiencia alimenticia (Y = - 0.1944 + 2.06 X - 1.109 X²), se observó una mejor respuesta a 0.90% de Metionina + Cistina.

Cuadro 2. Datos obtenidos de 0 a 3 semanas en pollos alimentados con dietas a base de sorgo y pasta de soya con diferentes niveles de metionina + cistina.

<i>Nivel de Met (%)</i>	<i>Consumo de alimento (g)</i>	<i>Ganancia de peso (g)</i>	<i>Eficiencia alimenticia</i>
Experimento 1			
0.69	796	506 ^b	0.63 ^b
0.76	826	570 ^{ab}	0.69 ^a
0.83	847	578 ^{ab}	0.68 ^{ab}
0.90	865	617 ^a	0.72 ^a
0.97	828	585 ^a	0.70 ^a
EEM	19	12	0.002
Experimento 2			
0.68	670 ^c	420 ^c	0.62 ^b
0.75	693 ^{bc}	454 ^{bc}	0.65 ^{ab}
0.82	725 ^{ab}	492 ^{ab}	0.68 ^{ab}
0.90	732 ^a	508 ^a	0.69 ^a
0.97	721 ^{ab}	493 ^a	0.68 ^{ab}
EEM	6	8	0.013
Experimento 3			
0.66	654 ^a	445 ^b	0.68 ^a
0.74	691 ^{ab}	493 ^{ab}	0.71 ^{ab}
0.82	746 ^a	551 ^a	0.74 ^{ab}
0.89	713 ^{ab}	552 ^a	0.77 ^b
1.97	714 ^{ab}	537 ^a	0.75 ^b
EEM	17	13	0.010

a, b, c. Medias con distinta literal en la misma columna del mismo experimento son diferentes (P < 0.05).

EEM = Error estándar de la media.



Discusión

En México, la combinación sorgo y pasta de soya es la más usada en las dietas para pollos de engorda; estos ingredientes aportan la mayor cantidad de energía y proteína. Tales dietas se suplementan normalmente con pequeños porcentajes de otras fuentes de proteína y aminoácidos sintéticos. En estos experimentos hubo un incremento en ganancia de peso y eficiencia alimenticia; esto último concuerda con los resultados presentados por Baker *et al.*, 1983; Bertram, 1992; Nelson *et al.*, 1960; Summers *et al.*, 1992; Wheeler y Latshaw, 1981, quienes han mostrado que la suplementación de metionina mejora el valor alimenticio de dietas donde la pasta de soya es la principal fuente de proteína y este aminoácido es su primer limitante. De los resultados obtenidos en este estudio, se puede concluir que las necesidades de Met + Cis en pollos de 0 a 3 semanas con dietas a base de sorgo y pasta de soya son de 0.90 %, valor similar al recomendado por NRC [1994], no obstante que los niveles de EM y proteína fueron menores a los recomendados por el NRC [1994] de (3200 Kcal de EM/kg y 23 % de proteína). Los aminoácidos digeribles son mejores indicadores que los aminoácidos totales. El NRC, 1994, señala que las necesidades de aminoácidos digeribles, son alrededor de 8 a 10 más bajas que los valores determinados de aminoácidos totales cuando se emplean ingredientes altamente digeribles como el maíz, el sorgo y la pasta de soya. Con base en lo anterior, los resultados de este trabajo indican que este valor equivale a una necesidad de 0.81% de aminoácidos azufrados digeribles.

Conclusión

En dietas para pollos de engorda en iniciación (1 a 21 días de edad) con 0.90 % de Met + Cis como aminoácidos totales, equivalentes a 0.81% de Met + Cis digeribles, causan un mayor aumento de peso corporal y mejor eficiencia alimenticia.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a Fermentaciones Mexicanas, S. A. de C. V. por la donación de los aminoácidos sintéticos para realizar este trabajo.

Literatura citada

- Anónimo. 1991. Requerimientos de aminoácidos. Efecto de antagonismos y criterios. *Avic. Prof.* 6:107-108.
- Baker, D. H.; Halpin, K. M.; Czarnecki, G. L. and Parson, M. C. 1983. *The choline methionine interrelationship for growth of the chick.* *Poult Sci.* 62:133-137.
- Bertram, D. H. 1992. DL - Methionine, its influence on the fat content of broiler carcass. Hanau, Germany: Deggusa, AC.
- Cuca, G. M.; Ávila, G. E. y Pró, M. A. 1996. Alimentación de las Aves. Chapingo, Estado de México. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Jensen, S. L. 1992. Relación entre los aminoácidos y las proteínas, problemas de campo. *Ind. Avic.* 39:24-31.
- Kerr, B. J. 1993. *Revisión crítica de la investigación sobre dietas bajas en proteínas y suplementadas con aminoácidos sintéticos.* Memorias del Cuarto Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Aminoácidos Sintéticos de Fermentaciones Mexicanas, S. A. de C. V.; septiembre 24, México. D. F. Fermentaciones Mexicanas, S. A. de C. V. 35-38.
- Morán, T. E.; Bushong, D. R. Jr. and Bilgili, F. S. 1992. Reducing dietary crude protein for broilers while satisfying amino acid requirement by least - cost formulation, live performance, litter composition and yield of fast - food carcass cut at six weeks. *Poult Sci.* 71:1687-1694.
- Murillo, M. G.; Jensen, S. L.; Ruff, D. M and Rahn, P. A. 1976. *Effect of dietary methionine status on response of chicks to coccidial infection.* *Poult Sci.* 55:1840-1847.
- National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th ed. Washington, D.C. National Academy Press.
- Nelson, T. S.; Young, J. R.; Bradfield, B. R.; Anderson, B.; Nomis, C. L.; Hill, W. F and Scott, L. M. 1960. Studies on the sulfur amino acid requirements on the chick. *Poult Sci.* 39:308-314.
- Neter, J., Wasserman, W. 1974. Applied linear statistical models. R. D. Irwin, Inc. Homewood, Ill. U. S. A.
- Pinchasov, Y.; Mendoca, C. X. and Jensen, S. L. 1990. *Broiler chick response to low protein diets supplemented with synthetic amino acids.* *Poult Sci.* 69:1950-1955.
- SAS, 1985. Institute Inc. SAS User's Guide, version 5 Edition. Cary, North Carolina, U. S. A.
- Summers, J. D.; Spratt, D. and Atkinson, L. J. 1992. Broiler weight gain and carcass composition when fed diets varying in amino acid balance, dietary energy and protein level. *Poult Sci.* 71:263-273.
- Wheeler, K. B. and Larshaw, J. D. 1981. Sulfur amino acid requirement and interaction in broilers during two growth periods. *Poult. Sci.* 60:228-236.

Efecto de la ración alimenticia en el crecimiento de juveniles de tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner) bajo condiciones experimentales de cultivo

Effect of the feeding ration on the growth of tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner) juveniles under laboratory culture conditions

García-Ulloa, M.

Laboratorio de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Guadalajara, A. P. 3.
Barra de Navidad, Jalisco, C. P. 48987, México. Tel. y fax: 335 5-51-30.
Correo electrónico: manuelgu@uagunix.gdl.uag.mx / turboagu@hotmail.com

Resumen

Se evaluó el crecimiento de juveniles (2.77 g de peso promedio) de la tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner), cultivados con diferentes raciones alimenticias bajo condiciones experimentales de laboratorio. Los tratamientos consistieron en el suplemento alimenticio de 6, 8 y 10% del peso de la biomasa total, los cuales fueron estudiados por triplicado en peceras de vidrio de 113 L de capacidad, ajustando una densidad inicial de 25 peces por acuario. El ensayo tuvo una duración de 35 días, y se realizaron biometrías (peso húmedo) cada 7 días. El crecimiento específico no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, registrando un promedio de 5.45%/d. Sin embargo, la conversión alimenticia y utilización del alimento obtenida para el grupo del 6% sugieren una mejor eficiencia en el aprovechamiento del alimento.

Palabras clave

Oreochromis aureus, ración alimenticia, crecimiento.

Abstract

Growth of *Oreochromis aureus* juveniles testing different feeding rations (6, 8 and 10% of the total body weight) was studied culturing them in 113 L aquaria at a density of 25 fish per aquarium (3X). The initial mean fish body weight was 2.77 g. Food amount was weekly adjusted by determining the fish body weight. There were no significant differences ($P > 0.05$) in the specific growth rate after 35 experimental days. However, the feed conversion and food utilization ratios obtained for the 6% group, indicated a better growth efficiency.

Key words

Oreochromis aureus, feeding ration, growth.

Introducción

El crecimiento de los organismos acuáticos en cautiverio está influenciado por factores externos entre los que destaca la ración alimenticia. El conocimiento de la ración óptima para cualquier especie significa el suministrar el alimento necesario para alcanzar la mayor eficiencia en la conversión del mismo, logrando el máximo crecimiento de los organismos. La cantidad de alimento varía en función de la demanda energética que es principalmente caracterizada por la edad de los peces y la especie. La cantidad de comida requerida para los primeros estadios de vida es mayor debido a la energía demandada por el acelerado metabolismo que se canaliza en la formación de tejido somático, derivando en un rápido crecimiento. De esta manera, la ración alimenticia en esa etapa de vida debe ser ajustada continuamente y dicha cantidad disminuye conforme los animales alcanzan la edad adulta. Por ejemplo, Ron *et al.* [1995] evaluaron el crecimiento de la tilapia *Oreochromis mossambicus* ajustando la ración alimenticia inicial a 18 % del peso de la biomasa total de las crías, la cual fue disminuida hasta 4 % cuando los animales alcanzaron una edad de 126 días. Al-Ahmad *et al.* [1988], reportaron una ración alimenticia óptima de 2% del peso corporal para juveniles de 70 a 130 g de peso de la tilapia *Oreochromis spilurus* y de 1.5% para animales con un peso de 250 a 400 g, cultivados en agua salada. Twibell y Brown [1998], alimentaron con dietas vegetales a juveniles de un híbrido de tilapia (*O. niloticus* X *O. aureus*) con un peso promedio de 21 g y a una ración alimenticia de 3% del peso corporal, la cual fue ajustada cada 14 días y mantenida durante 10 semanas. Siddiqui *et al.* [1997], evaluaron la respuesta reproductiva del mismo híbrido probando raciones alimenticias que fluctuaron desde 0.5 a 3 % del peso corporal. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de tres raciones alimenticias en el crecimiento de juveniles de la tilapia *O. aureus*, bajo condiciones experimentales de cultivo.

Material y métodos

Animales experimentales

Más de 1,000 crías de tilapia *O. aureus*, con un peso promedio de 0.13 ± 0.11 g fueron donadas por el Centro de Ecología Costera de la Universidad de Guadalajara, al Laboratorio de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Guadalajara, en la costa sur del Estado de Jalisco. Los peces fueron aclimatados y mantenidos en un tanque de 3,000 L de capacidad con aireación constante, durante el tiempo necesario hasta que alcanzaron un peso promedio experimental superior a 2.5 g. En dicho contenedor los animales fueron alimentados hasta saciarse con una dieta comercial (migaja con un contenido de 40% proteína base, SuperZiegler) cuatro veces al día (8:00, 12:00, 16:00 y 20:00 horas). El agua de cultivo registró una ligera fluctuación en el gradiente de temperatura ($27 \pm 1.2^\circ\text{C}$), la salinidad y el foto periodo se mantuvieron estables durante el periodo de aclimatación (0.5 g de sal por litro y 12 horas luz: 12 horas oscuridad, respectivamente), que fue de 35 días.

Procedimiento experimental

El experimento de crecimiento se realizó en nueve peceras de vidrio de 113 L de capacidad, las cuales fueron provistas de aireación constante por medio de una piedra difusora de aire. La densidad inicial de peces fue de 25 animales por pecera, con un peso promedio de 2.77 ± 0.03 g. Se realizaron biometrías (peso húmedo) al inicio del ensayo y cada siete días durante 35 días, para ajustar las raciones alimenticias experimentales de 6, 8 y 10% del peso de la biomasa total por pecera. Cada tratamiento fue evaluado por triplicado. Los peces fueron alimentados tres veces al día (8:30, 13:30 y 18:30 horas) con la misma dieta utilizada en el periodo de aclimatación. Los desperdicios de alimento y heces fueron sifoneados y se realizó un recambio de 50% de agua de cada pecera todos los días. La temperatura, pH y contenido de oxígeno en el agua se monitorearon diariamente registrando valores apropiados para el cultivo de *O. aureus* ($29.0 \pm 0.6^\circ\text{C}$, 8.00 ± 0.14 y 4.51 ± 0.47 mg/l, respectivamente, Chervinski, 1982).

Evaluación del crecimiento

Los resultados de las biometrías fueron evaluados por medio del crecimiento específico (CE, % peso corporal/d), el cual fue calculado como $CE = 100 \times (\ln Pf - \ln Pi) / t$, donde Pf = peso promedio al final del periodo experimental, Pi = peso promedio al inicio del periodo experimental, y t = días del periodo experimental (Ricker, 1975). La ganancia en peso promedio por día (GPPD, g/d) fue calculada como $GPPD = (Pf - Pi) / t$. La utilización del alimento fue obtenida mediante el cálculo de la conversión alimenticia ($CA = \text{peso seco del alimento (g)} / \text{ganancia en peso (g)}$) y el aprovechamiento del alimento ($UA = \text{ganancia en peso (g)} / \text{peso seco del alimento (g)} \times 100$). Se obtuvo el consumo de alimento (CAL, % peso corporal/d) después de los 35 días experimentales, calculando $CAL = \text{cantidad diaria de alimento (g)} / \text{media geométrica} \times 100$.

Los parámetros de crecimiento fueron comparados por medio de un análisis de varianza simple. Las diferencias entre las medias fueron detectadas a un nivel de significancia de 95%, usando la prueba de rangos múltiples de Tukey.

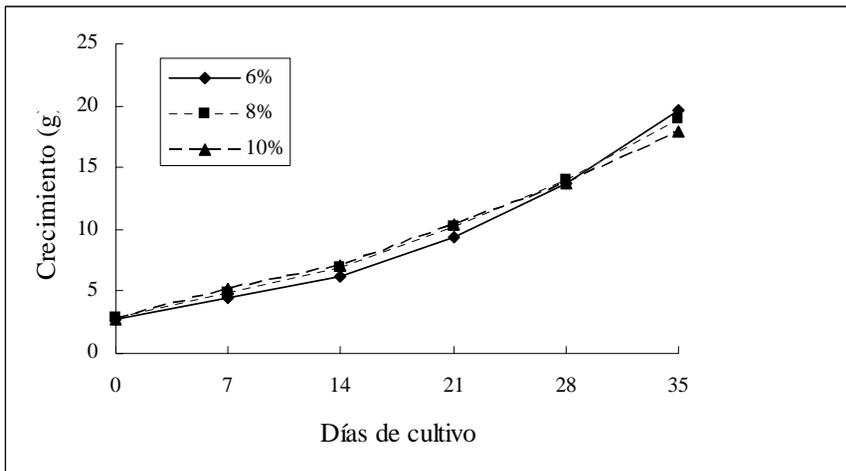
Al final del experimento, los organismos de cada pecera fueron sexados [Lovshin y Da Silva, 1975] para explicar una posible relación entre la proporción de machos y hembras con el crecimiento para cada tratamiento.

Resultados

El crecimiento semanal de los peces con las diferentes raciones alimenticias examinadas (Gráfica 1) no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$); sin embargo, los animales del grupo 6% fueron más pesados en relación a los tratamientos con mayor suplemento de alimento. El Cuadro 1 presenta los parámetros de crecimiento evaluados durante el periodo experimental. No se observaron diferencias significativas en el crecimiento específico entre los grupos aunque nuevamente, el tratamiento 6% obtuvo el valor promedio más alto ($5.61 \pm 0.04\%/d$). La ganancia en peso promedio por día (GPPD) fue también mayor para el grupo 6% (0.48 g/d). En cuanto a la conversión alimenticia y el aprovechamiento del alimento, los grupos 8 y 10% mostraron una menor eficiencia en la utilización de la ración suministrada, obteniendo los valores más altos para la CA y menores para la UA. El consumo de alimento fue ligeramente mayor para el grupo 6% (7.36% peso corporal/d). La sobrevivencia final fue de 100% para los tres tratamientos.

En cuanto a la proporción sexual, el tratamiento 10% presentó el menor número de machos (32), mientras que 56% de peces del grupo 6% resultaron machos. El tratamiento intermedio mostró una proporción cercana a 1:1 (Gráfica 2).

Gráfica 1. Crecimiento semanal (g) de *O. aureus* alimentada con diferentes raciones alimenticias.



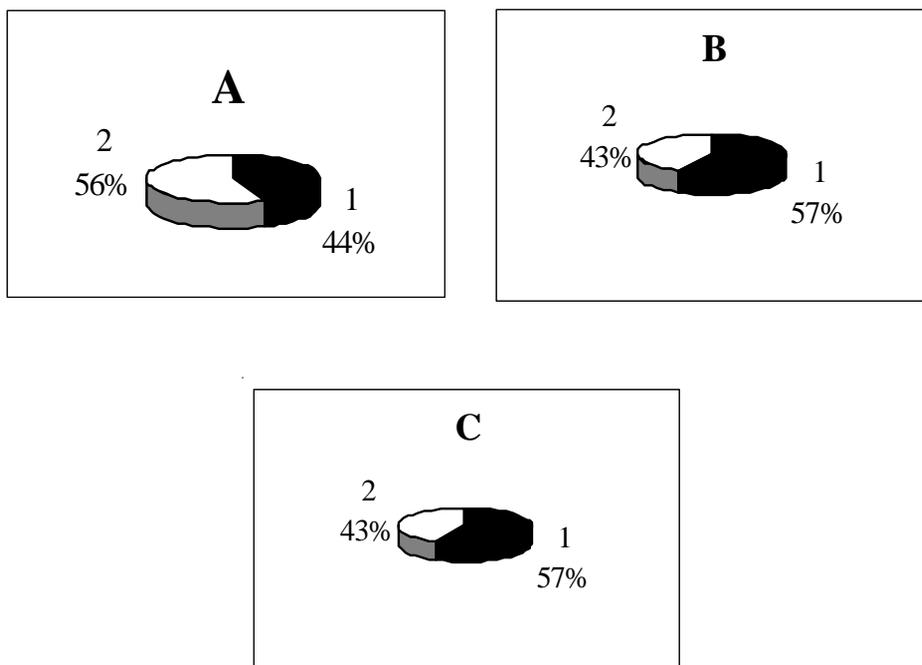
Cuadro 1. Crecimiento de juveniles de *O. aureus* alimentados con diferentes raciones alimenticias.

Parámetros Crecimiento*	TRATAMIENTOS		
	6%	8%	10%
Peso inicial (g)	2.75 ± 0.14 ^{aC}	2.82 ± 0.21 ^a	2.76 ± 0.11 ^a
Peso final (g)	19.72 ± 1.24 ^a	18.92 ± 2.52 ^a	17.99 ± 0.90 ^a
CE (% peso/d)	5.61 ± 0.04 ^a	5.40 ± 0.36 ^a	5.35 ± 0.17 ^a
GPPD (g/d)	0.48	0.46	0.43
CA	0.91 ± 0.02 ^c	1.36 ± 0.10 ^b	1.81 ± 0.05 ^a
UA(g/peso/g alimento)	109.32 ± 3.49 ^a	73.18 ± 5.85 ^b	55.20 ± 1.48 ^c
CAL (g/d)	7.36	7.30	7.04
Sobrevivencia (%)	100	100	100

* CE = Crecimiento específico; GPPD = ganancia en peso promedio por día; CA = conversión alimenticia; UA = utilización del alimento, CAL = consumo de alimento por día.

^c Por línea, valores promedio con la misma letra no presentan diferencia significativa (= 0.05).

Gráfica 2. Proporción sexual de juveniles de *O. aureus* alimentados con diferentes raciones alimenticias: A = 6%, B = 8% y C = 10% del peso corporal. (En A, B y C el número 1 = hembras y 2 = machos).



Discusión

Cerca de 50% de los costos en la producción de organismos acuáticos son generados por el alimento. La determinación de raciones alimenticias adecuadas para cada especie y para cada etapa de vida son determinantes para incrementar la factibilidad comercial de la actividad, lo cual a su vez contribuye a aumentar la eficiencia en el aprovechamiento del alimento y en la reducción del desperdicio orgánico que éste genera. En el presente experimento, las raciones alimenticias ensayadas fueron establecidas de acuerdo a tablas de alimentación recomendadas por empresas dedicadas a la elaboración y venta de alimento para tilapia.

A pesar de haber aumentado casi al doble la ración alimenticia entre los tratamientos (desde 6 a 10 %), no se obtuvieron diferencias en el crecimiento. El CE promedio de 5.45 %/d en este ensayo, fue mayor que el reportado por García-Ulloa *et al.* [1997] y por Watanabe *et al.* [1988] para *O. niloticus* y un híbrido de tilapia respectivamente, ambos cultivados en agua salada y con raciones alimenticias parecidas a las ensayadas en este experimento. Twibell y Brown [1998], obtuvieron un CE de 3.58 %/d para el híbrido *O. niloticus* X *O. aureus* alimentado con una dieta vegetal conteniendo 34% de proteína base y ajustando la ración al 3% del peso corporal. McGeachin *et al.* [1987], registraron un CE cuatro veces más bajo que el obtenido en este ensayo, cultivando *Tilapia aurea* en agua salada y alimentando hasta saciarse. Las diferencias encontradas entre dichos estudios pudieran ser explicadas por la variación en las condiciones de cultivo, la edad de los animales al inicio de los ensayos y la especie, principalmente.

En cuanto a la conversión alimenticia, a pesar de que el grupo 10% mostró la CA más alta (1.81), los valores para todos los tratamientos son considerados aceptables [Cruz *et al.*, 1990]. Más aún, la CA del grupo 6% fue menor de 1.00, lo que sugiere el consumo íntegro y el óptimo aprovechamiento de la ración suministrada, la cual se reflejó en el mejor crecimiento para dicho tratamiento después de 35 días de cultivo (Cuadro 1). Existen pocos reportes en los que es posible encontrar valores de CA menores que 1.00 para especies de tilapia [Avault y Shell, 1968]. Ellis y Watanabe [1994], concluyeron que el uso de tanques de flujo continuo o *raceways* en la producción de juveniles de la tilapia roja de Florida, promovió mejores condiciones de cultivo reflejadas en menores CA, que cuando fueron usados tanques de forma cilíndrico-cónico. Lo anterior sugiere el efecto combinado entre el tipo de contenedor y la estrategia de alimentación como herramientas para optimizar la producción.

Para la tilapia roja de Florida, D'Silva y Maughan [1996], reportaron valores de CA comparables a los obtenidos en este experimento probando diferentes densidades iniciales de siembra. Por otro lado, Gupta *et al.* [1996], ajustaron la ración alimenticia de *O. niloticus* a 5-6% del peso corporal, cultivada en estanques donde la productividad natural fue inducida por medio de fertilizantes inorgánicos. Bajo dichas condiciones, estos autores obtuvieron una pobre utilización del alimento con una CA mayor de 4.6, lo cual puede ser explicado por los hábitos alimenticios fitoplanctófagos de ese ciclo.

Los valores de UA en este experimento mostraron una proporción indirecta con la CA, siendo el grupo 6% el que presentó el mayor valor (109.32%). Tanto el GPPD como el CAL mostraron valores similares para los tratamientos, con cierta tendencia a incrementarse a la menor ración alimenticia examinada. No obstante, fueron menores a los reportados por Al-Ahmad *et al.* [1988] y Suresh y Lin [1992] para *O. spilurus* y la tilapia roja de Florida, respectivamente.

En cuanto a la proporción sexual, en la Gráfica 2 muestra que la mayor cantidad de machos encontrados en el grupo 6% pudo ser un factor determinante para la obtención de mayor biomasa al final del experimento, ya que la mayoría de ellos mostraron un peso mayor a los 20 g. Lo anterior coincide con las observaciones realizadas por Meyer y Smitherman [1991], para varias especies e híbridos de tilapia, reportando mejores producciones cuando la proporción de machos fue mayor de 1.00. Sin embargo, Siddiqui *et al.* [1997], obtuvieron una mayor biomasa en la producción de un híbrido de tilapia cuando se incrementó la ración alimenticia, independientemente de la proporción sexual de la población, lo que pudiera ser explicado porque dichos autores trabajaron con peces inmaduros sexualmente, en los que la energía del alimento se canaliza al crecimiento somático y no a la formación de tejido reproductor.

Conclusiones

Aunque no se observaron diferencias en el crecimiento de juveniles de *O. aureus* alimentados con diferentes raciones alimenticias examinadas, la eficiencia de la utilización del alimento cuando se suministró 6% del peso corporal fue mayor, lo que sugiere la realización de experimentos ajustando la ración por debajo de dicho nivel para encontrar la máxima eficiencia posible en el aprovechamiento del alimento en peces de la misma especie, de la misma edad inicial y bajo las mismas condiciones de cultivo.

Literatura citada

- Al-Ahmad, T. A.; Ridha, M. and Al-Ahmed, A. A. 1988. *Production of the tilapia Oreochromis spilurus in seawater*. Aquaculture. 73:111-118.
- Avault, Jr. J. W. and Shell, E. W. 1968. *Preliminary studies with the hybrid tilapia. Tilapia nilotica X Tilapia mossambica*. FAO Fisheries Report 44, Vol. 4: IV/E-14, pp. 237-242.
- Chervinsky, J. 1982. *Environmental physiology of tilapias*. In: R. S. V. Pullin and R. H. Lowe-McConnell (Editors), *The Biology and Culture of Tilapias*. ICLARM Conference Proceedings. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. Pp. 119-128.
- Cruz, E. M.; Ridha, M. and Abdullah, M. S. 1990. Production of the African freshwater tilapia *Oreochromis spilurus* (Gunther) in seawater. *Aquaculture*. 84:41-48.
- Davies, S. J. and Wareham, H. 1988. A preliminary evaluation of an industrial single cell protein in practical diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus* Peters). *Aquaculture*. 73:189-199.
- D'Silva, A. M. and Maughan O. E. 1996. Optimum density of red tilapia *Oreochromis mossambicus* X *O. urolepis hornorum* in a pulsed-flow culture system. *Journal of the World Aquaculture Society*. 27(1):129-129.
- Ellis, S. C. and Watanabe W. 1994. Comparison of raceway and cylindroconical tanks for brackish-water production of juvenile Florida red tilapia under high stocking densities. *Aquacultural Engineering*. 13:59-69.
- García-Ulloa, G. M.; Llauger, G. O.; Contreras P. E. y Costero M. C. 1997. Crecimiento de juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus* bajo condiciones experimentales de cultivo a diferentes concentraciones de salinidad. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 6(1):7-12.
- Gupta, M. V.; Akhteruzzaman, M. D.; Kohinoor, A. H. M. and Shah M. S. 1996. *Nile tilapia (Oreochromis niloticus) culture in small waterbodies under different feeding and fertilization regimes*. Pp. 500-504. In: R. S. V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J. B. Amon Kothias and D. Pauly (eds.) *The Third International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. ICLARM Conf. Proc. 41, 575 pp.
- Lovshin, L. L. and Da Silva A. B. 1975. *Culture of monosex and hybrid tilapias*. Presented in FAO/CIFA Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, CIFA/75/SR 9, August, 1975. 16 pp.
- McGeachin, R. B.; Wicklund, R. I.; Olla, B. L. and Winton, J. R. 1987. *Growth of Tilapia aurea in seawater cages*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 18:31-34.
- Meyer, D. E. and Smitherman, R. O. 1991. Growth, survival and sex ratios of *Oreochromis urolepis hornorum*, *O. niloticus* and their hybrids (*O. niloticus* female X *O. u. hornorum* male) treated with 17 α -methyltestosterone. Presented at the Third International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Abidjan, Côte d'Ivoire, ICLARM, 11-16-XI 1991. 13 pp.
- Ron, B.; Shimoda, S. K.; Iwama, G. K. and Grau G. 1995. Relationships among ration, 17 α -methyltestosterone and growth in the euryhaline tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Aquaculture*. 135:185-193.
- Ricker, W. E. 1975. *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. Fisheries Resources Board Canadian Bulletin 191.
- Siddiqui, A. Q.; Al-Harbi, A. H. and Al-Hafedh. Y. S. 1997. Effects of food supply on size at first maturity, fecundity and growth of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) X *Oreochromis aureus* (Steindachner), in outdoor concrete tanks in Saudi Arabia. *Aquaculture Research*. 28:341-349.
- Suresh A. V. and Lin C. K. 1992. Effect of stocking density on water quality and production of red tilapia in a recirculated water system. *Aquacultural Engineering*. 11:1-22.
- Twibell, R. G. and Brown P. B. 1998. Optimal dietary protein concentration for hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* X *O. aureus* fed all-plant diets. *Journal of the World Aquaculture Society*. 29(1):9-16.
- Watanabe, W. O.; Ellingston, L. J.; Wicklund, R. I. and Olla B. L. 1988. *The effects of salinity on growth, food consumption and conversion in juvenile, monosex male Florida red tilapia*. In: R. S. V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai and J. L. Maclean (Editors), *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. ICLARM Conference Proceedings 15. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Philippines. Pp 515-523.

Producción, composición química y digestibilidad *in vitro* de híbridos de maíz de origen tropical y templado en la región árida de México

Yield, chemical composition and *in vitro* digestibility of tropical and temperate corn hybrids in the arid region of Mexico

Núñez, H. G.; Contreras, G. F. y Faz, C. R.

Campo Experimental La Laguna-INIFAP, Apdo. Postal 247, Torreón, Coahuila.
CP 27000. Correo electrónico: forraje@halcon.laguna.ual.mx

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar híbridos de maíz para forraje de origen tropical y templado en la región árida del norte de México. El experimento se sembró el 26 de abril de 1997, en suelo húmedo con una fertilización de 180-80-00 de N-P-K, respectivamente. Se evaluaron 11 híbridos comerciales de origen templado y siete de origen tropical. La densidad de población fue de 80 mil plantas por hectárea. Se aplicaron cuatro riegos de auxilio y la cosecha fue en estado de 1/3 de la línea de leche. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los híbridos de origen templado tuvieron una tendencia a mayores rendimientos de materia seca por hectárea, aunque no estadísticamente ($P > 0.05$). En rendimiento de grano y digestibilidad no se observó ninguna ventaja con algún tipo de híbrido. La digestibilidad *in vitro* de hojas y tallos se relacionó ($P < 0.05$) con sus componentes estructurales en forma similar en los dos tipos de híbridos, pero no se relacionó ($P > 0.05$) con la digestibilidad de plantas enteras. El porcentaje de mazorca fue más variable entre híbridos y se relacionó ($P < 0.05$) más con la digestibilidad de plantas enteras de los híbridos evaluados.

Palabras clave

Forraje, maíz, híbridos, digestibilidad, fibra.

Abstract

The objective of this study was to evaluate tropical and temperate corn hybrids for forage in the north arid region of Mexico. The experiment was seeded on April 26, 1997 on wet soil, with fertilization rate of 180-80-00 of N-P-K, respectively. Eleven temperate hybrids and seven tropical hybrids were evaluated. Plant population density was 80 thousand plants per hectare. Four additional irrigations were applied and the harvest was when the grain was at 1/3 of the milk line. The experimental design was a complete block design with four replications. There were no statistical differences ($P > 0.05$) among hybrids although the temperate hybrids tended to have greater dry matter yields per hectare. Grain yield and dry matter digestibility did not differ between the two types of hybrids ($P > 0.05$). The stover *in vitro* digestibility was related ($P < 0.05$) to its structural composition but it was not associated ($P > 0.05$) with whole plant *in vitro* digestibility. Ear percentage was more variable among hybrids and it was better related ($P < 0.05$) to whole plant digestibility.

Key words

Forage, corn, hybrids, digestibility, fiber.

Introducción

La producción de maíz para forraje en México se caracteriza por rendimientos de materia seca por hectárea, bajos o moderados, así como bajo contenido de grano y alto contenido de fibra que resultan en ensilados de baja digestibilidad y energía neta de lactancia. Respecto a los últimos aspectos mencionados, Chalupa [1995] reportó que los ensilados de maíz producidos en México tienen un valor energético alrededor de 1.3 Mcal de energía neta de lactancia por kg de materia seca, el cual se considera bajo en comparación con ensilados en Estados Unidos de América y Europa.

La situación anterior se debe en parte al empleo de híbridos considerados como «forrajeros» por su porte alto y gran capacidad para la producción de follaje. Por otra parte, existe el debate en lo que se refiere a si los híbridos de maíz desarrollados para grano también son apropiados para la producción de forraje. En algunos casos se ha observado una relación positiva entre el rendimiento de grano y la producción de forraje en híbridos de maíz [Vattikonda y Hunter, 1983]. Wolf *et al.* [1993a], señalaron que la producción de grano estuvo asociada con la producción total de materia seca en un menor grado que el rendimiento de hojas y tallos con la producción de materia seca. Estos autores reportan también que la producción total de materia seca estuvo relacionada negativamente con los componentes estructurales de hojas y tallos, pero no tuvo ninguna relación con la digestibilidad de los mismos.

Por otra parte, diversos autores han mencionado que híbridos con alto contenido de grano aumentan el valor energético del ensilado de maíz [Allen *et al.*, 1995; Chalupa, 1995]; aunque Deinum y Baker [1981], observaron una relación débil entre el porcentaje de mazorca y la digestibilidad de la materia seca. Sin embargo, Allen *et al.* [1991] reportan una relación estrecha entre el contenido de grano y la digestibilidad de híbridos de maíz. Así mismo, Ferret *et al.* [1997] reportan que el contenido de mazorca fue la variable que mejor se relacionó con la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica de ensilados de maíz.

Las características nutritivas de hojas y tallos también contribuyen a la variación en digestibilidad entre híbridos de maíz. Lundvall *et al.* [1994] observaron diferencias entre genotipos de 26.2 a 65.0% en la digestibilidad de tallos y de 58.0 a 67.6% en la digestibilidad de hojas. De igual forma, Wolf *et al.* [1993b] reportaron variaciones entre genotipos en fibra detergente neutro de 57.9 a 65.4% en hojas y tallos, así como incrementos en la digestibilidad de la materia seca total al aumentar la digestibilidad de hojas y tallos; sin embargo, dicha relación no se observó de manera consistente en todas las poblaciones estudiadas.

Respecto a híbridos de maíz de diferente origen, Johnson *et al.* [1997] indicaron una mayor producción de materia seca por hectárea con híbridos de maíz de origen tropical que con híbridos de origen templado, ambos sembrados en un ambiente cálido; sin embargo, no se observaron ventajas consistentes en digestibilidad entre híbridos de diferente origen. En la región árida de México, en un estudio con 30 híbridos de maíz de origen tropical y templado, se mejoró el valor energético a más de 1.5 Mcal/kg

de materia seca mediante la selección de híbridos con más de 50% de mazorca y menos de 50 y 26% de fibra detergente neutro y ácido, respectivamente [Núñez *et al.*, 1998].

Dado que las diferencias entre híbridos de origen tropical y templado con particular énfasis en las características químicas de hojas y tallos y su efecto en la digestibilidad han recibido poca atención, los objetivos del presente estudio fueron: 1) Analizar las diferencias en producción de materia seca, composición química y digestibilidad *in vitro* entre híbridos de maíz de origen tropical y templado en la región árida norte de México, y 2) Evaluar el efecto de la composición química y digestibilidad *in vitro* de hojas y tallos en la digestibilidad de híbridos de maíz de diferente origen.

Material y métodos

El experimento se realizó en el Campo experimental La Laguna, en Matamoros, Coahuila, (México), a 103° 14' longitud oeste y 25° 17' de latitud norte, suelos de textura migajón arcilloso, pH de 8.0, conductividad eléctrica de 0.5 mmhos por cm y porcentaje de sodio intercambiable de 3.1. El clima es árido con una temperatura media anual de 22.9° C, evaporación de 2,131.4 mm y precipitación pluvial de 242.8 mm al año.

El experimento se sembró el 26 de abril de 1997. La siembra se realizó en suelo húmedo con fertilización a la siembra de 120-80-00 de N-P-K. Posteriormente se aplicaron 60 unidades de nitrógeno en el primer riego de auxilio. La densidad de población fue de 80 mil plantas/ha. Durante el ciclo del cultivo se aplicaron cuatro riegos de auxilio a los 33, 51, 72 y 87 días después de la siembra. Se realizaron dos aplicaciones de *Lorsban* (1 l/ha) para control de gusano cogollero y dos aplicaciones de *Folimat* (0.75 l/ha) para control de la araña roja.

Se evaluaron 11 híbridos de maíz de origen templado y siete de origen tropical (Cuadro 1). La mayoría de los híbridos evaluados son de ciclo intermedio, aunque los híbridos C-7990 e ICI-8285 de origen templado se cosecharon en menos días. La parcela experimental consistió de cuatro surcos separados a 0.76 m y 8 m de longitud, considerando los dos surcos centrales y 6 m de largo como parcela útil. La cosecha se realizó cuando el grano presentó un avance en la madurez de 1/3 de la línea de leche.

El porcentaje de materia seca (PMS) se determinó en muestras al azar de dos plantas por parcela, secadas en una estufa de aire forzado a una temperatura de 60° C hasta tener peso constante. El rendimiento de materia seca por hectárea (RMS) se estimó con el peso del forraje verde y el porcentaje de materia seca. Se determinó el porcentaje de mazorca (PMZ) y el rendimiento de grano por hectárea (RG) de cinco plantas seleccionadas al azar en cada parcela, como en estudios similares al presente trabajo [Johnson *et al.*, 1997].

Se determinaron el contenido de fibra detergente neutro (FDNMS) y fibra detergente ácido (FDAMS) mediante un aparato de reflexión de rayos a una longitud de onda cercana al infrarrojo (NIR) en muestras de plantas completas. La concentración de lignina (LIGMS) se determinó mediante el procedimiento con ácido sulfúrico [Van Soest y Robertson, 1985]. La digestibilidad *in vitro* (DIVMS) se determinó

mediante el procedimiento descrito por Goering y Van Soest [1970]. Además, en muestras de cinco plantas sin mazorca, se efectuaron análisis de fibra detergente neutro (FDNHT), fibra detergente ácido (FDAHT), lignina (LIGHT) y de digestibilidad *in vitro* (DIVHT).

El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Las medias de los tratamientos se compararon mediante la prueba de la diferencia mínima significativa. Los análisis estadísticos mencionados se efectuaron de acuerdo a los procedimientos señalados por Steel y Torrie [1980]. Las relaciones entre variables agronómicas, químicas y valor nutritivo se analizaron mediante análisis de correlación. Posteriormente, la relación entre las variables más importantes se analizó mediante análisis de regresión simple según los procedimientos descritos por Netter *et al.* [1989].

Cuadro 1. Características de los híbridos de maíz para ensilaje evaluados.

Híbrido	Origen	Días a cosecha
A-7575	Templado	105
C-7990	Templado	98
ICI-8285	Templado	85
G-710	Templado	105
G-120	Templado	104
A-7576	Templado	105
D-888	Sub-tropical	105
D-848	Sub-tropical	101
AS-951	Templado	105
SB-302	Tropical	101
A-7597	Templado	109
A-7500	Templado	105
C-398	Templado	101
3002	Sub-tropical	105
3066W	Sub-tropical	101
DELFIN	Templado	109
C-805	Tropical	101
C-220	Tropical	109

Resultados

En RMS, no se detectaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre híbridos, pero fue clara la tendencia que con los híbridos de origen templado se obtuvieron mayores rendimientos de materia seca (Cuadro 2). En RG sobresalieron los híbridos C7990 e ICI 8285 de origen templado, pero no se observó ninguna tendencia clara a que los demás híbridos de origen templado superaran a los de origen tropical. Los híbridos de origen templado C7990, ICI 8285 y C 398, así como el SB 302 de origen tropical tuvieron los mayores porcentajes de mazorca, pero no se observó ninguna diferencia relacionada con el origen de los híbridos. Los análisis de correlación indicaron que no existió ninguna relación entre la producción de materia seca por hectárea, y las diferencias entre híbridos en RG o PMZ ($P > 0.05$).

Cuadro 2. Producción de forraje seco (RMS), rendimiento de grano (RG) y porcentaje de mazorca (PMZ) de híbridos de maíz para ensilaje de origen tropical y templado.

Híbrido	Materia seca (ton/ha)	Mazorca (%)	Grano (ton/ha)
A7575	21.32	30.56 g	4.81 efg
C7990	21.13	56.38 a	10.34 a
G 710	20.72	37.36 f	3.96 g
A7576	20.44	43.50 cde	6.95 bcde
A7597	19.84	46.63 bc	6.68 bcdef
C 398	19.53	51.91 ab	6.86 bcdef
G 120	19.44	36.66 f	7.75 bc
A7500	18.81	44.13 cd	5.07 defg
SB 302	18.58	46.71 bc	7.20 bcd
C 220	18.53	40.69 def	4.72 efg
ICI 8285	18.33	51.47 ab	8.91 ab
AS 951	18.32	37.63 f	4.66 fg
DELFIN	18.32	39.67 def	3.92 g
3002	18.26	46.68 bc	6.37 cdef
C 805	18.11	43.82 cde	6.79 bcdef
D 848	17.80	43.62 cde	6.43 cdef
3066W	17.11	44.64 cd	7.25 bcd
D 888	15.68	36.95 f	4.08 g
Media	18.90	43.28	6.26
D.E.	1.44	6.34	1.77

a, b, c, d, e - Medias con diferente literal no son estadísticamente iguales ($p < 0.05$).

D. E. - Desviación estándar.

Los híbridos de origen templado ICI 8285, C 7990 y C 398, así como el SB 302 de origen tropical tuvieron la mayor digestibilidad *in vitro* de plantas enteras; sin embargo, no se observó que las diferencias estuvieran asociadas con el origen de los híbridos (Cuadro 3). De igual manera, los valores de FDNMS, FDAMS y LIGMS presentaron diferencias estadísticas entre híbridos ($P < 0.05$), pero no estuvieron relacionadas con el origen de los híbridos.

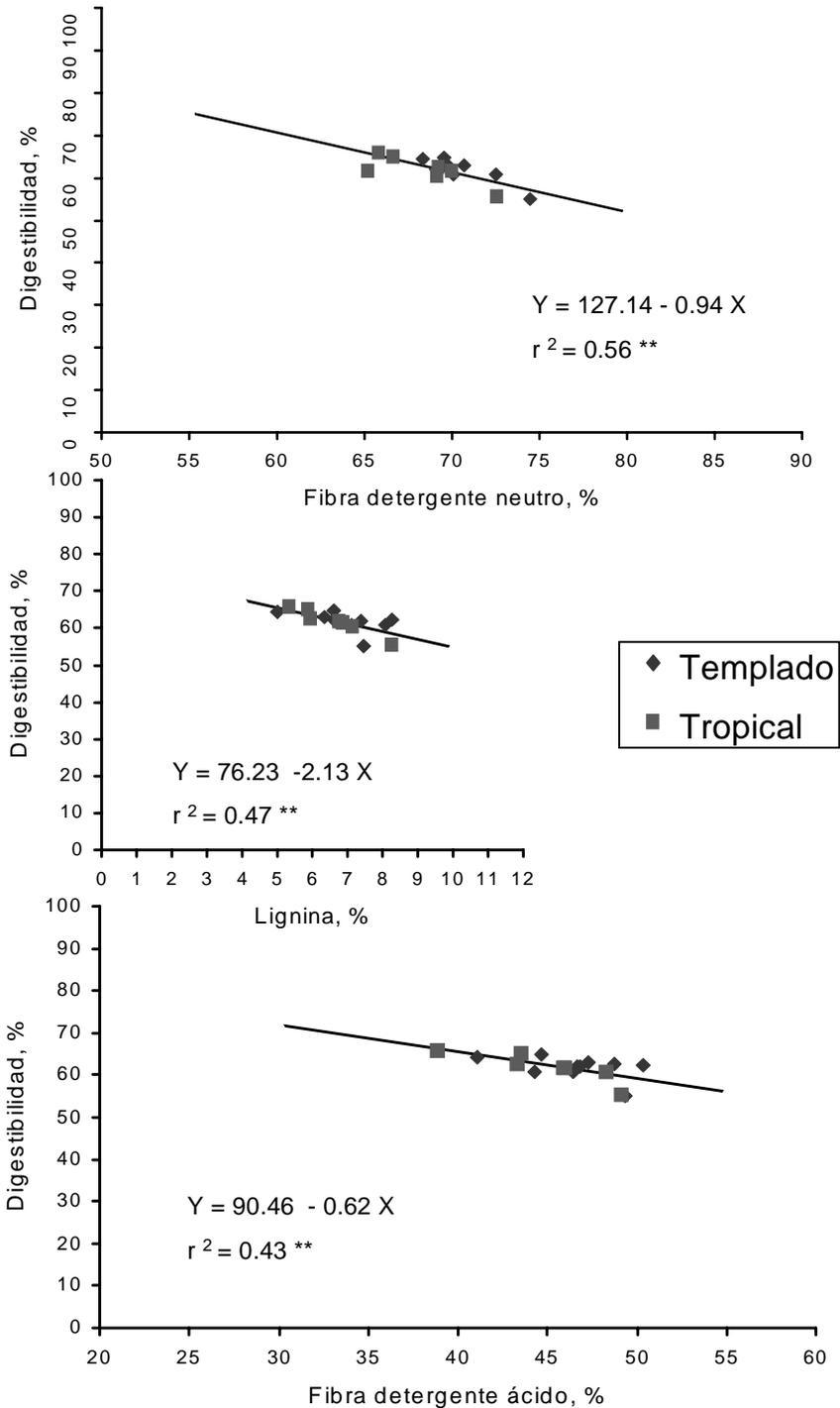
Cuadro 3. Fibra Detergente Neutro (FDNMS), Fibra Detergente Ácido (FDAMS), Lignina (LIGMS) y digestibilidad *in vitro* (DIVMS) de híbridos de maíz de origen templado y tropical.

Híbrido	Fibra detergente neutro %	Fibra detergente ácido %	Lignina %	Digestibilidad <i>in vitro</i> %
ICI 8285	44.70 f	24.0 g	4.5 de	72.10 a
C 398	51.80 cde	29.6 abcdef	5.1 bcde	69.40 ab
C 7990	47.50 ef	25.80 fg	4.9 cde	68.70 abc
SB 302	53.30 bcde	28.40 cdef	5.6 abcd	68.70 abc
A 7500	55.0 abcd	30.80 abcde	5.2 bcde	67.40 bcd
3066W	50.60 def	26.60 efg	5.5 abcde	67.30 bcde
3002	50.50 def	27.50 defg	4.5 de	67.10 bcde
DELFIN	56.90 abc	32.4 abc	5.4 abcde	66.80 bcde
C 805	55.30 abcd	31.2 abcd	5.5 abcde	66.40 bcde
G 120	57.10 abc	32.40 abc	5.6 abcde	65.90 bcde
A7575	54.30 abcd	30.40 abcde	5.7 abc	65.10 cde
AS 951	58.0 ab	32.80 ab	5.9 abc	65.0 cde
D 888	57.7 abc	31.40 abcd	5.9 ab	64.50 de
D 848	59.80 a	33.70 a	6.0 ab	64.30 de
A7597	53.20 bcde	29.60 abcdef	5.8 abc	64.20 de
G 710	53.50 bcd	29.80 abcdef	6.0 ab	64.10 de
C 220	55.50 abcd	31.40 abcd	6.4 a	63.40 e
A7576	54.50 abcd	30.80 abcde	6.2 ab	63.30 e
Media	53.8	29.90	5.5	66.3
D.E.	3.8	2.59	0.5	2.4

a, b, c, d, e - Medias con diferente literal no son estadísticamente iguales ($p < 0.05$). D. E. Desviación estándar.

La digestibilidad *in vitro* de hojas y tallos (DIVHT) y las concentraciones de sus componentes estructurales (FDNHT, FDAHT y LIGHT) fueron diferentes entre híbridos ($P < 0.05$), pero estas diferencias no se relacionaron con el origen de los híbridos (Gráfica 1).

Gráfica 1. Relación entre digestibilidad *in vitro* de hojas y tallos y sus componentes estructurales en híbridos de maíz de diferente origen.



La digestibilidad *in vitro* de hojas y tallos (DIVHT) se relacionó negativamente con su contenido de FDNHT ($r = -0.75; P < 0.01$), FDAHT ($r = -0.65; P < 0.01$) y LIGHT ($r = -0.68; P < 0.01$), siendo estas relaciones similares en híbridos de origen templado y tropical (Gráfica 1).

Los híbridos ICI 8285, C 398, SB 302 y C 7990 que tuvieron la mayor DIVMS se caracterizaron por tener la mayor DIVHT y alto PMZ. Sin embargo, el coeficiente de correlación entre la DIVMS y DIVHT no fue significativo ($r = 0.42; P = 0.08$); además, es importante señalar que la variación entre híbridos en PMZ fue mayor que la variación en DIVHT.

Los análisis de correlación indicaron que la DIVMS se relacionó positivamente con el PMZ ($r = 0.65; P < 0.01$) y el RG ($r = 0.58; P < 0.01$), pero se asoció negativamente con los componentes estructurales como la FDNMS ($r = -0.72; P < 0.01$), FDAMS ($r = -0.70; P < 0.01$) y LIGMS ($r = -0.86; P < 0.01$) en plantas enteras. Sin embargo, los contenidos de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido en las muestras de plantas enteras no se relacionaron con las concentraciones de estos componentes en las muestras de hojas y tallos.

En contraste, la lignina en plantas enteras (LIGMS) se relacionó con el contenido de lignina en hojas y tallos. La asociación negativa entre el RG y el PMZ con la FDNMS y la FDAMS indican que los componentes estructurales de las hojas y tallos fueron diluidos al aumentar el contenido de grano, y sugiere que las diferencias en estos componentes estructurales en hojas y tallos fueron minimizadas por la mayor variación en PMZ entre los híbridos en este estudio.

Discusión

Existe evidencia que tanto el contenido de grano como la digestibilidad de hojas y tallos afectan la digestibilidad y valor energético del maíz para ensilaje. Vattikonda y Hunter [1983] indicaron que la digestibilidad de la materia seca en maíz para ensilaje está determinada por la digestibilidad de hojas y tallos y el contenido de grano, pero señalan que estos factores son independientes. Wolf *et al.* [1993a] observaron que la producción de grano no se relacionó con la digestibilidad de las hojas y tallos o su composición química. En contraste, en el presente estudio el RG se relacionó positivamente con la digestibilidad de hojas y tallos ($r = 0.58; P < 0.05$), pero no estuvo asociado con ninguno de los componentes estructurales de las hojas y tallos.

La baja correlación que se observó entre la digestibilidad de plantas enteras y la digestibilidad de hojas y tallos ($r = 0.44; P > 0.05$) indican que esta última característica no fue muy importante en los híbridos evaluados. Wolf *et al.* [1993b] reportaron que la digestibilidad de plantas enteras se relacionó con la digestibilidad de hojas y tallos, aunque el grado de asociación que reportan también es bajo como en el presente experimento.

En general, la digestibilidad de los forrajes está frecuentemente asociada a la concentración de sus componentes estructurales. En este caso, la digestibilidad de las plantas completas de maíz se relacionó sólo con el contenido de lignina, pero no con la

concentración de los otros componentes estructurales como la fibra detergente neutro o fibra detergente ácido de las hojas y tallos. Lundvall *et al.* [1994], también, indicaron que el mejor predictor de la digestibilidad de hojas y tallos en maíz para ensilaje es el contenido de lignina. Esta información concuerda con los resultados de este experimento; además esta variable también se relacionó con la digestibilidad de muestras de plantas completas. Estos autores sugieren el empleo del contenido de lignina como criterio en programas de selección de híbridos de maíz para forraje con alto valor nutritivo. Sin embargo, es importante señalar que se han detectado interacciones significativas en la digestibilidad de híbridos de maíz para forraje entre el contenido de lignina y factores ambientales [Núñez *et al.*, 1998].

En la mayoría de los estudios sobre el valor nutritivo de maíz para forraje se ha demostrado en forma consistente la importancia del contenido de grano en la digestibilidad o valor energético del maíz para forraje [Allen *et al.*, 1991; Wolf *et al.*, 1993b; Russell *et al.*, 1992; Ferret *et al.*, 1997]. Johnson *et al.* [1997] indican que debido a que la digestibilidad de hojas y tallos varía de 53.0 a 65.1%, mientras que la del grano es de 88.7 a 93.9%, existen relaciones entre el contenido de grano y la digestibilidad o el valor energético en ensilados de maíz como se observó en el presente estudio. El valor energético de los ensilados de maíz normalmente se estima mediante su contenido de FDA [Allen *et al.*, 1995]. Los valores de FDNMS y FDAMS en el presente trabajo son característicos de ensilados de maíz con un contenido moderado de grano y valores de energía neta de lactancia de 1.5 mcal/kg de materia seca [Chalupa, 1995]. En el presente estudio las relaciones entre los contenidos de FDN y FDA con la digestibilidad *in vitro* en muestras de plantas enteras fueron altamente significativas, pero fue evidente la dilución de las fracciones fibrosas de hojas y tallos por el contenido de grano de los híbridos.

Conclusiones

Las diferencias en rendimiento de materia seca por hectárea entre híbridos de diferente origen no fueron significativas, aunque se observó una tendencia que en los híbridos de maíz de origen templado, los rendimientos de materia seca por hectárea fueron mayores numéricamente. En rendimiento de grano por hectárea y digestibilidad *in vitro* tampoco se observó que las diferencias estuvieran asociadas al origen tropical o templado de los híbridos.

Las diferencias en digestibilidad *in vitro* o contenido de componentes estructurales en las hojas y tallos tampoco estuvieron relacionados con el origen de los híbridos. Las relaciones entre la digestibilidad *in vitro* de hojas y tallos y sus componentes estructurales fueron similares para híbridos de origen tropical o templado. La concentraciones de componentes estructurales en hojas y tallos no estuvieron relacionadas con las concentraciones de dichos componentes en plantas enteras.

La digestibilidad *in vitro* de las plantas enteras estuvo determinada principalmente por el porcentaje de mazorca (contenido de grano), mientras que por la digestibilidad *in vitro* de hojas y tallos tuvo menos relevancia.

Literatura citada

- Allen, M.; O'Neil, K. A.; Main, D. G. and Beck, J. 1991. *Relationship among yield and quality traits of corn hybrids for silage*. J. Dairy Sci. 74 (Suplemento 1):221.
- Allen, M.; Ford, S.; Harrison, J.; Hunt, C.; Lauer, J.; Muck, R. and Soderlund, S. 1995. *Corn silage production, management and feeding*. American Society of Agronomy. 1-41.
- Chalupa, W. 1995. *Requerimientos de forrajes de vacas lecheras*. Ciclo Internacional de Conferencias sobre Nutrición y Manejo. LALA. 19-28.
- Deinum, B. and Baker, J. J. 1981. *Genetic differences in digestibility of forage maize hybrids*. Neth. J. Agric. Sci. 29:92-98.
- Ferret, A.; Gasa, J.; Paixats, J.; Casañas, F.; Bosch, L. and Nuez, F. 1997. Prediction of voluntary intake and digestibility of maize silages given to sheep from morphological and chemical composition, *in vitro* digestibility or rumen degradation characteristics. Journal of Agricultural Science. 64:493-502.
- Goering, H. K. and Van Soest, P.J. 1970. *Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications)*. USDA-ARS Agric. Handbook No. 379.
- Johnson, J. C.; Gates, R. N.; Newton, G. L.; Wilson, J. P.; Chandler, L. D. and Utley, P. R. 1997. Yield, composition, and *in vitro* digestibility of temperate and tropical corn hybrids grown as silage crops planted in summer. J. Dairy Sci. 80:550-557.
- Lundvall, J. P.; Buxton, D. R.; Hallauer, A. R. and George, J. R. 1994. *Forage quality variation among maize inbreds: In vitro digestibility and cell wall components*. Crop Sci. 34:1672-1678.
- Netter, J.; Wasserman, W. and Kutner, M. 1989. *Applied Linear Regression models*. Irwin. Inc. Segunda Edición. Homewood IL. 667 p.
- Núñez, H. G.; Contreras, F.; Faz, Herrera-Saldaña, R. 1998. *Producción de maíz para ensilaje de alto valor energético y su impacto en la producción de leche*. Memorias de la IV Conferencias Internacionales sobre Nutrición y Manejo. 32-41. Nov 12, 13 y 14. Torreón, Coahuila.
- Russell, J. R.; Irlbeck, N. A.; Hallauer, A. R. and Buxton, D. R. 1992. *Nutritive value and ensiling characteristics of maize herbage as influenced by agronomic factors*. Animal Feed Science and Technology. 38:11-24.
- Steel, R. D. and Torrie, J. H. 1980. *Principles and Procedures of Statistics*. 2^a de New York. McGraw-Hill. 633 p.
- Van Soest, P. J. and J. B. Roberston. 1985. Analysis of forage and fibrous foods. Laboratory Manual. Cornell University. 165 p.
- Vattikonda, M. R. and Hunter, R. B. 1983. Comparison of grain yield and whole plant silage production of recommended corn hybrids. Can. J. Plant Sci. 63:601-609.
- Wolf, D. P.; Coors, J. G.; Albrecht, K. A.; Undersander, D. J. and Carter, P. R. 1993a. *Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations*. Crop Sci. 33:1359-1365.
- Wolf, D. P.; Coors, J. G.; Albrecht, K. A.; Undersander, D. J. and Carter, P. R. 1993b. *Forage quality of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations*. Crop Sci. 33:1353-1359.

Instrucciones para los autores

Los autores que tengan interés en publicar algún artículo en *Avances en Investigación Agropecuaria* (AIA) deberán ajustarse a los siguientes lineamientos: publicarán artículos científicos originales e inéditos relacionados con las ciencias agrícolas o pecuarias, que de preferencia sean investigaciones inéditas en el trópico de aplicación práctica a la problemática.

Las contribuciones quedarán dentro de las categorías siguientes:

- Trabajos científicos originales
- Publicaciones por invitación
- Estudios recapitulativos o de revisión
- Notas técnicas

Se entiende como trabajo científico original aquella publicación redactada en tal forma que un investigador competente y suficientemente especializado en el mismo tema científico sea capaz, basándose exclusivamente en las indicaciones del texto, de:

- Reproducir los experimentos y obtener los resultados que se describen con un margen de error semejante o menor al que señala el autor.
- Repetir las observaciones y juzgar las conclusiones del autor.
- Verificar la exactitud de los análisis y deducciones que sirvieron al autor para llegar a conclusiones.

Se entiende como una publicación por invitación aquella producida por un científico que por su reconocimiento internacional sea invitado por el editor de la revista a presentar un tema de particular interés sobre sus experiencias en investigación original o sobre una o varias informaciones científicas nuevas. La redacción es responsabilidad exclusiva del autor, pero deberá pasar por el Comité Editorial de la revista. El trabajo no proporciona suficientes datos para que se puedan reproducir experimentos, observaciones y conclusiones.

Se entiende como estudio recapitulativo o de revisión el trabajo cuyo fin primordial es resumir, analizar o discutir informaciones ya publicadas, relacionadas con un solo tema.

Se entiende como notas técnicas a los escritos cuya redacción será de un máximo de seis páginas, así como no más de dos cuadros o gráficas. El texto no requerirá de separación en párrafos ni de subtítulos, aunque tendrá que estructurarse. Deberá contener: un resumen y un *abstract* de no más de cien palabras; una introducción breve en la que se resaltará claramente el objetivo del trabajo; se continuará con los materiales y métodos; en el caso de los resultados y discusión preferiblemente estarán combinados para evitar repeticiones; las conclusiones o recomendaciones deberán estar consideradas en el texto anotados de forma clara y precisa. Las referencias en el texto y en la literatura citada no podrán ser excesivas, ya que la importancia de las notas técnicas son la originalidad y la síntesis.

Crterios para la presentacin de originales

1. La revista acepta trabajos en espaol o ingls, en el cual deber presentarse un resumen no mayor de 200 palabras en ingls y espaol, as como un mximo de 12 cuartillas por artculo (incluido resumen y literatura citada).

2. Debern enviar el original v a internet al correo electrnico: revaia@cgic.ucol.mx as como diskette de 3 ½ pulgadas al domicilio de AIA; en ambos casos observando las siguientes caractersticas: en procesador de palabras Word, con tipografa Times New Roman 12 puntos, a doble espacio. El formato de los textos debe estar en .rtf o .doc. Es preferible evitar el uso de estilos confusos en Word (es decir, no darle caractersticas de diseo al texto, ni manipular fuentes o tamaos manualmente). Igualmente adjuntarn tanto v a electrnica como en diskette, una carta de aceptacin de la publicacin del texto inedito, cediendo as, los derechos de dicha publicacin a AIA, as como responsabilizndose del contenido de su artculo. De preferencia deber ser rubricado por el autor principal.

3. La Comisin Editorial se reserva los derechos para la seleccin y publicacin de los mismos.

4. El ttulo de toda comunicacin deber ser tan corto como sea posible, siempre que contenga las palabras clave del trabajo, de manera que permita identificar la naturaleza y contenido de ste, aun cuando se publique en citas e ndices bibliogrficos. No se deben utilizar abreviaturas en el texto, a excepcin de aquellas que se indiquen con parntesis en la primera cita que se presente en el cuerpo del mismo. A continuacin del ttulo ir el nombre del autor(es).

5. En la redaccin se respetarn las normas internacionales del Comit Internacional para las Revistas Mdicas, relativas a las abreviaturas, o seguir la norma de los artculos publicados en *Avances en Investigacin Agropecuaria* (AIA), tales como: literatura citada, smbolos, nomenclatura anatmica, zoolgica, botnica, qumica, a la transliteracin terminolgica, sistemas de unidades, etc.

6. Todo trabajo se dividir en las siguientes secciones:

- Ttulo (en espaol e ingls, no mayor de 15 palabras)
- Autores (indispensable: el domicilio fsico de la institucin de donde provenga el autor, as como el correo electrnico del autor y el institucional)
- Resumen en espaol (no mayor de 200 palabras)
- Abstract (en ingls)
- Palabras clave (no incluidas en el ttulo)
- Introduccin (concisa, planteando los objetivos)
- Material y mtodos (breve, pero con los detalles que permitan reproducir las experiencias)
- Resultados
- Discusin
- Conclusiones
- Literatura citada



- Tablas, figuras y fotos (como se indica en los siguientes párrafos, cada uno por separado)

7. El formato de las ilustraciones debe ajustarse a las extensiones de archivo: .tif, .jpg. En el caso de las fotografías, deberán estar insertadas con claridad. Evitar las fotografías digitales. En caso de ser digitalizadas, las fotografías deben tener una resolución mínima de 300 ppp y en formato .tif.

Las tablas o gráficas deben trabajarse en Excel y enviar también por separado, además de las insertadas en el texto, e igualmente numeradas.

Las fórmulas y ecuaciones deben hacerse con un editor de ecuaciones y enviarlas también por separado, en el formato original, o como ilustración, pero con una buena resolución gráfica (300 ppp).

8. La literatura citada sólo deberá contener los trabajos mencionados en el texto y viceversa; se escribirá de la manera siguiente:

Trabajos en revistas

- Apellido del primer autor(es). Se ordenarán alfabéticamente. En caso de que tengan preposiciones (von, van, de, di u otras) se citarán después del apellido y la primera letra de su(s) nombre(s); ejemplo: Berg van den, R. En caso de apellidos compuestos se debe poner un guión entre ambos; ejemplo: Elías-Calles, E.
- Cuando existan dos autores, se anotará la conjunción «y» para especificar que se trata de sólo dos autores; siempre se utilizará un solo apellido por autor. Ejemplo: García-Ulloa, M. y García, J. C.
- Cuando sean más de dos autores, se anotará una coma después de cada apellido, seguido de la(s) letra(s) iniciales de los nombres de los autores, así como un punto y coma entre cada autor; ejemplo: López, B.; Carmona, M. A.; Bucio, L. y Galina, M. A.
- Año de aparición del trabajo.
- El título del trabajo se anotará íntegramente, en letras cursivas. En el caso de trabajos en español, francés o inglés, los sustantivos se escribirán con minúsculas.
- Nombre de la revista en forma abreviada de acuerdo con el Comité Internacional para las Revistas Médicas.
- Número de volumen, número de revista entre paréntesis y enseguida dos puntos.
- Primera y última página del trabajo. Ejemplo: Palma, J. M.; Galina, M. A. y Silva, E. 1991. Producción de leche con (*Cynodon pleoctostachyus*) utilizando dos niveles de carga y de suplementación. Avances de Investigación Agropecuarias. 14(1): 129-140.
- En el caso de citar varios trabajos del mismo autor se hará en orden cronológico. Cuando del mismo autor aparezcan varios trabajos publicados en el mismo año y con diferentes colaboradores, se citarán de acuerdo con el orden alfabético del nombre del segundo autor.

Cuando sea el mismo autor y el mismo año se deberá incluir entre paréntesis las letras (a), (b), progresivamente.

Si se tratara de publicaciones que estén en prensa, habrá de citarse la revista con la anotación (en prensa). Las comunicaciones personales (sólo escritas, no verbales) no deberán figurar en la lista de la literatura citada. Se mencionarán como nota de pie de página.

Libros

Se citarán de igual forma que las publicaciones periódicas, pero se anotará la editorial y el país de publicación después del título. Ejemplo: Reyes, C. P. 1982. Bioestadística aplicada. Editorial Trillas, México. 217 p.

Cuando se trate del capítulo de un libro de varios autores, se debe poner el nombre del autor del capítulo, luego el título del capítulo, después el nombre de los editores y el título del libro, seguido del país, la casa editorial, año y las páginas que abarca el capítulo.

Tesis de grado

Se anotarán igual que las publicaciones periódicas anotando al final del trabajo en forma subrayada tesis, señalándolo en particular sólo si es de maestría o doctorado, la institución y el país. Ejemplos:

Rodríguez, J. P. 1992. Evaluación del consumo voluntario aparente en ganado de engorda mediante un modelo de simulación. Tesis. FES-Cuautitlán, Universidad Autónoma de México, Cuautitlán, Estado de México, México.

Palma, J. M. 1991. Producción de leche en el trópico seco utilizando pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) o ensilado de maíz. Tesis de maestría. FMVZ. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

En caso de libros que incluyan artículos de diferentes autores (anuarios, etc.) se citará siempre el apellido e iniciales del (de los) autor (es) del artículo en referencia, año, título del trabajo, título de la obra, nombre del (de los) editor (es), número de volumen en caso de que la obra conste de varios volúmenes, páginas, editorial y lugar donde apareció. Ejemplo: Hodgson, J. 1994. Manejo de pastos: teoría y práctica. Editorial Diana. México, D. F. 252 p.

Conferencias

Conferencias o discusiones que únicamente se hayan publicado en las memorias del congreso se citarán como sigue:

- Apellido e iniciales del (de los) autor (es)
- Año de su publicación
- Título del trabajo en cursivas
- Nombre del congreso del que se trate



- Lugar donde se llevó a cabo el congreso
- Casa editorial
- Páginas

Ejemplo: Loeza, L. R.; Ángeles, A. A. y Cisneros, G. F. 1990. Alimentación de cerdos. Tercera reunión anual del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Estado de Veracruz, Veracruz. En: Zúñiga, J.L., Cruz J.A. Editores. Pp. 51-56.

Material electrónico

Cuando se emplee una referencia electrónica, se proporcionarán los siguientes campos: autor, fecha, título y anexar la dirección consultada (URL) y la fecha de la consulta.

Los artículos de una revista se anotarán de la siguiente forma: autor, fecha, título, revista, volumen, páginas. Obtenido de la red mundial en (fecha): dirección en la red (URL).

Ejemplo:

Sánchez, M. 2002. Potencial de las especies menores para los pequeños productores. <http://www.virtualcentre.org/es/enl/keynote4.htm> (consultada el 20 de enero de 2003).

Los nombres científicos y otras locuciones latinas se deben escribir en cursivas.

Abreviaturas

Las abreviaturas de uso más frecuente se anotarán de la forma siguiente:

cal	Caloría (s)
cm	Centímetro (s)
°C	Grado centígrado
g	Gramo
ha	Hectárea
h	Hora (s)
i. m.	Intramuscular (mente)
i. v.	Intravenosa (mente)
J	Joule
kg	Kilogramo (s)
km	Kilómetro (s)
l	Litro (s)
log	Logaritmo decimal
Mcal	Megacaloría (s)
MJ	Megajoule
m	Metro (s)
msnm	Metros sobre el nivel del mar
g	Microgramo (s)
l	Microlitro (s)
m	Micrómetro (s) (micra(s))

mg	Miligramo (s)
ml	Mililitro (s)
mm	Milímetro (s)
min	Minuto (s)
ng	Nanogramo (s)
P	Probabilidad (estadística)
P	Página
PC	Proteína cruda
PCR	Reacción en cadena de polimerasa
pp	Páginas
ppm	Partes por millón
%	Por ciento (con número)
rpm	Revoluciones por minuto
seg	Segundo (s)
t	Tonelada (s)
TND	Total de nutrientes digestibles
UA	Unidad animal
UI	Unidades internacionales
vs	Versus
xg	Gravedades

Cualquier otra abreviatura se pondrá entre paréntesis inmediatamente después de la(s) palabra(s) completa(s).

Indicaciones finales

a) El editor someterá todos los trabajos a árbitros de reconocido prestigio que deberán ser miembros del Sistema Nacional de Investigadores en caso de lectores nacionales, o que tengan los mismos méritos en caso de lectores extranjeros. Los trabajos deberán ser aprobados por dos árbitros. Los autores pueden sugerir al editor, lectores especializados que deberán tener las características señaladas con anterioridad.

b) Los trabajos no aceptados para su publicación se regresarán al autor, con un anexo en el que se explicarán los motivos por los que se rechaza o las modificaciones que deberán hacerse para ser reevaluados.



A I A

Revista Avances en Investigación Agropecuaria
DES Ciencias Agropecuarias-CUIDA-FMVZ-FCBA
Universidad de Colima

**Revista de
investigación y
difusión científica
agropecuaria**

<http://comerci.ucol.mx> 01 800 347 84 84

Nombre del suscriptor(a): _____ **Domicilio de entrega de la revista:**
Teléfono(s): _____ Calle y número: _____
(incluya clave de larga distancia)

R.F.C. (si desea factura) _____ Localidad: _____

Correo electrónico: _____ Estado: _____

Suscripción anual:
(Incluye gastos de envío: correo) \$ 300.00 \$ 60.00 USD País: _____

México Otros países Código Postal: _____

a) Depósito en Banco SANTANDER - SERFÍN

Transmita por fax copia del depósito bancario a la cuenta de Banco Santander Serfin:
No. 65-50079845-0 (en pesos) y/o **85-50017203-2** (en dólares),
a nombre de **Comercializadora de la Universidad de Colima, S.C.**,
al teléfono: **01 (312) 313 84 84** o bien, envíelo por correo a:
Alfonso Sierra Partida No. 314,
Col. Jardines Vista Hermosa, Colima, Col., México, CP 28016

b) Representación U. de C. - Cd. de México

Dirigirse a:
Durango 353 local A, Col. Roma
México, D.F. CP 06700
Teléfono: **01 (55) 52 11 82 11**
(Se aceptan tarjetas de crédito VISA y MASTERCARD)

c) Cheque, Giro Postal o Telegráfico

Envíelo por correo a:
Comercializadora de la Universidad de Colima, S.C.,
Alfonso Sierra Partida No. 314, Col. Jardines Vista Hermosa,
Colima, Col., México, CP 28016

