

**Handling factors to stabilize leguminous biomass production
in the tropic**

Ruiz, T. E.; Castillo, E.; Alonso, J. y Febles, G. / 3

**Breeder age on hatchability and hatching time spending of
broiler chicken**

Vázquez, J. L.; Prado, O. F.; García, L. J. y Juárez, M. A. / 21

**Rumen physiology, feed intake and live weight gain by bulls
consuming sugarcane tops as basal diet supplemented with
local available resources**

Ortiz-Rubio, M. A.; Galina, M. A. y Rubio, C. / 29

**Genetic-environmental factors affecting calving intervals and
first age calving in double purpose cattle in North Veracruz**

Arellano, S.; Martínez, J.; Romero, E.; Briones, F.; Domínguez, M. y
De la Garza, F. / 43

**Mulberry: a viable alternative for animal feeding systems in
the tropic**

García, D.; Noda, Y.; Medina, M.; Martín, G. y Soca, M. / 55

**Experiences on the establishment of *Arachis pintoii* Krapov &
W.C. Greg. as a cover crop in citrus plantations of Veracruz,
México**

Valles, B. y Castillo, E. / 73

Editorial

Cada número que logramos editar en *Avances en Investigación Agropecuaria* significa un progreso más que se suma a esta tradición editorial que intentamos mantener en el área agropecuaria. En razón de lo anterior, quiero exponer e informar acerca de dos eventos trascendentales para la vida académica de nuestra revista. Son fenómenos por demás importantes para el desarrollo de una publicación de tipo internacional como lo planteado en los objetivos de nuestra publicación. Me refiero a los conceptos de *visibilidad* y *solidaridad*, situaciones que recientemente se manifestaron plenamente en la vida de Rev. AIA.

En esta segunda época, una de las metas que nos propusimos cumplir al tomar la dirección de la publicación, concernía al aspecto de obtener *visibilidad*; por ello, es motivo de alegría compartir con ustedes, recientes noticias en donde, después de su evaluación, Rev. AIA fue aceptada en dos índices internacionales: PERIÓDICA y LATINDEX. Ambos, de gran importancia tanto en México, América Latina como en el resto del mundo.

Con estos nuevos sucesos, paso a paso, estamos cumpliendo con todos aquellos quienes —desde un inicio— han puesto su conocimiento y energía en este proyecto editorial, así como con los que se han sumado durante el proceso, enriqueciendo el trabajo científico para la revista. E igualmente de quienes, estamos seguros, se incorporarán a futuro en nuestra edición que sigue ascendiendo en las metas que nos hemos propuesto efectuar. Es así como, el compartir estos avances nos hace sentir que el trabajo en Rev. AIA va por buena vía académica. Tengan la certidumbre de que estos resultados no se quedarán ahí: continuaremos con esta política de tener cada vez mayor visibilidad en todos los sitios que nos permitan darle realce a cada una de nuestras ediciones cuatrimestrales.

Desafiar nuestro trabajo editorial y su contenido ante una comunidad crítica, es fundamental y se basa en la confianza de nuestra labor realizada con calidad, con la participación creciente de académicos de prestigio, analíticos y comprometidos con la ciencia, tarea que ayuda y consolida al desarrollo de nuestra revista.

El otro punto que quiero destacar, además de la visibilidad, es el concepto de *solidaridad* mostrado por muchos de ustedes, pues en reciente carta enviada en forma personal, mencionábamos la situación económica por la que atravesamos, fenómeno que es recurrente no sólo en nuestra revista, sino en muchas de la región latinoamericana, que a su vez, es reflejo de la percepción y sustentos que se tiene para la ciencia en

nuestros países. Ante ello, estamos buscando, sin descanso, alternativas para encontrar salida a esta contingencia; por una parte, hemos recibido apoyo institucional, pero es insuficiente y aún hace falta completar varios aspectos financieros que permitan mantener el trabajo que de manera profesional se desarrolla y así poder continuar con la calidad que hemos alcanzado en Rev. AIA.

En razón de lo anterior, seguimos promoviendo diversos canales de recopilación de recursos; entre ellos, destacamos los siguientes: la adquisición de suscripciones, el pago de espacios comerciales y la recepción de donativos que nos permitan sostener su publicación. Sin embargo, de existir algunos otros mecanismos, estaremos atentos a sus sugerencias, ya que es inminente la necesidad de contar con recursos económicos con los que se pueda seguir sustentando a nuestra revista.

Agradecemos sinceramente tan positiva respuesta, así como esa valiosa muestra de apoyo mostrada por los colegas, quienes no sólo han realizado su aportación económica, sino también, y de manera medular, el haber dedicado parte de su tiempo en escribir diferentes recomendaciones, sugerencias y experiencias para resolver esta problemática por la que ahora atravesamos. Esto abona no únicamente al trabajo realizado en los diferentes aspectos en que participan en la revista (como el proponer sus artículos para su publicación en Rev. AIA), sino también por el propio trabajo de arbitraje y editorial.

Definitivamente, todo lo hasta aquí relatado tendrá frutos a futuro. Estamos seguros de seguir con la publicación de *Avances en Investigación Agropecuaria*; continuamos trabajando de manera permanente y firme en ello para que este proyecto permanezca con vida plena y se consolide, cada vez con mayor fuerza y empuje, como un espacio académico de mayor relevancia en el medio.

José Manuel Palma García

Director, Revista AIA

Factores del manejo para estabilizar la producción de biomasa con leguminosas en el trópico

Handling factors to stabilize leguminous biomass production in the tropic

Ruiz, T. E.;* Castillo, E.; Alonso, J. y Febles, G.

Instituto de Ciencia Animal, Cuba.
*Correspondencia: teruizv@hotmail.com

Resumen

Este material tiene como objetivo abundar acerca de aquellos factores del manejo que conduzcan a estabilizar la producción de biomasa en sistemas ganaderos en el trópico. Es obvio que los sistemas mejorados y bien manejados de pasturas de gramíneas y leguminosas, en cualquiera de sus alternativas, son opciones para lograr la sostenibilidad. Una concepción más amplia y profunda es la relativa a los estudios de pasturas mixtas; éstos, deben tener un enfoque más biológico por lo que, además de considerar el ambiente en el cual se desarrollan y crecen, hay que incluir la forma en que los componentes vegetales se manifiestan en las especies implicadas del agroecosistema. Aquí no podemos olvidar el efecto del animal. Los problemas asociados con la persistencia se reconocen cada vez más como una preocupación real. Los diversos factores que controlan la permanencia de las especies forrajeras se agrupan en aquellos que pueden ser manejados y controlados por el productor, así como en los que éste no puede intervenir. Es por ello que las producciones animales y de otro tipo, derivados de estos sistemas, varían positivamente en el tiempo, en la medida en que se va consolidando la relación suelo/planta/animal. De esta correspondencia no pue-

Abstract

This study has the objective of expounding management factors that lead to stabilize the biomass production in cattle systems in the tropic. It is obvious that the improved systems and well managed gramíneas and leguminous pastures, in any one of their alternatives, are options to obtain sustainability. A more extensive concept is that the study of mixed pastures must have a biological approach, besides considering the environment in which they are developed and grown, it is necessary to include the way in which vegetal components manifest in the species implicated in an agroecosystem. Here we cannot forget the animal's effect and the problems associated with its persistence as been recognized more and more as a real concern. Diverse factors that control the fodders species persistence can be divided into those that can be handled and controlled by the producer and those the producer cannot take part in. That is why animals' productions and other types of derivatives of these systems vary positively in time, in proportion as the relationship between plant/animal/ground is consolidating. From this relationship, man's interacting part with the elements cannot be excluded as before indicated. Biomass production is a multidisciplinary activi-

de quedar excluido el papel interactuante y modificador del hombre con los elementos antes señalados. La producción de biomasa es una actividad multidisciplinaria; de ahí que el éxito de su funcionamiento esté condicionado al conocimiento de las interacciones entre sus componentes, así como entre éstos y el medio ambiente, lo cual permitirá la generación de estrategias de manejo acordes con la ecología que conduzcan a mejorar la productividad y la sostenibilidad del agroecosistema. Por tanto, la producción de biomasa constituye un elemento determinante en el éxito y la eficiencia de los sistemas con leguminosas.

Palabras clave

Manejo, producción de biomasa, asociación, silvopastoreo, leguminosas herbáceas, arbustivas.

ty; this is why its success is conditioned to the knowledge of the interactions between its components, and also their interactions with the environment. This knowledge will allow the generation management strategies in tone with the ecology that will lead to improving the agroecosystem's productivity and sustainability. Therefore, biomass production is a determining factor in the success and efficiency of the systems with leguminous.

Key words

Management, biomass production, association, silvopastoreo, herbaceous leguminous, shrub.

Introducción

El trópico representa una alternativa para la producción de alimentos de origen animal; éste tiene como base alimentaria a los pastos, los cuales pueden presentar una alta producción de biomasa, pero en forma estacional [Palma, 2005]. Además, es conocido que en las áreas tropicales de América Latina se desarrolla el 60% de los bovinos de la región en cerca de 1,500 millones de hectáreas [Martínez, 2005].

La mayoría de las actividades humanas impactan el ambiente; la agricultura y la ganadería no son las excepciones. La ganadería, con gran frecuencia, es censurada por los efectos adversos medioambientales; sin embargo, recíprocamente, rara vez se da un énfasis al papel positivo de los animales en la conservación del medio ambiente [Alonso, 2004]. Por ejemplo, el pastoreo modifica las comunidades de plantas y se puede manejar para sostener o mejorar las plantas deseables y beneficiar, en menor o mayor grado, al suelo y a la fauna. No obstante, los pastoreos inapropiados, afectan adversamente los agroecosistemas.

La ganadería tropical enfrenta serios cuestionamientos debido al modelo imperante de producción, caracterizado por grandes extensiones y poca o ninguna diversidad

de especies [Molina y Uribe, 2005]; además de que presenta problemas tanto ecológicos como económicos [Ibrahim *et al.*, 2005].

En los sistemas ganaderos tradicionales, uno de sus principales problemas es la degradación de pasturas, lo que se traduce en una disminución de oferta en forraje, siendo la principal amenaza a largo plazo para la sostenibilidad del sistema [Ibrahim *et al.*, 2000; Szott *et al.*, 2000] al causar el declive en la productividad de las pasturas, provocando la baja eficiencia económica [Jansen *et al.*, 1997]. Esto se debe, principalmente, a factores de manejo como el uso de químicos (herbicidas, funguicidas y fertilizantes) a la carga animal inadecuada (sobrepastoreo); lo cual provoca: pérdida de cobertura vegetal, reducción de la fertilidad del suelo, incremento de la erosión, compactación del suelo y desertificación [Szott *et al.*, 2000]. Asimismo, que se destruyan hábitats y se aumenten las emisiones de gases del efecto invernadero [Harvey *et al.*, 2005].

Así, tenemos que la deforestación del bosque nativo y la conversión final de estas áreas en pastura, representa el más importante cambio en el uso del suelo en América Tropical, en los últimos 50 años. El 77% del área agrícola de esta zona se encuentra hoy cubierta de pasturas. A lo anterior se suma que, por un manejo inadecuado, más del 60% de estas tierras, se encuentran en severo estado de degradación [Amesquita *et al.*, 2004].

Por ello, la necesidad de incorporar prácticas y técnicas que cumplan con un doble propósito: mejoran el sistema de producción ganadero al aumentar la oferta en forraje (no sólo pasturas en monocultivo) y que contribuyan en la conservación de los recursos naturales, mejorando así la imagen ante los entes decidores y los consumidores sensibles ante la problemática ambiental [Pezo *et al.*, 1999].

Ruiz y Fébles [2004], informaron que, entre las causas humanas que influyen en este proceso se destacan la aplicación de tecnologías inadecuadas, el sobrepastoreo y la deforestación. Tal sobreexplotación suele ser causada por la presión económica y social, la falta de conocimientos y las sequías. Sin embargo, los sistemas mejorados y bien manejados de pasturas, agro-pastoriles y agrosilvopastoriles, representan una importante alternativa de recuperación de esas áreas degradadas.

La generación y multiplicación de sistemas productivos que privilegien la alta producción de biomasa, y maximicen el fenómeno de la fotosíntesis y, por tanto, la capacidad de almacenar el carbono ocioso del aire en medios estables como la materia orgánica del suelo, se convierte en la alternativa práctica y real para la regulación ambiental, y es precisamente en la franja tropical donde se cuenta con las mayores ventajas naturales para tratar esta línea de desarrollo [Molina y Uribe, 2005; Amesquita *et al.*, 2004].

Por consiguiente, hoy adquiere una importancia trascendental maximizar el fenómeno de la fotosíntesis como principal mecanismo de mitigación del efecto invernadero.

ro generado por la emisión sin control de gases, donde el dióxido de carbono es responsable de más del 65% de su impacto global.

Los sistemas en los que estén presentes las leguminosas, ya sean arbustivas o rastrojeras asociadas con gramíneas, pueden jugar un papel destacado al contribuir positivamente en muchos de los aspectos indicados con anterioridad y, por tanto, pueden lograr sistemas que sean sostenibles con el medio ambiente. Murgueitio [1999], ha llegado a encontrar argumentos análogos.

Dentro de las opciones para intensificar el uso de la tierra en zonas ganaderas se encuentra la utilización de los sistemas silvopastoriles, los cuales han demostrado que son una alternativa productiva con grandes beneficios: mejoran la producción y ofrecen oportunidades de empleo [De Haan, 2002]; además, generan servicios ambientales (secuestro de carbono, conservación de la biodiversidad, preservación del recurso hídrico, entre otros) [Pezo *et al.*, 1999]. También, existen sistemas de producción ganaderos, como la asociación de leguminosas herbáceas con pasturas que presentan ventajas económicas por los incrementos en la producción de leche y carne [Lascano y Ávila, 1991] y ecológicos, como una mejor persistencia de las pasturas, disminuyen la utilización de fertilizantes nitrogenados y contribuyen en el secuestro de carbono en el suelo [Ibrahim, 1994; Ibrahim y Mannelje, 1998].

De ahí la necesidad de la conversión de sistemas relativamente simples de monocultivo de gramíneas a sistemas más complejos, donde la mezcla de especies se combina, para crear un ambiente favorable para la producción de biomasa y pecuaria y, al mismo tiempo, amigable con los recursos naturales y la biodiversidad [Sánchez *et al.*, 2000].

Los objetivos del presente material consisten, básicamente, en informar acerca de las posibilidades de la producción de biomasa mediante sistemas -con la presencia de leguminosas herbáceas o arbustivas- cuando se logra un manejo integral de sus componentes, así como los éxitos alcanzados en esta línea en el Instituto de Ciencia Animal, de Cuba.

Discusión

Al efectuar una revisión de los trabajos publicados en los últimos Congresos Internacionales de Pastos y Forrajes (desde 1988), reuniones de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (a partir de 1995), así como informaciones emitidas por la FAO, la ONU y otros organismos nacionales dentro del contexto tropical, se indica que, temáticas como leguminosas herbáceas, establecimiento, recuperación y manejo de pastizales, silvopastoreo y relación suelo-planta-animal no fueron sistemáticamente discutidos en estas reuniones; existe una ausencia casi total de investigaciones o estudios que valoren a los pastos como un sistema dinámico diverso y, menos aún,

que propongan tecnologías integrales de aplicación al sector productivo [Ruiz *et al.*, 2003].

Otras características del análisis que estamos llevando a cabo y que se han extraído de los últimos Congresos Internacionales de Pastos, fueron resumidas por Maass *et al.* [2001]. Estos autores señalan que el trabajo con leguminosas se ha centrado fundamentalmente en la evaluación y colecta de germoplasma. En este sentido, Botero [2000], planteó que el mejoramiento de praderas en el trópico ha estado orientado a mejorar su adaptación a factores abióticos (climáticos y edáficos) y bióticos (plagas y enfermedades) y su tolerancia a moderadas presiones de pastoreo.

Nuestro criterio se basa en que una concepción más amplia y profunda es aquella en la que los estudios de pasturas mixtas deben tener un enfoque más biológico por lo que, además de considerar el ambiente en el cual se desarrollan y crecen, hay que incluir y destacar el control de malezas y la forma en que los componentes vegetales se desarrollan y se manifiestan en las especies implicadas en el agroecosistema. Dentro de este contexto, no podemos olvidar el efecto del animal.

Los problemas asociados con la persistencia se reconocen cada vez más como una preocupación real [Jones 1984; Ruiz y Febles, 2001]. Por otro lado, los diversos factores que controlan la persistencia de las especies forrajeras se agrupan, en sentido amplio: en los que pueden ser manejados y controlados por el productor, así como en aquellos en que el productor no puede intervenir.

En este sentido, Jones y Mott [1980] y Ruiz y Febles [2001], plantearon que la persistencia de la leguminosa, mediante el manejo adecuado del pastoreo, dependerá del conocimiento que tengamos de cómo ese manejo afecta a la supervivencia de la planta y, por tanto, la producción de biomasa.

A través de este enfoque los pastizales mixtos deben ser, obviamente, de gran significado en el mundo tropical en general (cuando logramos que sean productivos, persistentes y económicamente sostenibles).

La producción de biomasa con leguminosas herbáceas o arbustivas, son sistemas biológico-abiológico en desarrollo dinámico constante, el cual se alcanza por etapas y se evalúa a través de la evolución de sus componentes; es decir, los animales, el pasto base, la leguminosa, el árbol, la flora y la fauna aérea y del suelo, el suelo mismo, el reciclado de los nutrientes, los factores abióticos y otros de carácter socio-económico [Ruiz *et al.*, 2001].

Es por ello, que las producciones animales y de otro tipo, derivados de estos sistemas, varían positivamente en el tiempo, en la medida en que se va consolidando la relación suelo/planta/animal. De esta relación no puede quedar excluido el papel interactuante y modificador desempeñado por el hombre con los elementos constitutivos antes señalados [Ruiz *et al.*, 2005].

Todos conocemos las bondades de los mismos cuando logramos una estabilidad de sus componentes. En este proceso intervienen, a través del hombre, muchos aspectos que, cuando son bien utilizados, se alcanza una respuesta positiva. El equilibrio adecuado de los componentes de los sistemas en fomento se va logrando con el tiempo, mediante una activa participación antrópica [Ruiz *et al.*, 2000].

Sistemas con leguminosas herbáceas

La asociación de gramíneas con leguminosas rastreras ha sido muy estudiada por los investigadores. Sin embargo, se reconoce un bajo impacto en la adopción por parte de los productores [Pezo *et al.*, 1992]. Aunque su introducción ha representado una contribución significativa en la productividad del pastizal, no cabe duda de que su manejo y mantenimiento ha sido difícil de lograr [Milera, 1991; Sánchez, 1999].

Por otro lado, las investigaciones con especies de leguminosas rastreras han tenido problemas con la persistencia [Espinosa, 2000]; y, en este sentido, se ha informado un aumento de las malezas con el incremento de la carga [Walker, 1975; Monzote *et al.*, 1986]. Se conoce que las leguminosas son muy sensibles a las altas cargas, así lo plantearon González *et al.* [2004]; que el aumento de la carga degrada la asociación gramínea-leguminosa y disminuye el porcentaje de leguminosas en el pastizal [Cowan *et al.*, 1975]. Chacón y Stobbs [1976], indicaron que el pisoteo y el tamaño del bocado afectan la presencia de la leguminosa en el pastizal, mientras que Castillo *et al.* [1991] lograron mayor persistencia al aumentar el número de cuartones de 2 a 4, y mucho mejor, cuando trabajaron con 6 cuartones [Castillo *et al.*, 2002].

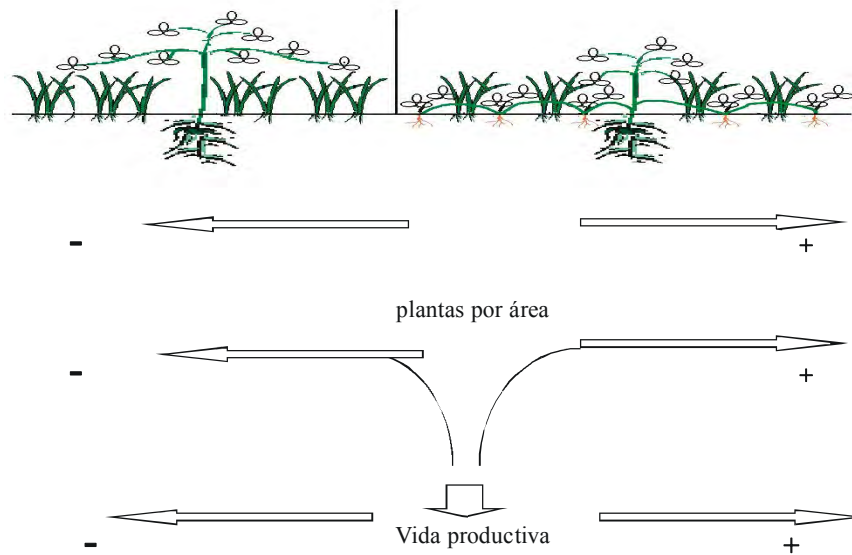
Trabajos desarrollados para profundizar en el comportamiento de asociaciones de gramíneas-leguminosas rastreras bajo pastoreo, nos señalan que la baja población de plantas y de puntos enraizados por metro cuadrado, constituyen las causas de la baja estabilidad de la producción de biomasa de estos sistemas. Además, los elementos que componen la disponibilidad (gramínea-leguminosa) varían al disminuir o aumentar uno de los componentes; lo anterior es una muestra de que existe un estado competitivo entre ellas [Ruiz *et al.*, 1995].

Ruiz, Febles, Monzote, Castillo, Barrientos, Díaz y Bernal, en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba, durante los últimos 20 años, han realizado un grupo de trabajos con asociaciones de gramíneas y leguminosas que introducen cambios en la forma del manejo y logran la persistencia de las mismas en el sistema [Ruiz y Febles, 2001], durante los 84 meses que duró el trabajo. No obstante, señalaron la necesidad de profundizar en los métodos de establecimiento, ya que con los existentes se obtienen pastizales con bajas poblaciones de leguminosas, así como pocos puntos de enraizamiento. Existe, además, una alta competencia con la gramínea acompañante, así como el hecho de que los métodos de cultivo mínimo no logran un lecho adecuado para la

germinación, emergencia y desarrollo de la semilla de leguminosas que se desean introducir [Ruiz y Febles, 2001].

En la Figura 1, se observa en la parte izquierda lo que sucede comúnmente en los pastizales asociados en donde la leguminosa tiene sólo como punto de anclaje la planta madre, mientras las ramas crecen por encima de la gramínea, pero sin enraizar. Los trabajos relacionados con el establecimiento y explotación del pastizal deben estar encaminados a lograr una mayor cantidad de plantas y puntos enraizados por área, como se muestra en la parte derecha de la misma. Cuando estos indicadores presentan un balance positivo en la asociación, se logra una mayor vida productiva de los pastizales.

Figura 1. Comparación de la forma de anclaje de dos áreas asociadas de leguminosas rastreras y gramíneas.



(Ruiz y Febles, 2003).

El comportamiento del pastizal presenta una producción estable de biomasa independientemente de la estación climática (Cuadro 1), siendo ello uno de los objetivos que nos trazamos al sembrar mezclas múltiples, ya que cuando una de ellas disminuye su aporte al rendimiento, otra ocupará esa función. Al analizar la contribución por especie, podemos apreciar que el kudzú presentó el menor aporte en la seca. Mientras que siratro y stylo disminuyeron su presencia en la lluvia; aunque ello estuvo asociado también al hecho de que las mismas comenzaron a desaparecer de la mezcla (Cuadro 2).

Por su parte, centrosema y glycine tuvieron un comportamiento muy estable (Cuadro 1 y 2), al igual que la gramínea.

Cuadro 1. Comportamiento promedio del pastizal por rotación.

Estación	Disponibilidad de la asociación t/ha MS	Contribución /Especie, %					
		Kudzú	Centro	Glycine	Siratro	Stylo	Gramínea
Seca	3,23	3,7	28,9	29,6	13,6	10,2	14,0
Lluvia	2,73	21,0	25,0	22,0	8,0	2,0	22,0

(Ruiz y Febles, 2001a).

Cuadro 2. Frecuencia de aparición (%) de las leguminosas y las gramíneas en las diferentes estaciones climáticas.

Especies	Estación	
	Seca	Lluvia
Kudzú	50	75
Centrosema	90	100
Glycine	90	100
Siratro	90	80
Stylo	50	40
Gramíneas	90	100

(Ruiz y Febles, 2001a).

En el Cuadro 3, se muestra la estabilidad alcanzada en la producción de biomasa, a través del tiempo y la capacidad de kudzú y stylo, de ir aumentando su presencia en la asociación, mientras teramnus, centro y glycine mostraron estabilidad en el pastizal. Por su parte, clitoria desapareció a los 30 meses.

Cuadro 3. Comportamiento del pastizal en diferentes momentos después del establecimiento.

Momento	Disp. t/há MS	Contribución / especies, %						
		Kudzú	Clitoria	Teramnus	Stylo	Centrosema	Glycine	Gramínea
Inicio	3,28	9	9	13	8	24	18	19
Final	3,41	23	0	13	24	20	10	10

(Ruiz y Febles, 2001a).

La frecuencia de aparición de las especies en el potrero también es un indicador de la capacidad competitiva de los componentes en la asociación. Así, kudzú, stylo, centro y glycine aumentaron en el tiempo, no ocurriendo lo mismo con el resto de las especies.

La clitoria presentó una conducta temporal como planta, ya que después de la floración, esta leguminosa desapareció y de la semilla producida y caídas al césped surgieron muy pocas plantas; esto, por no poder competir dentro del césped formado por la asociación.

Se destaca el desarrollo armónico de la presencia de plantas y puntos enraizados de las leguminosas rastreras estudiadas, lo que se evalúa como un resultado importante que se refleja en la biodiversidad, el equilibrio y persistencia alcanzada en la producción de biomasa entre los componentes del sistema. De esta forma, se puede disponer de pastizales productivos y de una mayor vida útil no menor de 7 años, en contraste con lo alcanzado en Cuba anteriormente.

Los satisfactorios resultados obtenidos con este sistema, pudieran estar relacionados con la presencia de más de una leguminosa en el pastizal, con diferentes hábitos de crecimiento y a la estrategia de trabajar con presiones de pastoreo no mayores a 500 kg / ha; esto corrobora lo sugerido por Stobbs [1969]. Además, el hecho de aumentar la rotación de 2 a 4 cuarterones y permitir el acceso libre al pastizal, contribuyeron también en estos resultados [Castillo *et al.*, 1991; Ella *et al.*, 1991]. Tal situación es acorde con lo informado por Espinosa [2004], quien encontró aumento del valor nutritivo del pastizal, un incremento de la carga y mayor persistencia del sistema.

Queda demostrado que las leguminosas rastreras necesitan un manejo especial para lograr un equilibrio adecuado con las gramíneas; y que ello permita un comportamiento biológico aceptable. En este sentido, la categoría animal y la carga pueden decidir un mayor tiempo de persistencia de las leguminosas asociadas y un buen comportamiento animal en unión de otros factores ya analizados sobre los puntos de anclaje de estas especies [Castillo y Ruiz, 2005].

Sistemas silvopastoriles

En Cuba, desde la década de los 80's del siglo XX, se ha estudiado íntegramente el uso de la leucaena para la producción bovina, lo cual ha constituido una alternativa importante biológica y económicamente, con producciones sostenibles y favorables. En estos resultados influyeron, asimismo, los estudios relacionales con el comportamiento ruminal y fisiológico de los animales [Castillo *et al.*, 2000; Ruiz y Febles, 2003].

Hay que señalar que los estudios con enfoque ecológico e integrado se han incrementado, debido, probablemente, a que los sistemas que involucran el uso de árboles y

arbustos locales, constituyen una importante opción en los sistemas productivos que interactúan con las pasturas y los animales, bajo un esquema de manejo integrado [Pérez *et al.*, 1998].

Las leguminosas arbóreas influyen en la productividad animal de tres maneras. La primera, es la capacidad de carga animal, la cual aumenta debido a la mayor producción de biomasa. La segunda, es el mayor valor nutritivo de la pastura asociada en comparación con la gramínea sola; y la tercera, es el efecto beneficioso del nitrógeno y de la sombra, que unido a los métodos tecnológicos de establecimiento de esta especie [Ruiz y Febles, 2003], coadyuvan a que la gramínea asociada -que es la base de la alimentación bovina en sistemas en que está presente el árbol- produzca un mayor volumen de biomasa [Castillo *et al.*, 2002]; con ello se logra que tenga la misma productividad y valor nutritivo que la gramínea no asociada pero fertilizada con 100 Kg. N/ha/año [Ruiz *et al.*, 1995].

En este sentido, se ha demostrado una mayor persistencia de la gramínea asociada que aquella que no recibe los beneficios del árbol [Jordán, 2003].

Por otro lado, se demostró que la inclusión de la leucaena en pastos naturales necesita de un manejo cuidadoso desde el punto de vista de la carga por unidad de área y la suplementación con alimentos voluminosos y fuentes nitrogenadas para lograr alta producción de biomasa de forma sostenible y persistente [Castillo *et al.*, 2003].

En otros trabajos se ha informado que el uso adecuado de la carga, número de cuartones, tiempo de ocupación y la suplementación en sistemas de asociaciones con la inclusión de árboles en toda el área (fundamentalmente leucaena), constituyen una vía importante para lograr buena persistencia del pasto base; esto permite una mayor productividad en la producción de leche, la cría de hembras en desarrollo, y la producción de carne [Jordán, 1998; Castillo *et al.*, 2002; Guevara *et al.*, 2003; Mejías *et al.*, 2004].

El manejo de los árboles debe estar encaminado a lograr una aceptable productividad y crecimiento, ya que si esto no se controla adecuadamente, las plantas pueden convertirse en árboles y como consecuencia de ello, la parte foliar no estará al alcance de los animales; además de afectar el crecimiento de la gramínea asociada, lo que se reflejaría inmediatamente en la estabilidad de la producción de biomasa del sistema [Ruiz *et al.*, 1994; Shelton y Jones, 1995].

Los sistemas silvopastoriles intensivos de ramoneo y de corte y acarreo se incrementan con la ganancia de peso vivo en los animales hasta en un 21 a 26 %; y en producción de leche, en 20% al compararlos en alimentación con sólo gramíneas [Ibrahim *et al.*, 2005].

Los estudios conducidos en sistemas de pastoreo con árboles mostraron, de forma novedosa, que con un manejo adecuado se logra baja proporción de malezas y altos valores del pasto base mejorada, comparada con la gramínea sin asociar con árboles no

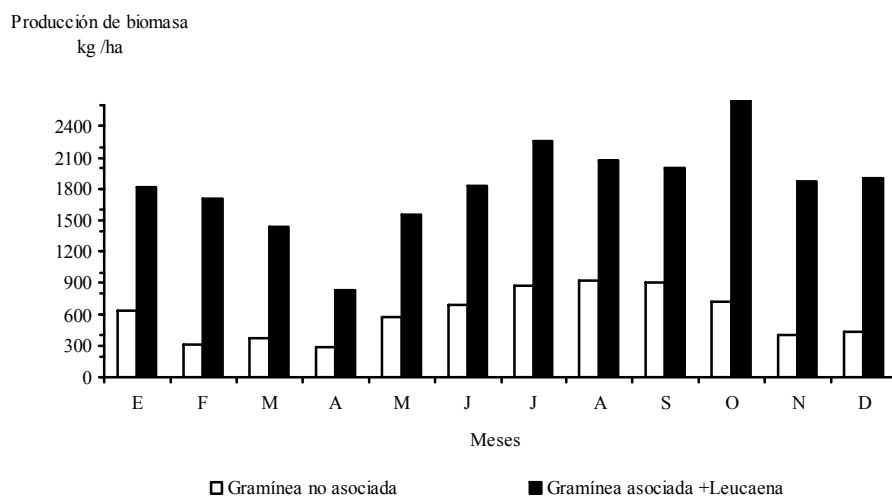
fertilizadas. Esto muestra que no ocurre deterioro en el pastizal y que se logra un equilibrio aceptable de sus componentes. La presencia del árbol asociado a la gramínea mejorada tiende a producir una mayor estabilidad de la producción de biomasa durante todo el año, en comparación con áreas sin árboles y sin fertilización (Cuadro 4 y Figura 2).

Cuadro 4. Comportamiento del rendimiento (t/ha/año MS) del área, de leucaena-pasto estrella y pasto estrella sin asociar, según los años de estudio).

Indicadores	Años		
	3 ^{ro}	4 ^{to}	5 ^{to}
Leucaena	5,9	6,4	7,0
Pasto asociado	9,8	11,1	12,0
Pasto más leucaena	15,7	17,5	19,0
Pasto sin asociar	8,1	7,3	6,7

(Ruiz *et al.*, 1999).

Figura 2. Producción de biomasa mensual en sistemas de gramínea no asociada vs gramínea asociada + leucaena en el 100 % del área [Ruiz *et al.*, 1999].



En un sistema leucaena: guinea conducido durante 5 años, se puede apreciar que al 4^{to} año de explotación con animales se incrementó en 21% la producción de biomasa en la época de lluvia respecto al año anterior; y en 37 %, en la seca. Al 5^{to} año, estos incrementos fueron 11% y 22% en iguales épocas, respectivamente. Un análisis más prolongado, al comparar el 3^{er} año vs 5^{to} año, mostró incrementos de 33% en lluvia, y 67 %, en seca. La poda, que constituye una compleja labor que debe ser incluida como práctica de manejo en estos sistemas, puede restituir la producción de biomasa para que esté nuevamente al alcance de los animales, regule la entrada de luz y no sea un factor limitante para la vegetación herbácea que forma parte del silvopastoreo; ésta, además de contribuir en la alimentación animal, cubre el suelo evitando la erosión y favorece el proceso de reciclado de nutrientes.

Se ha demostrado que la altura que alcanzan las plantas de leucaena en explotación, constituye la principal preocupación de los productores, quienes temen que éstas puedan convertirse en árboles. La labor de poda no es necesaria antes de los 4 años después de la siembra si el sistema es bien manejado, y se lleva a cabo según el objetivo que se persiga. Así, si queremos aumentar la disponibilidad/animal/día durante la seca, la poda se deberá realizar de enero a marzo; pero si se quiere lograr una rápida recuperación de las plantas después de la poda, ésta debe efectuarse entre los meses de abril-junio a una altura no mayor a 0.50 m del suelo. De esa forma se prolonga el comienzo de la próxima labor en unión de otros factores del manejo, como son: el por ciento de defoliación, el tiempo de descanso y el tipo de pasto herbáceo asociado.

Una estrategia para restablecer la producción de biomasa de los componentes de un sistema silvopastoril puede consistir en podar todas las plantas de leucaena de los dobles surcos, pero de forma alterna. La altura de poda en esta estrategia depende del hábito de crecimiento de la gramínea acompañante; y será de 1 m en el caso de la guinea, que es un pasto erecto, y de 0.50 m cuando se emplea estrella, que es de hábito rastrero.

Después de 54 días de podar con la estrategia anterior se comienza nuevamente el pastoreo, logrando una recuperación efectiva de la biomasa de los componentes. Así, la leucaena incrementa su producción en 310%; y la gramínea, en 118%. Sólo hubo 3% de mortalidad de plantas de la leguminosa (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comportamiento de algunos indicadores del crecimiento y disponibilidad de biomasa en la leucaena después de la poda.

	% de supervivencia ²	Disponibilidad t MS ha ⁻¹ rotación ⁻¹
Variantes de Poda		
PASD	76,44 ^b (91,55)	0,57 ^c
PACD	77,47 ^b (91,61)	0,64 ^b
SASD	86,19 ^a (97,33)	0,78 ^a
SACD	83,78 ^a (96,00)	0,71 ^b
ES±	2,13**	0,02***
Momentos de muestreo (días después de la poda)		
27	86,51 ^a (97,62)	0,57 ^c
54	81,79 ^{ab} (95,06)	1,20 ^a
108	81,79 ^{ab} (95,06)	0,99 ^b
162	78,16 ^b (92,53)	0,42 ^d
216	76,60 ^b (90,35)	0,41 ^d
ES±	2,38*	0,02***

abc Medias con letras diferentes dentro de cada columna difieren a $P < 0.05$ [Duncan, 1955]

* $P < 0.05$ *** $P < 0.001$

() Valores reales ² Datos transformados según $\arcsen\sqrt{\%}$

PASD: Plantas alternas sin depósito de follaje. SASD Surcos alternos sin depósito de follaje.

PACD: Plantas alternas con depósito de follaje. SACD Surcos alternos con depósito de follaje.

(Alonso, 2004).

Es esencial el control permanente de la penetración de la luz solar, de manera que permita un balance adecuado entre los diferentes estratos de la vegetación, ya que, a través de la selección de especies y el manejo selectivo de las podas, fundamentalmente, la misma puede desempeñar un papel preponderante en el desarrollo de los componentes vegetales del sistema, que se reflejaría en una mayor producción estable de biomasa.

Las posibilidades de la leucaena como árbol de sombra también constituye otro aspecto de importancia para la producción de biomasa y la misma se logra sin interrumpir el pastoreo animal; esto constituye una novedad conceptual. Es decir, después de 3-4 años de explotación, a partir de la siembra, un porcentaje de plantas sobrepasa la altura de 200 cm, que es aproximadamente, el límite máximo para el aprovechamiento de la planta por el animal y es la que se utiliza para introducir la sombra en el potrero.

Durante los primeros años de fomento del sistema, una población de alrededor de 1,100 plantas/ha para sombra, no afecta el desarrollo del pasto base y se logra una utilización más rápida (Cuadro 6). Después de 4 años, se ajusta la población a 400-600 plantas/ha para evitar un efecto negativo en el crecimiento de la gramínea e incorporar nuevas plantas para la alimentación animal. De esta forma, se dispone de un pasto base con una producción de biomasa más estable durante el año y con una aceptable calidad sin el empleo de fertilizantes químicos. También se produce un enriquecimiento de la fertilidad del suelo.

Cuadro 6. Evolución de la composición botánica, %.

Plantas, ha	Tiempo a partir del comienzo del experimento			
	2 años		5 años	
	P. estrella	Malezas	P. estrella	Malezas
0	63	37	56	44
200	91	9	90	10
400	90	10	89	11
600	89	11	87	13
800	87	13	81	19
1 100	86	14	78	22

(Ruiz *et al.*, 1998).

Otras formas de introducción de la sombra mediante el empleo de diversas especies de árboles, sin interrumpir el flujo productivo de la unidad ganadera, puede lograrse al sembrar los mismos a lo largo y en la confluencia de los potreros, mediante la protección con cerca eléctrica. Otra alternativa es la siembra de los árboles en franjas dentro de los potreros.

El tiempo de pastoreo aumenta a medida que la estancia del animal bajo la sombra del árbol se prolonga, a lo cual sigue la rumia y el echado. Cuando el agua a voluntad está presente en esta condición, disminuye la ingestión de la misma; lo cual representa un indicador de confort ambiental para los animales.

Conclusiones

Queda demostrado que la producción de biomasa es una actividad multidisciplinaria por naturaleza; de ahí que el éxito de su funcionamiento esté condicionado al conocimiento que se logra de las interacciones entre sus componentes y entre éstos y el medio ambiente; lo cual permitirá la generación de estrategias de manejo acordes con la ecología; y, por lo tanto, que conduzca a mejorar la productividad y la sostenibilidad del agroecosistema.

Es evidente que la producción de biomasa constituye un elemento determinante en el éxito y la eficiencia del empleo de los sistemas con leguminosas. No obstante, es imprescindible conocer todos aquellos factores que determinan su expresión. En primer lugar, no pueden evaluarse como escalones aislados de un sistema, sino interactuando entre sí; y, en segundo lugar, es fundamental conocer la forma en que deben ser manejados para lograr una producción de biomasa vegetal más eficiente y estable.

Es muy importante el grado de experiencia, conocimiento e interpretación que deben poseer nuestros productores y técnicos para alcanzar la potencialidad de estos sistemas.

Literatura citada

- Alonso, J. 2004. Factores que intervienen en la Producción de Biomasa de un sistema silvopastoril leucaena-guinea. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 120 pp.
- Amezquita, M. C.; Ibrahim, M. y Buurman, P. 2004. Carbón sequestration in pasture, Agropastoral and Silvopastoral Systems in the American Tropical Forest Ecosystem. En: The importance of silvo pastoral system in Rural Livelihoods to Provide Ecosystem services. Ends: L. Mannetje, L.T. Ramírez, M. Ibrahim, C. Sandoval, N. Ojeda y J. Ku. México. 303 pp.
- Botero, R. 2000. Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro del carbono. Reunión de Expertos FAO. Brasil. 170 pp.
- Castillo, E.; Ruiz, T. E.; Stuart, R.; Galindo, Juana; Hernández, J. L. y H. Díaz. 2003. Efecto de la suplementación proteico-energética en el comportamiento de machos bovinos que pastaron gramíneas naturales, asociadas a una mezcla de leguminosas rastreras. Rev. Cubana de Cienc. Agrícola. 37:143.
- Castillo, E.; Ruiz, T. E.; Febles, G.; Puentes, R.; Díaz, L. E. y Bernal, G. 1991. Utilización de las leguminosas rastreras para el crecimiento y ceba de bovinos en sistemas de bancos de proteína con libre acceso. Comportamiento animal. Rev. Cubana Cienc. Agric. 25:265.
- Castillo, E.; Ruiz, T. E.; Febles, G.; Crespo, G.; Galindo, Juana; Chongo, Bertha y Hernández, J. L. 2002. Efecto de la inclusión de la Leucaena en el 100% del área de pastos naturales en el comportamiento de machos bovinos. Rev. Cubana de Cienc. Agrícola. 34:309.
- Castillo, E.; Ruiz, T. E.; Febles, G.; Crespo, G.; Galindo, Juana; Chongo, Bertha y Hernández, J. L. 2000. Efecto de la inclusión de la Leucaena en el 100% del área de pastos naturales en el comportamiento de machos bovinos. Rev. Cubana de Cienc. Agrícola. 34:309.
- Castillo, E. y Ruiz, T. E. 2005. Sistema de manejo de pastizales de leguminosas para la producción bovina. Conferencia. III Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. (CD-ROM). La Habana, Cuba.
- Chacón, E. y Stobbs, T. M. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the cating behaviour of cattle. Aust. J., Agric. Res. 27:709.
- Cowan, R. T.; Byford, I. F. R. y Stobbs, T. H. 1975. Effects of stocking rate and energy supplementation on milk production from tropical grass-legume pasture. Oust., Exp. Agric. Anima. Hubs. 15: 740.
- De Haan, C. 2002. Cees de Haan: promotor de los sistemas silvopastoriles como alternativa del desarrollo rural. Agroforestería de las Américas. 9 (33-34):6-7.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics. 11:1.
- Ella, A.; Blair, G. J. y Stur, W. W. 1991. Effect of age of forage tree legumes at the first cutting on subsequent production. *Tropical Grassland*. 25(3):275.

- Espinosa, F. 2004. ¿Por qué ajustar cargas animales? [en línea]. Disponible en: <http://www.asoganaderos.com/articulos/r146p13.htm>. [Consulta: agosto de 2004].
- Espinosa, F. 2000. Las leguminosas forrajeras: más de 50 años de estudios en Venezuela. Carabobo Pecuario. Artículos Libres. [en línea]. Disponible en: <http://www.asoganaderos.com/articulos/r148p11.htm>. [Consulta: agosto de 2004].
- González, E. A.; Alfonso, V. J.; J. Ávila, M. C. 2004. Es posible producir más con menos ganado y mantenga en su rancho la carga animal adecuada [en línea]. Disponible en: <http://patrocipes.uson.mx/revistaranchos/revistaranchos2004/Carga.htm>. [Consulta: agosto de 2004].
- Guevara, R.; Ruiz, R.; Curbelo, L.; Guevara, G.; Gálvez, M.; Martínez, S.; Estévez, J. y Pedraza, R. M. 2003. Asociación de guinea (*Panicum maximum*) con leguminosas nativas explotadas en pastoreo racional en una vaquería comercial. Pasto y Forrajes. 26:215.
- Harvey, C.; Alpizar, F.; Chacón, M. y Madrigal, R. 2005. Assessing linkages between agriculture and biodiversity in Central America: Historical review and future perspectives. 1ed. San José, Costa Rica, Mesoamerican & Caribbean Region, Conservation Science Program. The Nature Conservancy. 138 pp.
- Ibrahim, M.; Abarca, S. y Flores, O. 2000. Geographical synthesis of data on Costa Rica Pastures and their potential for improvement. In: Hall, C. H.; Pérez, C. L. 2000. Quantifying sustainable development: the future of tropical economies. 45 pp.
- Ibrahim, M.; Rojas, J. y Villanueva, C. 2005. Tecnologías forrajeras para la intensificación de la ganadería y la conservación de los recursos naturales en el trópico. Conferencia Magistral I Simposio Internacional de forrajes tropicales en la producción animal. Memorias. UNACH. México. 77 pp.
- Ibrahim, M. 1994. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures in the tropics of Costa Rica. Ph. D Thesis. Wageningen, The Netherlands, Wageningen Agricultural University. 129 pp.
- Ibrahim, M. y Mannetje, L.T. 1998. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures in the humid tropics of Costa Rica. Tropical Grasslands. 32:96.
- Jansen, H.G.P.; Ibrahim, M.; Nieuwenhuyse, A.; Mannetje, L.T.; Joenje, M. y Abarca, S. 1997. The economics of improved pasture and silvopastoral technologies in the Atlantic zone of Costa Rica. Tropical Grassland. 31:588.
- Jones, R. M. 1984. Persistencia de las especies forrajeras bajo pastoreo. En: Evaluación de pasturas con animales, CIAT, Colombia. 167 pp.
- Jones, R. M. y Mott, J. J. 1980. Population dynamical in grazed pastures. Tropical Grasslands. 14:218.
- Jordán, H. 2003. Los sistemas silvopastoriles para la producción de leche en bovinos y caprinos. Conferencia. Evento del FIRA, Tamaulipas, México. Folleto. Octubre de 2003.
- Jordán, H.; Traba, J. D.; Ruiz, T. y Febles, G. 1998. Utilización de las leguminosas para cubrir el déficit de biomasa en la seca con vacas Holstein en pastoreo. Memorias. III Taller internacional silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 230 pp.
- Lascano, C. y Ávila, P. 1991. Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. Pasturas Tropicales. 13(3):2.
- Maass, B. L. y Pengelly, B. C. 2001. Tropical forage genetic resources-will any be left for future generation. Int. Grassld. Cong. Brasil. 123 pp.
- Martínez, R. O. 2005. Empleo del pasto elefante Cuba CT -115 para solucionar el déficit de alimentos durante la seca. Conferencia Magistral. I Simposio Internacional de forrajes tropicales en la producción animal. Memorias. UNACH. México. 19 pp.
- Mejías, R.; Michelena, J. B.; Ruiz, T. E.; Cino, D.; Díaz, J. A.; González, M. y Brito, N. 2004. Sistema de crianza de hembras bovinas con asociación de gramíneas-leguminosas durante la etapa de novillas. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 38(1):33.

- Milera, M. 1991. Utilización del banco de proteína para la producción de leche. Conferencia. Trópico 91. México. 216 pp.
- Molina, C. H., y Uribe, F., 2005. Experiencia de producción limpia de ganaderías en pastoreo. III Seminario Internacional sobre competitividad en leche y carne. Experiencia en producción limpia de ganadería en pastoreo. Cali, Colombia. 157 pp.
- Monzote, M.; Castillo, E.; López, A. y García, M. 1986. Comparación de sistemas de alimentación basado en gramíneas puras o asociadas con leguminosas para la producción de carne. II. Comportamiento animal. Rev. Cubana Cienc. Agric. 20: 95.
- Murgueitio, E. 1999. Reconversión ambiental y social de la ganadería bovina en Colombia. World Animal Review. 93:2.
- Palma, J. M. 2005. Evaluación de recursos arbóreos tropicales para la alimentación de ovinos. III Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. La Habana, Cuba.
- Pérez-Luna, E.; Ku-Vera, J.; Ramírez, A. y Martínez, S. 1998. Suplementación con *Gliricidia sepium*: Efecto sobre el consumo de pasto, digestión ruminal y la ganancia de peso de bovinos en pastoreo en Chiapas, México. En: Los árboles y arbustos en la ganadería. III Taller Internacional Silvopastoril. EEPF. Perico, Matanzas, Cuba. 151 pp.
- Pezo, D.; Romero, F. y Ibrahim, M. 1992. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. En: Fernández-Baca (Ed.). Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano. FAO, Santiago de Chile. 47 pp.
- Pezo, D.; Ibrahim, M.; Beer, J. y Camero, L. 1999. Oportunidades para el desarrollo de Sistemas Silvopastoriles en América Central. (Serie Técnica; Informe Técnico/CATIE, No. 44). Turrialba, Costa Rica, CATIE, 46 pp.
- Ruiz, T. E.; Alonso, J.; Febles, G. y Lok, S. 2005. Las leguminosas para la producción de biomasa en el trópico. Conferencia. III Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. (CD-ROM). La Habana, Cuba.
- Ruiz, T. E.; Febles, G.; Jordán, H.; Castillo, E.; Galindo, J.; Chongo, B.; Delgado, D. y Mejías, R. 2001. Sistemas Silvopastoriles, una opción sustentable. Libro C. D. T. Tantakin, FIRA, México. 205 pp.
- Ruiz, T. E.; Febles, G.; Jordán, H.; Castillo, E. y Funes, F. 1995. Alternativas de empleo de las leguminosas en la producción de leche y carne en el trópico. Conferencia. Evento Científico XXX Aniv. ICA, Cuba. 75 pp.
- Ruiz, T. E. y Febles, G. 2001. Algunas valoraciones conceptuales sobre el establecimiento de las leguminosas en el trópico. Conferencia I. Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. (CD-ROM). Cuba.
- Ruiz, T. E. y Febles, G. 2001a. Tecnología para el establecimiento y puesta en explotación de leguminosas asociadas rastrojeras y arbustivas. PNCT. Informe Final. La Habana, Cuba, CITMA. 105 pp.
- Ruiz, T. E. y Febles, G. 2003. Potencial para la producción de biomasa en sistemas con leguminosas perennes. Conferencia Magistral. (CD-ROM). II Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes, Cuba.
- Ruiz, T. E. y Febles, G. 2004. La desertificación y la sequía en el mundo. AIA. 8(2):3.
- Ruiz, T. E. y Febles, G. 1999. Sistemas silvopastoriles. Conceptos y tecnologías desarrolladas en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba. EDICA. 34 pp.
- Ruiz, T. E.; Crespo, G. y Febles, G. 2003. Tendencias de la investigación científica sobre pastos tropicales. Conferencia Magistral, II Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. (CD-ROM). La Habana, Cuba.
- Ruiz, T. E.; Febles, G.; Jordán, H. y Castillo, E. 1994. Conferencia 7^{ma} Reunión de Avances en Investigación Agropecuaria. Trópico 94. Universidad de Colima. México. 198 pp.
- Ruiz, T. E.; Febles, G.; Jordán, H.; Castillo, E. y Díaz, H. 1998. Evaluación de diferentes poblaciones de leucaena en el desarrollo del pasto estrella. Efecto de la sombra. III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería, EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 77 pp.
- Ruiz, T. E.; Febles, G.; Castillo, E. y Elías, A. 2000. Leguminosas herbáceas en la producción pecuaria.

- Reflexiones y posibilidades. En: Estrategias de alimentación con recursos locales para la ganadería de doble propósito en épocas crítica (Curso). Universidad de Colima. México, 46 pp.
- Sánchez, M. 1999. Sistemas Agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en América Latina Tropical. Memorias Agroforestería para la producción animal en América Latina No. 1 FAO. Roma. 143 pp.
- Sánchez, M.; Rosales, M. y Murgueitio, E. 2000. Agroforestería Pecuaria en América Latina. II Conferencia Electrónica sobre árboles. FAO. Roma. 34 pp.
- Shelton, H. y Jones, R. J. 1995. Opportunities and limitations in leucaena. In: Leucaena Opportunities and limitations, Proceedings of a workshop in Bogor. Indonesia. 61 pp.
- Stobbs, T. H. 1969. The effect of grazing management upon pasture productivity in Uganda. I. Stocking rate. *Trop. Agric.* 46:187-194.
- Szott, L.; Ibrahim, M. y Beer, J. 2000. The hamburger connection hangover: cattle pasture land degradation and alternative land use in Central America. (Serie Técnica. Informe Técnico /CATIE No. 313). Turrialba, CATIE-DANIDA-GTZ. 71 pp.
- Walker, B. 1975. Stocking rates. Effect en pasture quantity and quality. In: Management of improve tropical pasture. Ed. Univ. Queensland. St. Lucia, Australia. 104 pp.

Recibido: Abril 05, 2006

Aceptado: Abril 19, 2006

Edad de la reproductora sobre la incubabilidad y tiempo de nacimiento del pollo de engorda

Age of the breeder hen on hatchability and hatching time in broiler chickens

Vázquez, J. L.;¹ Prado, O. F.;^{1*} García, L. J.² y Juárez, M. A.³

¹ U de C. FMVZ. Autopista Colima-Manzanillo, Km. 40. Crucero de Tecomán, Col. CP. 28100. Teléfono/fax: (01 312) 31 610 00 Ext. 52301.

² U de C. Centro Universitario de Investigación y Desarrollo Agropecuaria (CUIDA). Autopista Colima-Manzanillo, Km. 40. Crucero de Tecomán, Col. C.P. 28100

³ UNAM-FMVZ. Departamento de Producción Animal: Aves. Ciudad Universitaria. México, D.F. C.P. 04510.

*Correspondencia: omarpr@uocol.mx

Resumen

Con la finalidad de determinar el efecto de la edad de la reproductora sobre el peso del huevo, se evaluó la pérdida de humedad durante la incubación (%) a las 444 horas, la incubabilidad (%), el peso del pollo nacido (g), la eclosión (492 ± 1 y 504 ± 1 horas) y la mortalidad embrionaria por etapas. Se utilizaron cinco edades de las reproductoras (30, 36, 40, 46 y 53 semanas); para ello se muestrearon 3,780 huevos fértiles asignados a cinco tratamientos con seis repeticiones cada uno, con pesaje individual del huevo al inicio del experimento. Se utilizó un análisis de varianza con diseño completamente al azar. El peso del huevo fue diferente entre tratamientos ($P < 0.05$); la pérdida de humedad no difirió entre tratamientos ($P > 0.05$); la incubabilidad fue mayor ($P < 0.05$) en los tratamientos de 30, 36 y 40 semanas; el peso de los pollos fue mayor conforme aumentó la edad de las madres; la mayor cantidad de pollos eclosionados a las 492 ± 1

Abstract

To determine the effect of the age of the breeder hen on the weight of the egg, the loss of humidity during incubation (%) at 444 hours, hatchability (%), initial chick mass (g) and hatching time at 492 ± 1 y 504 ± 1 hours, and embryo mortality rate at each stage was evaluated. Five reproductive ages (30, 36, 40, 46 y 53 weeks) were used and 3,780 fertile eggs were assigned to 5 treatments with 6 repetitions of each, weighing each individual egg at the beginning of the experiment. An analysis of variance with a complete random design was used. The weight of the egg was different between treatments ($P < 0.05$); the loss of humidity did not differ ($P > 0.05$); the hatchability was higher ($P < 0.05$) in treatments of 30, 36 and 40 weeks; the weight of the chicks were higher in relation to the increase of age of the mother, the best quantity of chicks hatched at 492 ± 1 hours was in the groups of 30 to 40 weeks; and there was no difference in the percenta-

horas fue en los grupos de 30 a 40 semanas; a las 504±1 horas no hubo diferencias en el porcentaje de eclosión. La mortalidad embrionaria en la etapa II y IV mostró diferencias entre tratamientos (P<0.05). El mejor resultado en los parámetros evaluados se observó cuando las reproductoras estaban en las edades de 30 a 40 semanas.

Palabras clave

Incubación, huevo, mortalidad, embrión.

ge of hatching at 504±1 hours. Differences between treatments was shown in the rate of embryo mortality in stages II and IV (P<0.05). The best results in the parameters evaluated were observed when the breeder hen had an age between 30 to 40 weeks.

Key words

Incubation, egg, mortality, embryo.

Introducción

El potencial de rendimiento de los pollos de engorda depende, en parte, de la calidad del huevo fértil, estado sanitario y edad de las reproductoras; éste es un parámetro importante para obtener una buena embriogénesis y mayor calidad en el pollo de un día de edad [Fairchild y Christensen, 2000; Peebles *et al.*, 2001; Tona *et al.*, 2003]. Una parte del éxito final de una planta incubadora es la eclosión de todos los pollos y su retiro de las máquinas nacedoras en una sola ocasión, con la finalidad de minimizar la pérdida de los mismos, debido a que los pollos que nacieron primero, tienen que esperar hasta los que nacen más tarde [Christensen *et al.*, 2001]. En las plantas comerciales, los pollos se retiran de las máquinas nacedoras aproximadamente a las 492-496 horas de incubación y se realiza un último retiro entre las 504 y 510 horas [Hager y Beane, 1983]; por lo tanto, se pueden demorar hasta por 48 h, antes de tener acceso a la fuente de alimento, lo cual parece una práctica rutinaria de la planta incubadora antes de mandar los pollos a la granja.

Actualmente, la relación entre el huevo fértil de aves reproductoras pesadas de diferentes edades, así como las condiciones óptimas del tiempo de nacimiento para obtener buena calidad del pollo a las 504 y 510 horas de retiro no se conocen. Por este motivo, el objetivo del presente estudio fue determinar la influencia de la edad de las aves reproductoras sobre la incubabilidad, tiempo requerido para la eclosión, pérdida de humedad, peso del pollo al nacimiento y porcentaje de mortalidad embrionaria por etapas.

Material y métodos

El experimento se desarrolló en la planta incubadora “Avícolas de Colima”, ubicada en el municipio de Colima, a los 103°43'12" latitud Norte y 19°16'50" longitud Oeste, a 442 m.s.n.m., con temperatura media anual de 25.3 °C y precipitación pluvial media anual de 1,007 mm.

Se utilizaron 3,780 huevos agrupados, según la edad de reproductora, de la estirpe Ross x Ross de 30, 36, 40, 46 y 53 semanas de edad, respectivamente. Cada tratamiento tuvo seis repeticiones. Los huevos se almacenaron en las mismas condiciones de temperatura (15 ± 1 °C) y humedad relativa (HR) de 70 a 75 %; se identificaron y pesaron individualmente en una balanza electrónica con rangos de un gramo (Ohaus® Ohaus corporation, Pine Brook, New Jersey, EUA). Previo a la incubación se precalentaron por un periodo de 10 horas a una T° de 32°C y HR de 60 %; posteriormente, se distribuyeron de forma aleatoria, en una máquina incubadora de carga múltiple, la cual se mantuvo cada 24 horas a una T° promedio de 37.7°C para el bulbo seco; y 32.0 °C, para el bulbo húmedo. El volteo lateral de 45° al plano vertical se realizó cada hora [Tona *et al.*, 2003]. A las 444 horas de incubación, todos los huevos de los diferentes grupos se pesaron; el porcentaje de pérdida de humedad se obtuvo de la diferencia porcentual en gramos al restar el peso inicial. A las 492 ± 1 y 504 ± 1 horas, se contabilizó el número total de pollos eclosionados, peso de cada pollo, porcentaje de incubabilidad y mortalidad embrionaria por etapas; éstas se dividieron en I, II, III y IV, de acuerdo al periodo en el cual ocurrió la muerte del embrión, según la clasificación de North y Bell [1998]. Los datos porcentuales se transformaron por medio del arco seno de la raíz cuadrada de la proporción [Steel y Torrie, 1981]. Las variables se analizaron por medio de la descomposición cuadrática de la varianza a través de un diseño completamente al azar. Las diferencias entre medias de tratamiento se determinaron con la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey a una significancia estadística para alfa menor a 0.05, mediante el paquete estadístico [Statistix for Windows 2, 1998].

Resultados

El peso del huevo aumentó y fue diferente ($P < 0.05$) conforme se incrementó la edad de la reproductora, sin diferencia para pérdida de humedad ($P > 0.05$); el porcentaje de incubabilidad disminuyó significativamente ($P < 0.05$) en los grupos de 46 y 53 semanas de edad y el peso del pollo mostró diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$) a favor de las reproductoras de mayor edad, como se puede apreciar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Efecto de la edad de las reproductoras sobre peso del huevo, pérdida de humedad durante la incubación, incubabilidad y peso del pollo al día de edad.

Edad Reproductoras (semanas)	Peso del huevo (g)	Pérdida de humedad (%)	Incubabilidad (%)	Peso del pollo (g)
30	54.90 ^c	11.18 ^a	85.38 ^a	39.58 ^d
36	59.11 ^d	12.24 ^a	85.68 ^a	42.54 ^c
40	61.53 ^c	11.74 ^a	87.20 ^a	44.72 ^{a,b}
46	63.48 ^b	12.06 ^a	80.24 ^b	44.05 ^{b,c}
53	69.96 ^a	12.21 ^a	77.11 ^c	46.43 ^a
EEM	0.27	0.16	1.79	0.69
P	0.00	0.06	0.00	0.00

a, b, c, d, e = Literal distinta en las columnas indican diferencia estadística ($P < 0.05$), prueba de Tukey.

La mayor cantidad de pollos eclosionados a las 492 ± 1 horas fue en los grupos de aves reproductoras jóvenes (30, 36 y 40) ($P < 0.05$). En el número de pollos que nacieron a las 504 ± 1 horas sin diferencia estadística entre tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de las diferentes edades de las aves reproductoras sobre el número de pollos eclosionados en dos diferentes tiempos de evaluación.

Edad reproductoras (semanas)	Cantidad promedio de pollos a las 492 ± 1 horas	Cantidad promedio de pollos a las 504 ± 1 horas
30	79.17 ^a	6.21 ^a
36	81.24 ^a	4.43 ^a
40	82.35 ^a	4.84 ^a
46	76.37 ^b	3.86 ^a
53	71.77 ^c	5.33 ^a
EEM	1.72	1.09
P	0.00	0.55

a, b, c = Literal distinta en las columnas indican diferencia estadística ($P < 0.05$), prueba de Tukey.

Cuando se comparó la edad de la reproductora con la mortalidad embrionaria por etapas, no se observaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), en la primer y tercer etapas entre las diferentes edades de las reproductoras; en la segunda etapa mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) en los diferentes tratamientos; hubo diferencia ($P < 0.05$) en la cuarta etapa; los resultados más altos fueron para las edades de 46 y 53 semanas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la edad de la reproductora sobre la mortalidad embrionaria en las diferentes etapas del periodo de incubación.

Edad reproductoras (semanas)	Etapas I (1-7 días)	Etapas II (8-17 días)	Etapas III (18-21 días)	Etapas IV (picado no nacido)
30	7.72 ^a	4.33 ^a	1.22 ^a	1.27 ^a
36	5.55 ^a	2.05 ^{a,b}	1.16 ^a	1.33 ^a
40	8.05 ^a	1.11 ^b	1.27 ^a	1.00 ^a
46	8.05 ^a	3.00 ^{a,b}	1.94 ^a	1.38 ^{a,b}
53	7.72 ^a	3.38 ^{a,b}	1.27 ^a	2.11 ^b
EEM	0.96	0.86	0.08	0.26
P	0.19	0.00	0.31	0.00

a, b = Literal distinta en las columnas indican diferencia estadística ($P < 0.05$), prueba de Tukey.

Discusión

Las diferencias estadísticas obtenidas en el peso del huevo entre los diferentes grupos de aves reproductoras muestra una tendencia progresiva de acuerdo a como se incrementa la edad de las aves reproductoras, lo cual está de acuerdo con lo planteado por diferentes autores [French, 1997; Tona *et al.*, 2002]. Por otra parte, Suarez *et al.* [1997], mencionaron que el peso de los huevos se ve afectado por el tamaño, estirpe, nivel de nutrientes, ambiente del huevo y pérdida de humedad durante la incubación. La industria acepta un peso mínimo del huevo requerido para una incubación exitosa de 52 gramos; esto, con la finalidad de asegurar una buena calidad del pollo cuando el principal rasgo de calidad a evaluar sea el peso [Wilson, 1991].

Aunque la pérdida de humedad no mostró diferencias entre los grupos, se encuentran de acuerdo a Meijerhof [1992], dentro de los parámetros normales (11-14 %); asimismo, Peebles *et al.* [2001], Bruzual *et al.* [2000], mencionaron que la pérdida

de humedad, aumentó conforme se incrementó el peso del huevo y la edad del ave. Esta variable puede ajustarse -en gran medida- por la humedad relativa de la máquina incubadora; siempre es recomendable efectuar la incubación de huevos de aves reproductoras de diferente edad por separado y, si es posible, en forma de carga única. En el presente estudio se empleó una humedad relativa constante (50 %) durante todo el proceso de incubación. La incubabilidad en el presente trabajo, fue menor a las 46 y 53 semanas, como lo demuestran las investigaciones realizadas por Kuurman *et al.*, [2002]. Por otra parte, Peebles *et al.* [2001], mencionan que conforme aumenta la edad de la reproductora y los días de almacenamiento, disminuyó el éxito de nacimiento; asimismo, existe una relación lineal positiva entre el peso del huevo, edad de la reproductora y peso del pollo al nacimiento.

La mayor cantidad de pollos eclosionados a las 492 horas, fue en los grupos de las edades más jóvenes; a las 504 horas no hubo diferencia, por lo cual es importante verificar el número de pollos nacidos tempranamente y, con base en ello, determinar periodos de retiro con intervalos más cerrados (menores a 10 horas entre el primer y último nacimiento). La diferencia entre el número de pollos provenientes de las hembras jóvenes que eclosionaron más rápido y el menor número eclosionado en las hembras de más edad, se pudo deber a que los intervalos para colocar los huevos en la máquina incubadora hasta que los pollos eclosionaron, mostró mayor variación en los tiempos. Sin embargo, es importante considerar que el intervalo puede verse afectado por muchos factores; entre ellos, la composición, el tamaño y peso del huevo; o bien, los relativos exclusivamente a la operación comercial, como son: el tiempo de almacenamiento y las condiciones ambientales bajo las que opera la máquina incubadora. En el presente trabajo aun cuando estos factores se mantuvieron constantes, hubo un rango de 12-13 horas en el periodo de incubación requerido para nacer, lo cual hace a este periodo crítico, debido a que los pollos tienen un deterioro metabólico por esta alta permanencia de tiempo en la máquina nacedora; esto, sin considerar el tiempo necesario para que las aves tengan acceso al alimento y agua [French, 1997; Christensen, 2001; Careghi *et al.*, 2005].

La mortalidad embrionaria es una variable a tomar en cuenta cuando existen problemas de baja incubabilidad, con la finalidad de realizar ajustes y tener éxito en los nacimientos. En el presente trabajo, únicamente se encontraron diferencias en las etapas II y IV, a pesar de mostrar diferencias significativas entre tratamientos, se hallan dentro de los estándares establecidos por la empresa comercializadora de la estirpe utilizada [Robinson, 1999]. Es importante llevar a cabo un registro minucioso de todas las áreas que integran una planta incubadora, de tal forma que se puedan analizar de forma rápida y oportuna con la finalidad de discernir si es un problema de opera-

ción o del huevo fértil. De esta forma, se pueden tomar acciones para corregir las fallas posibles. Se requiere efectuar mayor investigación en esta área con la finalidad de generar información acerca de las variables empleadas en la planta de incubación, las cuales muestran tener mayor impacto sobre la obtención de una mayor cantidad de pollos, ya que, de acuerdo a Agristat[®], en México se obtiene una mayor cantidad de huevos por ave reproductora, pero se obtienen hasta 40% menos pollos vivos de un día de edad en las plantas de incubación, que los obtenidos por su contraparte estadounidense.

Conclusiones

Se estableció que los mejores resultados en incubabilidad, peso del pollo, tiempo de eclosión fueron en los huevos fértiles provenientes de aves reproductoras de 30 a 40 semanas de edad.

Literatura citada

- Bruzual, J. J.; Peak, S. D.; Brake, J. and Peebles, E.D. 2000. Effects of relative humidity during incubation on hatchability and body weight of broiler chick from young breeder flocks. *Poult. Sci.* 79(6):827-830.
- Careghi, C.; Tona, K.; Onagbesan, O.; Buyse, J.; Decuyper, E. and Bruggeman, V. 2005. The effects of the spread of hatch and interaction with delayed feed access after hatch on broiler performance until seven days of age. *Poult. Sci.* 84(4):1314-1320.
- Christensen, V. L.; Grimes, J. L. and Wineland, M.J. 2001. Effects of turkey breeder hen age, strain, and length of the incubation period on survival of embryos and hatchlings. *J. Appl. Poult.* 10:5-15.
- Fairchild, B. D. and Christensen, V. L. 2000. Photostimulation of turkey eggs accelerates hatching times without affecting hatchability, liver or heart growth, or glycogen content. *Poult. Sci.* 79:1627-1631.
- French, N. A. 1997. Modeling incubation temperature: The effects of incubator design, embryonic development, and egg size. *Poult. Sci.* 76: 124-133.
- Hager, J. E. and Beane, W.L. 1983. *Posthatch incubation time and early growth of broiler chickens*. *Poult. Sci.* 62:247-254.
- Kuurman, W.W.; Bailey, B.A.; Koops, W.J. and Grossman, M. 2002. Influence of storage day on the distribution for time of embryonic mortality during incubation. *Poult. Sci.*81:1-8.
- McNaughton, J. L.; Deaton, J.W. and Reece, F. N. 1977. *Effect of age parents and hatching egg weight on broiler chick mortality*. *Poult. Sci.* 56:38-42.
- Meijerhof, R. 2002. *Incubation by embryo temperature*. *Word's Poult.* 18(16):36-37.
- North, M. O. y Bell, D. D. 1998. *Factores que afectan la incubabilidad*. Editorial Manual Moderno. *Manual de producción avícola*. México, D. F. Pp. 118-120.
- Peebles, E. D.; Doyle, S.M.; Zumwalt, C. D.; Gerard, P.D.; Latour, M.A. and Boyle, C.R. 2001. *Breeder age influences embryogenesis in broiler hatching eggs*. *Poult. Sci.* 80: 272-277.
- Robinson, F. E. 1999. *Management for control of ovarian development in broiler breeder*. Ross Technical Bulletin. Ross Breeders, Inc.
- Statistix for Windows 2.0. Tallahassee FL 32 317 USA & Microsoft Corporation, 1998.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J. H. 1981. *Principles and procedures of statistics. A biometrical approach*. Editorial McGraw-Hill 2nd ed. Singapore. Pp.132-165.

- Suárez, M. E.; Wilson, H. R.; Mather, F.B.; Wilcox, C. J. and McPherson, B. N. 1997. *Effect of strain and age of the broiler breeder female on incubation time and chick weight*. Poul. Sci. 76: 1029-1036.
- Tona, K.; Bamelis, F.; de Ketelaere, B.; Bruggeman, V.; Moraes, V.M.B.; Buyse, J.; Onagbesan, O. and Decuypere, E. 2003. *Effects of egg storage time on spread of hatch, chick quality and chick juvenile growth*. Poul. Sci. 82:736-741.
- Tona, K.; Bamelis, F.; De Ketelaere, B.; Bruggeman, V. and Decuypere, E. 2002. *Effects of induced molting on albumen quality, hatchability, and chick body weight from broiler breeder*. Poul. Sci. 81:327-332.
- Wilson, H.R. 1991. Interrelationships of egg size, chick size, posthatching growth and hatchability. *Word's Poul. Sci. J.* 47;5-20.

Recibido: Abril 20, 2005

Aceptado: Marzo 31, 2006

Rumen physiology, feed intake and live weight gain by bulls consuming sugarcane tops as basal diet supplemented with local available resources

Fisiología ruminal, consumo y ganancia de peso en toros consumiendo puntas de caña como dieta base y recursos disponibles localmente como suplemento

Ortiz-Rubio, M. A.;^{1,2*} Galina, M. A.³ and Rubio, C.^{4,1}

¹University of Aberdeen, Scotland.

²Macaulay Institute, Aberdeen, Scotland.

³Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán UNAM.

⁴Universidad Autónoma de Nayarit.

*Correspondence: angelesortiz@hotmail.com

Abstract

Two experiments were conducted with cattle consuming sugarcane tops (SCT) to determine the effect of Taiwan grass (TG), urea, poultry litter (PL) and a slow intake supplement (SIS) on feed intake, rumen physiology and live weight gain (LWG) in the dry season. In the first experiment, 25 young Zebu bulls (260 kg ± 6), kept under individual confinement conditions, and were distributed into five treatments with five replicates per treatment under complete randomized design. The bulls were fed with SCT alone (T1); SCT mixed with 20% TG (T2); SCT and 10% PL (T3); SCT with 0.8 % urea (T4) or SCT plus 1.5 kg SIS (T5). In Experiment two, five ruminally cannulated Zebu steers (430 kg ± 27) used in a Latin square 5x5 trial were fed the same diets as the Experiment group. The steers were used to measured rumen *in situ* dry matter degradability (DMD), pH, volatile fatty acid (VFA) and ammonia (NH₃) concentrations. T4 had the

Resumen

Se realizaron dos experimentos en bovinos consumiendo puntas de caña (SCT) para determinar el efecto de pasto Taiwán (TG), urea, pólinaza (PL) y un suplemento de consumo lento (SIS) sobre el consumo, parámetros ruminales y la ganancia de peso vivo en la época seca. Primer experimento: 25 toretes Zebú (260 kg ± 6) fueron estabulados en forma individual bajo un diseño completamente al azar, en cinco tratamientos con cinco repeticiones cada uno. Los toretes fueron alimentados solamente con SCT (T1); SCT mezclada con 20% TG (T2); SCT mezclada con 10% PL (T3); SCT con 0.8% urea (T4) o SCT y 1.5 kg SIS (T5). En el segundo experimento, cinco toros provistos de cánulas ruminales (430 kg ± 27), distribuidos bajo un cuadrado latino 5x5 fueron utilizados para medir el efecto de las dietas del experimento uno sobre la concentración de ácidos grasos volátiles (VFA), amonio (NH₃), pH y la degradabilidad de la materia

highest SCT intake and T5 the highest total dry matter intake. The lower total organic matter intakes (OMI) were in T1 and T2 and the highest total OMI was in T5. The highest fractional degradation rate of SCT was observed in T5. The NH₃ concentration in T1 was not enough to maximize DMD. T5 showed higher NH₃ and VFA concentrations in comparison with other treatments. Overall LWG was increased by supplementation (from 0.050 in T1 to 0.130, 0.330, 0.380 and 0.850 kg/d in T2, T3, T4 and T5, respectively). Sugarcane top diets are deficient in both nitrogen and energy content. The use of nitrogen supplements (PL and Urea) increased the degradation of forage and LWG of young bulls fed SCT. Supplementation with both nitrogen and energy nutrients (SIS) had the highest response in degradation and LWG in bulls fed SCT.

Key words

Sugarcane tops, bulls, degradability, supplementation.

seca (DMD) en rumen. T4 tuvo el mayor consumo de SCT y T5 el mayor consumo de materia seca total. El consumo más bajo de materia orgánica (OMI) fue en T1 y T2, y el mayor consumo se observó en T5. La mayor tasa de degradación se obtuvo en T5. La concentración de NH₃ en T1 no fue suficiente para maximizar DMD. T5 mostró mayor concentración de NH₃ y VFA, comparado con los otros tratamientos. La ganancia de peso vivo aumentó con la adición de los suplementos (de 0.050 en T1 a 0.130, 0.330, 0.380 y 0.850 kg/d en T2, T3, T4 y T5, respectivamente). Las dietas con base en puntas de caña son deficientes en su contenido de nitrógeno y energía. El uso de suplementos nitrogenados (PL y Urea) incrementó la degradación del forraje y la ganancia de peso vivo en toretes alimentados con SCT. Sin embargo, la adición de nitrógeno y energía (SIS) tuvo la mejor respuesta en degradación del forraje y ganancia de peso vivo en toretes alimentados con SCT.

Palabras clave

Puntas de caña, toros, degradabilidad, suplementos.

Introduction

Ruminant livestock production, from small tropical farmers, is based predominantly on animals grazing natural pastures, which have often low nutritive value especially during the dry season. Grasses grow rapidly during the summer, but later become fibrous, coarse, and highly lignified which decrease their digestibility. This results in loss of palatability and ineffective utilization of the pastures by the animals, thereby causing nutritional stress [Owen and Jayasuriya, 1989].

As a result of these adverse conditions in the dry tropics, animals can lose weight and body condition mainly during the dry season. This situation represents a heavy economic losses for cattle farmers [Pigden and Bender, 1978; Tilman *et al.*, 2002]. Because the ability of ruminal microorganisms to degrade fiber, ruminants can then derive nutrients from products or by-products of other local agricultural and industrial

processes and can be used to improve the nutrition of ruminant livestock during the dry season as strategic supplementation for low quality forage [Hennessy and Williamson, 1990; Duarte *et al.*, 1996].

Although, natural pastures are scarce during the dry season, there is usually an abundance of crop residues, which have potential to be used as feeds. One such crop residues are sugarcane tops, which are the immature growing portion of sugarcane and they are cut in the sugarcane cleaning process. Consequently, these materials are generally left in the field where they act as a soil fertilizer. Sugarcane tops are about 25% of the whole plant [Gooding, 1982]. Therefore, SCT represent a huge source of potential forages for ruminants [Naseeven, 1988]. And is a considerable amount of biomass that could be used as feed for ruminants. However, SCT cannot be offered as a sole source of feed due to its low nitrogen content. Therefore there is a need for a supplement that corrects the deficiencies of SCT in cattle. The principal objective of this study was to measure the effect of urea, poultry litter, Taiwan grass and slow intake supplement as supplements for beef cattle consuming SCT in the dry season.

Material and methods

Location: The study was conducted at the commercial property 'Suchitlan' Ranch, located in Comala, Colima, Mexico with a latitude 19° 23' north, 103° 41' longitude west and at 1 400 m above sea level. Koppen's climate classification is Aw1(w) with rainy season from July to October, and an average precipitation of 1000 mm a year. The average temperature is 25°C.

Experiment one: Twenty-five young Zebu bulls, in full confinement for 120 days were randomly divided into five treatments with five animals per treatment, and initial live weight ranging from 258 to 262 kg. Treatment 1 (T1) was fed exclusively SCT; animals in treatment 2 (T2) received a diet of 80% SCT and 20% TG; treatment 3 (T3) consisted in a mixture of SCT 90% and 10% PL; treatment 4 (T4) dietary regime was made of SCT sprayed daily with 0.8% of urea solution (50 ml of urea solution (160 g urea/l water)/kg SCT) and treatment 5 (T5) consisted of SCT supplemented with 1.5 kg/animal of SIS. The SIS was a mixture of molasses (12.0%); urea (2.0%); fish meal (4.0%); salt (3.0%); orthophosphate (2.5%); limestone (3.2%); cottonseed meal (12.0%); rice polishing (12.0%); corn (28.0%); poultry litter (8.0%); mineral salts (1.5%); ammonium sulphate (2.0%); cement kiln dust (1.8%) and animal lard (8.0%). All animals had access to water and mineral block *ad libitum*. The forage was offered twice daily at 08:00h and 16:00h and SIS daily at 09.00 a.m. Daily intake was measured by weighting offered and refused total dry matter. Table 1 shows the nutritive characteristics of the forages and supplements used.

Cattle were weighted monthly. Dry matter (DM), organic matter and nitrogen content were determined in agreement with A.O.A.C. [1995]. Neutral-detergent fiber and acid-detergent fiber content were measured with the technique suggested by Goering and Van Soest [1970]. Energy was estimated by calorimetry [Hill *et al.*, 1958].

Table 1. Chemical analysis of forages and supplement used in the present study.

	Feeds				
	Sugarcane tops	Taiwan grass	Poultry litter	Urea	Slow intake supplement
Dry matter (%)	90.0	90.7	84.5	-	86.1
Nitrogen (%)	0.82	1.79	5.73	46.00	3.42
Organic matter (%)	87.5	92.0	82.7	-	78.8
NDF (%)	73.1	67.8	45.7	-	37.8
ADF (%)	42.4	45.2	30.1	-	13.5
ME (Mcal/kg DM)	2.15	2.23	1.79	-	2.77

NDF= neutral detergent fibre; ADF= acid detergent fibre; ME= estimated metabolizable energy.

Experiment two: Five Zebu steers with a live weight of 430 kg (\pm 27) kg, fitted with permanent rumen cannulae were housed in individual pens and assigned randomly to each dietary treatment of experiment one under a 5 X 5 Latin square design with 14 days duration for each period: 10 days adaptation and four days for collection samples. Feed was offered twice a day at 08:00 and 16:00 h.

On sampling day, 50 ml of ruminal fluid was collected at 0:00, 2:00, 4:00, 6:00, 8:00, 12:00, 16:00 and 22:00 h after morning feeding to measure rumen pH, NH₃ and VFA concentrations. The rumen fluid was strained through four layers of cheese-cloth and the filtrate was collected in plastic bottles. The pH was determined using a portable pH meter (ORION 250-A), within 2-3 minutes of the sample being obtained. After pH determination, two to three drops of 1 N H₂SO₄ were added to decrease the pH below 2. The samples were stored at -20°C to await analysis. Rumen NH₃ concentration was determined with a portable ion selective electrode for NH₃ (ORION 250-A) inserted into 15 ml of rumen fluid. Volatile fatty acids were determined by High Performance Liquid Chromatography. Ten ml of each sample of the rumen liquor were centrifuged once at 5 000 g for 15 minutes. The supernatants were ultra-centrifuged twice at 15 000 g for 15 minutes, the supernatants were micro-filtered once using resin filter and an acro-disc (Millipore, Massachusetts, USA. Catalogue No. 9004-70-0). One ml of the final liquid was injected into the liquid chromatography equipment [Waters HPLC, Louisiana, USA].

In situ dry matter degradability: The nylon bag technique described by Ørskov and McDonald [1979] and Ørskov *et al.* [1980] was used for DMD determinations. The sugarcane tops were ground through a 3 mm screen (Wiley laboratory mill, Tho-

mas Scientific, California, USA). Three grams of SCT were weighed into separate bags and incubated for 8, 16, 24, 48, 72 and 96 h. The bags, after withdrawal from the rumen, were soaked in water for 20 minutes, washed by hand, under running water until the washing water became clear. The bags were dried in an oven at 60°C for 24 h. The bags measured 7.5 cm x 15 cm with pores of about 30-50 microns (μm) in diameter. Three bags per sample washed without incubation in the rumen were used for the determination of zero time washing losses. *In situ* disappearance was determined according with the equation of Ørskov and McDonald (1979): (1979): $Y_t = a + b(1 - e^{-ct})$. Where "p" is degradation loss after "t" hours, "a" is the zero time intercept at the fitted curve, "b" is the asymptote of the curve, and "c" is the fractional degradation rate constant of the exponential.

Statistical Studies: Results were analysed with the SAS programme (SAS, 1996). Live weight and DMI data were evaluated by ANOVA procedure for randomized complete design. Results of ruminal parameters were analysed under a Latin Square 5 x 5 design and using Tukey test ($P < 0.05$) for the determination of differences between treatments according to the model: $\hat{Y}_{ijk} = \mu + \rho_i + \gamma_j + T_k + \epsilon_l$ Where \hat{Y}_{ijk} is the degradability, pH, VFA or NH_3 concentration, μ the general mean effect; ρ_i the *i*th effect of the row (animal); γ_j the *j*th effect of the column (period); T_k the treatment effect that appears in the *j*th row/column; ϵ_l the random error with experimental unit row/column.

Results

The results of feed intake and live weight gain are showed in Table 2. These results showed higher ($P < 0.05$) total DMI in T5 (5.97 kg/d) followed by T4 (5.13 kg/d), T3 (4.75 kg/d), T2 (4.32 kg/d), and T1 (3.96 kg/d). The highest SCT intake however was observed in T4, T4 had no significant differences when it was compared with the intake in T5 and T3 ($P > 0.05$). The bulls in T5 had the higher OMI in comparison with the others treatments ($P < 0.05$). The highest response in daily LWG was in T5 (0.850 kg/d). The bulls in T1 and T2 showed the lowest LWG (0.050 and 0.130 kg/d). There were no differences ($P > 0.05$) between T3 and T4 in LGW. Table 2 are shows the results of SCT degradability and rumen parameters from the present study. Fractional degradation rate of SCT in rumen increased ($P < 0.05$) with the addition of supplements. The highest fractional degradation rate was recorded with SIS (0.0576 h^{-1}) and there were no differences ($P > 0.05$) among T2, T3 and T4. Figure 1 shows *in situ* DMD with a higher disappearance from 16h in SIS followed by T4 and T3.

Table 2. Sugarcane tops (SCT) intake, supplement intake, total dry matter intake (DMI), initial and final live weight (LW), and daily weight gain (DWG) of young bulls fed SCT as basal diet plus different supplements.

	Treatments					s. e. d.
	SCT T1	20% TG T2	10% PL T3	0.8 % Urea T4	1.5 kg SIS T5	
SCT intake (kg DM/d)	3.96 ^b	2.88 ^c	4.41 ^{ab}	5.00 ^a	4.68 ^a	0.35
Supplement intake (kg DM/d)	0.00	1.44	0.34	0.13 [†]	1.29	--
Total DMI (kg/d)	3.96 ^d	4.32 ^d	4.75 ^c	5.13 ^b	5.97 ^a	0.17
Total OMI (kg/d)	3.47 ^d	3.84 ^{cd}	4.14 ^{bc}	4.37 ^b	5.11 ^a	0.19
OMI (g/W ^{0.75})	53.33 ^e	59.28 ^d	63.95 ^c	67.87 ^{bc}	78.54 ^a	1.91
Consumption index*	1.52 ^c	1.66 ^{bc}	1.83 ^{abc}	1.99 ^{ab}	2.28 ^a	0.38
N (g/d)	32.49 ^e	49.35 ^d	55.49 ^{cd}	101.78 ^a	82.53 ^b	2.83
Initial LW (kg)	261 ^b	260 ^{bc}	260 ^{bc}	258 ^c	262 ^{ab}	1.35
Final LW (kg)	267 ^d	276 ^{cd}	299 ^b	303 ^b	364 ^a	5.47
DWG (kg/d)	0.050 ^d	0.130 ^c	0.330 ^b	0.380 ^b	0.850 ^a	0.025

* kg DM/100 kg LW

s.e.d. = Standard error of the difference

† = Estimated value

a, b, c, d, e Values in the same row with different superscripts differ $P < 0.05$.

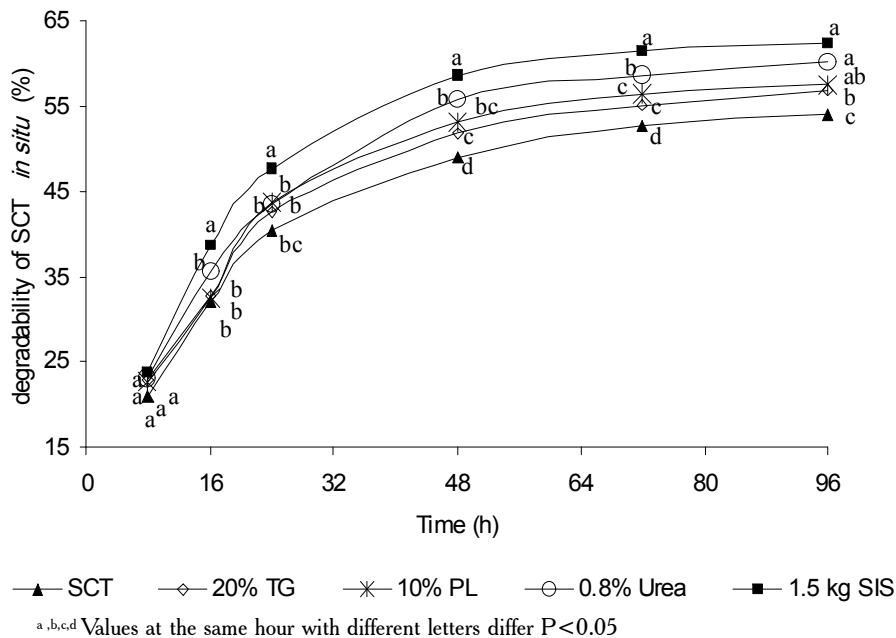
Table 3. Constants from the equation of degradability trail in rumen of young bulls fed sugarcane tops (SCT) supplemented with different source of nitrogen (Taiwan grass, TG; Poultry litter, PL; Slow intake supplement, SIS).

	Treatments					s.e.d.
	SCT T1	20% TG T2	10% PL T3	0.8% Urea T4	1.5 kg SIS T5	
Washing loss (%)	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	
b value	38.19 ^b	39.73 ^b	40.18 ^b	40.35 ^b	45.36 ^a	0.781
Potential degradability (%)	55.59	57.13	57.58	57.75	62.76	0.892
Degradation rate (fraction h ⁻¹)	0.0435 ^c	0.0481 ^b	0.0492 ^b	0.0503 ^b	0.0576 ^a	0.0021
Lag time (h)	5.1 ^b	5.2 ^b	5.3 ^{ab}	5.2 ^b	5.5 ^a	0.135
Residual standard deviation	0.62	1.20	1.01	0.82	0.84	--
Rumen pH	6.51 ^a	6.48 ^a	6.65 ^a	6.63 ^a	6.71 ^a	0.213
Rumen ammonia (mg/l)	44.9 ^c	51.5 ^d	71.5 ^c	98.2 ^b	190.8 ^a	10.657

s.e.d. = Standard error of the difference

a, b, c Values in the same row with different superscripts differ at $P < 0.05$.

Figure 1. Sugarcane tops degradation in young bulls fed sugarcane tops (SCT) supplemented with different sources of nitrogen (Taiwan grass, TG; Poultry litter, PL; Slow intake supplement, SIS).



Means of ruminal pH values ranged from 6.48 to 6.71 and did not differ between treatments ($P > 0.05$). Ruminal NH_3 concentration increased with the addition of supplements with significant differences between treatments ($P < 0.05$). The highest NH_3 was in T5 (190.8 mg/l). Figure 2 shows the relationship between fractional degradation rate of SCT and NH_3 concentration in rumen. The highest fractional degradation rate and NH_3 concentration was in T5. The addition of nitrogen to SCT diets increased the total VFA concentration ($P < 0.05$) from 79.0 mM/l in T1 to 101 mM/l in T5. The results did not show differences in VFA concentration among T2, T3 and T4 ($P > 0.05$). The molar proportion of acetic acid decrease significantly with the supplementation without differences among supplemented treatments. Proportion of propionic acid increased from 21.4% (T1) up to 24.6% with SIS ($P < 0.05$). The molar proportion of propionate did not differ between T2, T3 and T4. The ratio acetate: propionate decrease from 3.3 in T1 to 2.8 in T5. (Table 4).

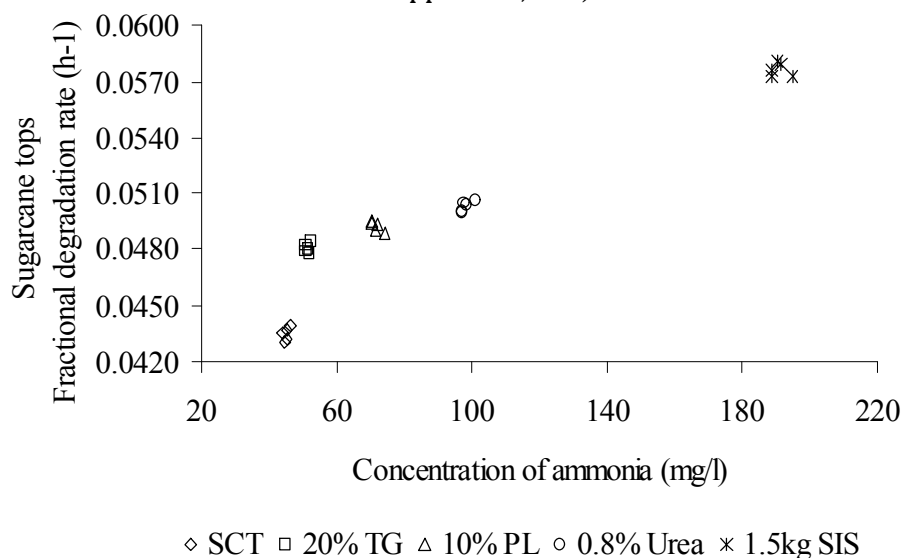
Table 4. Concentration (mM/l) and molar proportions (%) of volatile fatty acids in rumen liquor from young bulls fed sugarcane tops (SCT) plus different source of nitrogen (Taiwan grass, TG; Poultry litter, PL; Slow intake supplement, SIS).

Item	Treatments					s.e.d
	SCT T1	20% TG T2	10% PL T3	0.8% Urea T4	1.5 kg SIS T5	
Acetic acid (A)	55.9 ^d	57.8 ^{c,d}	61.0 ^b	59.7 ^{bc}	69.1 ^a	0.25
Propionic acid (P)	16.9 ^d	18.6 ^c	19.7 ^b	19.2 ^b	24.8 ^a	0.13
Butyric acid	6.20 ^c	6.30 ^{bc}	6.40 ^b	6.10 ^c	7.10 ^a	0.09
Total	79.0 ^c	82.7 ^{bc}	87.1 ^b	85.0 ^b	101.0 ^a	0.27
Ratio of A:P	3.3 ^a	3.1 ^a	3.1 ^a	3.1 ^a	2.8 ^b	0.12
Molar proportion (%)						
Acetic acid	70.8 ^a	69.9 ^{ab}	70.0 ^{ab}	70.2 ^{ab}	68.4 ^b	0.18
Propionic acid	21.4 ^c	22.5 ^b	22.6 ^b	22.6 ^b	24.6 ^a	0.21
Butyric acid	7.8 ^a	7.6 ^a	7.3 ^b	7.2 ^b	7.0 ^b	0.10

s.e.d. = Standard error of the difference

a, b, c, d Values in the same row with different superscripts differ at $P < 0.05$.

Figure 2. Relationship between fractional degradation rate of sugarcane tops (SCT) and rumen ammonia concentration in cattle fed SCT supplemented with different sources of nitrogen (Taiwan grass, TG; Poultry litter, PL; Slow intake supplement, SIS).



Discussion

The increase in SCT intake observed in response to the inclusion of supplements in Experiment one was due to combined results of an alleviation of rumen nitrogen and energy deficiency associated with effects on DMD as shown in Experiment two.

Non-conventional feeds, such as crops residues are often deficient in nitrogen and other primary nutrients. Hence, when such feeds are given as the sole source, potential benefits of feeding such non-conventional feeds may be masked. In such cases, it is necessary to analyze the nutritional characteristics of the forage in order to offer sufficient nutrients required for the rumen microorganisms and animal *per se* [Coleman and Moore, 2003]. The low TDMI in the young bulls fed SCT alone, observed in the present study could be due to the effect of rumen fill as was demonstrated by Brosh *et al.* [1993]. However, the lowest intake of SCT with TG supplementation could be due to a substitution effect by the TG; similar effect was reported by Ortiz-Rubio [2005] in SCT tops diets.

The consumption index in T3 was lower (1.89) than that reported by Nouel and Combellas [1999] who observed a consumption index of 2.17 in young bull grazing low quality forage plus a supplement with 79% of PL. The addition urea increase 29% the SCT intake, in comparison with un-supplemented animals. This value was higher than that (26%) reported by Siebert *et al.* [1976] in cattle fed sugarcane when a solution of urea plus sodium sulphate was sprayed on the forage. In the present study the increase of SCT intake was lower when the bulls were supplemented with SIS (18%) than with urea (29%). Therefore, the higher TDMI in the young bulls supplied with SIS was due to the quantity of SIS intake (1.29kg) *per se* rather than an increase in the forage intake.

Daily LWG of 0.850 kg/d, when SCT were supplemented with SIS, could be compared to previous information with sugarcane and SCT supplemented with nitrogen supplements where the LWG was near to 0.900 kg/d [Ferreiro and Preston 1976; Ortiz, *et al.* 2001]. The LWG with urea treatment in the present study (0.330 kg/d) was higher than those (0.125 kg/d) reported by Ho Quang Do *et al.* (1999) in Yellow cattle fed rice straw plus 0.8% of urea. The difference could be related to the energy content of the forage used. In our trials the energy in SCT was 2.15 Mcal/kg DM, in contrast, rice straw having an energy content of 1.20 Mcal/kg.

From the observations in Experiment two, the supplementation induced a rise in the ruminal NH₃ concentration. Ruminal NH₃ concentrations were consistent with an increase in the degradation rate of the forages observed in the present study. The addition of a source of nitrogen could lead to a more favorable rumen environment by providing NH₃ continuously for efficient microbial growth, there by increasing the utilization of forage by the microorganisms [Rihani *et al.*, 1993]. The lower ruminal

NH₃ concentrations observed with both un-supplemented steers and those supplemented with TG were due to the lower intake of supplementary nitrogen in comparison to the higher intake with the PL, urea and SIS. Similar results in ruminal NH₃ concentration were reported by Mahouachi *et al.* [2003], who observed higher ruminal NH₃ concentrations in sheep supplemented with urea than those supplemented with PL.

Nouel and Combellas [1999] observed higher levels of NH₃, reaching 130 and 170 mg/l in the rumen of young bulls receiving a supplement with 79% of PL and low quality forages. The levels of NH₃ found in this study with PL were much lower (71.5 mg/l), and could be related to the lower PL offer. In our trials, the offer of PL was 10%. The concentrations of NH₃ observed in the present studies were higher than those reported by Galina *et al.* [2003] in steers fed SCT plus SIS (120 mg NH₃/l). This difference should be ascribed partly at least to the fact that in the present study the SIS and SCT offered, had higher energy content than in the studies of Galina *et al.* [2003]. However, NH₃ concentration was lower than those reported by Krebs and Leng [1984]; Boniface *et al.* [1986] and Leng [1990] who reported 200 mg/l as the minimum ruminal NH₃ concentration for optimum degradation of low quality forage by cattle.

Total VFA concentration differed with the supplement provided in the present study. The increase in VFA concentrations was consistent with the increase of fractional degradation rate and intake of SCT. In the present study reduction of the ratio of acetic acid/propionic acid when SIS was added to the diet probably was due to its content of starch.

The different levels of nitrogen supplied to SCT in the present study did not have a large effect on pH values. The pH levels observed in the current studies were consistently within the range 6.2-7.0, mentioned by Leng [1990] for ruminants fed poor-quality forage. The pH levels were maintained in the range for optimal fiber degradability by the microorganisms in all treatments [Terry *et al.*, 1969; Russell and Wilson, 1996].

The addition of supplements improved DMD, as a result of the greater availability of nitrogenous substrates in the rumen. The lowest fractional degradation rates were observed in the un-supplemented animals, and fractional degradation rates with the addition of TG, PL and urea were very similar in the present study. Mehrez *et al.* [1977] indicated that the majority of microbial communities in the rumen use NH₃ as a nitrogen source for growth. Therefore, increasing NH₃ availability to the microorganisms can enhance fiber digestion in the rumen when NH₃ concentration is the limiting factor [van Soest, 1994].

Sugarcane tops had a similar total DMD in steers supplemented with TG and PL. The results of Experiment two indicate that the availability of nitrogen in the rumen provided by TG was not sufficient to optimize the use of SCT by cattle in comparison with the other supplements. The fractional degradation rate of the forage in the rumen depends on the rate and extent of colonization of the fiber and the biomass of adherent microorganisms [Cheng *et al.*, 1990]. The increase in the fractional degradation rate with the addition of PL, urea or SIS was achieved by a higher availability of NH₃. However, the large differences of degradability of SCT in response of NH₃ concentration with PL, urea *versus* SIS show clearly a deficit of both nitrogen and energy content in SCT diet.

Conclusion

Sugarcane tops diets are deficient in both nitrogen and energy content. The use PL and urea increased the degradation of forage and LWG of young bulls fed SCT. Supplementation with both nitrogen and energy (SIS) had the highest response in degradation of SCT and LWG in bulls fed SCT. Supplementation with Taiwan grass exerted a substitution effect in SCT intake in the present study. The cost of supplementation in relation with the benefit should be evaluated in order to choose the best source of nitrogen in conformity with the needs of the farmer.

Acknowledgements

This work was supported by PAPPIT IN 211701-UNAM and CONACyT grant 160351. We would like to thank MSc Jorge Bonilla, MSc. Francisco Villanueva (Verdineño-INIFAP), Dr. Miguel Carmona (UNAM), Prof. Robert Ørskov (Macauley Institute) and Dra. Rosaisela Corona (CUSEI-UAG) for their strong support to perform the present study.

Literature

- A.O.A.C. 1995. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Agricultural Chemists, 16th Edition. Washington, DC, USA. 600 pp.
- Boniface, A. N.; Murray, R. M. and Hogan, J. P. 1986. *Optimum level of ammonia in the rumen liquor of cattle fed tropical pasture hay*. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 16:151-154.
- Brosh, A.; Aharoni, Y.; Levy, D. and Holzer, Z. 1998. *Effects of source and content of ash in poultry litter used in diets for beef cattle*. J. Agric. Sci. Camb. 131:87-95.
- Cheng, K. J.; Forsberg, D. W.; Minato, H. and Costerton, J. W. 1990. *Microbial ecology and physiology of feed degradation within the rumen*. VIIth International Symposium on Ruminant Physiology. Sendai, Japan.
- Coleman, S. W. and Moore, J. E. 2003. *Feed quality and animal performance*. Field Crops Res. 84:17-29.

- Duarte, V. F.; Magaña, C. A. and Rodríguez, G. F. 1996. *Respuesta de toretes en engorda a la adición de tres niveles de pollinaza a dietas integrales*. Livest. Res. Rural Develop. 8:17-25.
- Ferreiro, H. M. and Preston, T. R. 1976. Fattening cattle with sugarcane. The effect of different proportions of stalk and tops. Trop. Anim. Prod. 1:178-185.
- Galina, M. A.; Pérez-Gil, F.; Ortiz, M. A.; Hummel, J. D. and Ørskov, R. E. 2003. Effect of slow release urea supplementation on fattening of steers fed sugar cane tops (*Saccharum officinarum*) and maize (*Zea mays*): ruminal fermentation, feed intake and digestibility. Livest. Prod. Sci. 83 1-11.
- Goering, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. *Forage fibre analysis*. Agricultural Handbook No. 379. Agricultural Research Service, USDA, Washington, D. C. 20 pp.
- Gooding, E. G. B. 1982. Efecto de la calidad de la caña sobre su valor como alimento para bovinos. Prod. Anim. Trop. 7: 76-97.
- Hennessy, D. W. and Williamson, P. J. 1990. Feed intake and liveweight of cattle on subtropical native pasture hays. II. The effect of urea and maize flour, or protected casein. Aust. J. Agric. Res. 41: 1179-1185.
- Hill, W. H.; Seals, J.; Montiegel, E. 1958. *Destruction of animal and vegetable tissue by combustion in the Parr oxygen bomb*. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 19, 378.
- Ho Quang Do; Vo Van Son; Do Vo Anh Khoa and Nguyen Thi Kim Khang. 1999. *Urea supplementation of rice straw for Sindhi x Yellow cattle; sprayed in solution, as a soft cake or hard block*. Livest. Res. Rural Develop. 11. <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd11/2/do112.htm>. Last accessed October, 2005.
- Krebs, G. and Leng, R. A. 1984. *The effect of supplementation with molasses/urea blocks on ruminal digestion*. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 15:704.
- Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilization of 'poor-quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutr Res. Rev. 3: 277-303.
- Mahouachi, M.; Haddad, L.; Kayouli, C.; Thewis, A. and Beckers, Y. 2003. Effects of the nature of nitrogen supplementation on voluntary intake, rumen parameters and ruminal degradation of dry matter in sheep fed oat silage-based diets. Small Rum. Res. 48: 181-187.
- Mehrez, A. Z.; Ørskov, E. R. and McDonald, I. 1977. *Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration*. Br. J. Nutr. 38: 437-443.
- Naseeven, M. R. 1988. *Sugarcane tops as animal feed*. In: Sansoucy, R.; Aarts, G. and Preston, T. R. (Eds). Sugar cane as feed. FAO. Paper No. 72. Rome.
- Noel, G.; Combellas, J. 1999. Liveweight gain of growing cattle offered maize meal or citrus pulp as supplements to diets based on poultry litter and restricted grazing of low quality pastures Livest. Res. Rural Develop. (11)1 <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd11/1/nou111.htm> (Last accessed September, 2005).
- Ørskov, E. R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. Cam. 92: 499-503.
- Ørskov, E. R.; Hovell, J. and Mould, F. 1980. *The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs*. Trop. Anim. Prod. 5: 195-213.
- Ortiz, R. M. A.; Haenlein, G. and Galina, M. A. 2001. Effects on feed intake and body weight gain when substituting maize with sugar cane in diets for Zebu steers complemented with slow release urea supplements. Intern. J. Anim. Sci 16: 239-245.
- Ortiz-Rubio, M. A. 2005. Effect of different sources and levels of nitrogen on in situ degradability of sugarcane tops (*Saccharum officinarum*) in cattle. PhD Thesis. University of Aberdeen. United Kingdom. 227 pp.
- Owen, E. and Jayasuriya, M. C. N. 1989. *Use of crop residues as animal feeds in developing countries*. Res. Develop. Agric. 6:129-138.

- Pigden, W. J. and Bender, F. 1978. *Utilization of lignocellulose by ruminants*. World Anim. Rew. FAO. Anim Prod. And Health Paper No. 12.
- Rihani, N.; Garrett, W. N. and Zinn, R. A. 1993. Influence of level of urea and method of supplementation on characteristics of digestion of high-fibre diets by sheep. *J. Anim. Sci.* 71:1657-1665.
- Russell, J. B. and Wilson, D. B. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? *J. Dairy Sci.* 79:1503-1509.
- SAS. 1996. *Statistical analysis system. User's guide: Statistic version 6.12* SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- Siebert, B. D., Hunter, R. A. and Jones, P. N. 1976. The utilization by beef cattle of sugarcane supplemented with animal protein, plant protein or non-protein nitrogen and sulphur. *J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 16: 789-794.
- Terry, R. A.; Tilley, J.M.A. and Outen, G. E. 1969. *Effect of pH on cellulose digestion under in vitro conditions*. *J. Sci. Fd. Agric.* 20: 317-320.
- Tilman, D.; Cassman, K. G.; Matson, P. A.; Naylor, R. and Polasky, S. 2002. *Agricultural sustainability and intensive production practices*. *Nature.* 418:671-677.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd ed. Cornell University Press. Ithaca, New York. 374 pp.

Recibido: Mayo 03, 2005

Aceptado: Marzo 14, 2006



El despertar • Adoración Palma (Plumón sobre albanene, 2005)

Factores genético-ambientales que afectan el intervalo entre partos y días a primer parto en ganado de doble propósito en el norte de Veracruz

Genetic-environmental factors affecting calving intervals and first age calving in double purpose cattle in North Veracruz

Arellano, S.;^{1*} Martínez, J.;¹ Romero, E.;² Briones, F.;¹ Domínguez, M.³ y de la Garza, F.¹

¹Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México

²Instituto Tecnológico Agropecuario No. 4, Altamira, Tamaulipas, México

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México

*Correspondencia: sofiaarellano_@hotmail.com

Resumen

Se tomaron los datos reproductivos de 322 vacas para evaluar el intervalo entre partos (IEP) y días a primer parto (DPP) de un rancho en el norte de Veracruz. El clima es subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura y precipitación pluvial media anual de 28° C y 1,400 mm, respectivamente. Los animales eran encastes de Suizo Pardo, Holstein y Cebú en diferentes proporciones. La alimentación se basó en el pastoreo de pastos estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y Guinea (*Panicum maximum*). Las vacas en producción recibieron un suplemento con 16% de proteína cruda (3 kg/vaca/día) durante la ordeña. Se utilizó un modelo lineal para estudiar los efectos de grupo racial (GR), año de parto (AP), época de parto (EP) y número de parto (NP); además de las interacciones AP*EP, AP*NP y EP*NP sobre el IEP. Mientras que para DPP el modelo incluyó GR, AP, EP y la interacción AP*EP.

Abstract

Reproductive data was taken from 322 cows in northern Veracruz to evaluate the calving interval (CI) and age to first calving (AFC). The climate was sub humid and rainy in summer; average temperature and annual rain precipitation were 28°C and 1,400 mm, respectively. The cows were crossbreeds of Brown Swiss, Holstein and Zebu. The feeding was based on stargrass (*Cynodon nlemfuensis*) and Guinea (*Panicum maximum*) grazing and cows in production received a supplement of 16% raw protein (3 kg/cow/day) during milking. A lineal model was used to study the effects of breed group (BG), calving year (CY), calving season (CS) and calving number (CN), and the interactions of CY*CS, CY*CN and CS*CN on the CI. And another model was used for AFC which included BG, CY, SC and YC*SC effects. The average for CI was 473.9 ± 145.9 d, the BG, CY, CN, and CY*CN had

La media general \pm D. E. para IEP fue de 473.9 ± 145.9 d, el GR, AP, NP y la interacción AP*NP tuvieron efecto ($P < 0.01$) sobre IEP, pero no la EP, AP*EP y EP*NP ($P > 0.05$). La media \pm D. E. para DPP fue de $1,225.5 \pm 200.5$ d, AP, EP y AP*EP afectaron ($P < 0.01$) los DPP; sin embargo, GR no afectó ($P > 0.05$). Los resultados indican que existen problemas reproductivos en el hato; asimismo, la edad al primer parto es tardía.

Palabras clave

Reproducción, doble propósito, pastoreo, trópico.

an effect of ($P < 0.01$) on CI, though SC, CY*SC and SC*CN did not affect ($P > 0.05$). The AFC mean was 1225.5 ± 200.5 d, CY, CS and CY*CS affected ($P < 0.01$) AFC; however, BR doesn't affect ($P > 0.05$). These results indicated that reproductive problems exist in the herd, as well as the age of first calving is later.

Key words

Reproduction, dual purpose, grassing, tropic.

Introducción

En México, el sistema de producción de bovinos de doble propósito está distribuido, principalmente, en las costas del Golfo de México y en el Pacífico. En la zona del Golfo comprende los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Quintana Roo y Yucatán, cuya superficie aproximada es de 22.8 millones de ha; mientras que en el Pacífico, los estados que abarca son Guerrero, Oaxaca y Chiapas [Lamothe, 2002].

Los genotipos de los sistemas de doble propósito están constituidos primordialmente por cruza *Bos taurus* y *Bos indicus* en diferentes proporciones; las razas más usadas son: Suizo Pardo, Holstein y Simmental con Cebú [Tewolde *et al.*, 2002; Espinosa, 2002].

En el trópico mexicano estos sistemas juegan un papel importante en la producción de carne y leche; y es en estas áreas donde se encuentra el 46% del ganado bovino [Pérez *et al.*, 2001]; éstos, trabajan bajo condiciones ambientales muy exigentes, con ordeña estacional en la época de lluvias y la engorda de las crías a base de pastos de la región; las vacas permanecen en el hato por 9.6 años, durante los cuales, tienen 3.6 lactancias de 160 días de duración. Su primer parto (DPP) se presenta entre los 3.4-4 años de edad y el intervalo entre partos alcanza hasta 600 días [Villa-Godoy y Arreguín, 1993; Martínez, 1992], producto de la duración del anestro postparto, cuyo promedio es de 234 días [Villa Godoy, 2002].

El intervalo entre partos (IEP) es uno de los mejores indicadores para evaluar la eficiencia reproductiva de un hato. Sin embargo, en su misma cualidad radica su

mayor defecto: presenta un diagnóstico tardío de la fertilidad; cuando se descubre un intervalo excesivo entre partos, la disminución de la productividad es un hecho consumado [De Alba, 1985]. La producción óptima es la obtención de un becerro por vaca por año. Algunos de los factores que afectan el IEP y los DPP son el genotipo, la época y año de parto y el número de partos [De Alba, 1985; Valle, 1985; Cortés y Martínez, 2000].

Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el intervalo entre partos, así como los días a primer parto y los posibles factores genéticos y ambientales que los afectan.

Materiales y métodos

El estudio se realizó con la información de un rancho de ganado de doble propósito, ubicado en el poblado de Magozal, municipio de Ozuluama, Veracruz. La región cuenta con clima subtropical húmedo y tres marcadas épocas en el año: la seca, que comprende los meses de marzo a junio; la época lluviosa, que va de julio a octubre; y la época de “nortes”, que comprende los meses de noviembre a febrero. En la región, la temperatura oscila entre 26 y 30° C en las épocas seca y húmeda, y 14-16° en época de “nortes”; y la precipitación media anual es de 1,200 a 1,400 mm (SMN, 2005); ésta, presenta una humedad relativa de 70 a 90% durante todo el año.

Los suelos son alcalinos de color castaño oscuro o negro, textura arcillo-arenosa y arcillosa, con buena retención de humedad. La vegetación nativa era selva mediana subperennifolia en lomeríos con especies arbóreas nativas como el ojite (*Brosimum alicastrum*), chico zapote (*Manilkara zapota*) y chaca (*Bursera simaruba*), entre otras [SARH, 1981]. Actualmente, el rancho cuenta con praderas de zacates estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) y guinea (*Panicum maximum*), que se utilizan a través del pastoreo rotacional, siguiendo como criterio la disponibilidad de forraje.

Los animales se encontraban en condiciones de pastoreo con suplementación de minerales a las vacas en producción; además del pastoreo, se les proporcionaba alimento concentrado con el 18% de PC a razón de 3 kg/vaca/día durante el ordeño mecánico (06:00 y 17:00 h). La reproducción de las vacas se efectuó durante todo el año mediante inseminación artificial y monta directa; los becerros se criaban artificialmente.

Fuentes de información

Se analizó la información procedente del rancho correspondiente a los registros reproductivos de los años 1984 a 2000, encontrándose un total de 1,072 intervalos entre partos (IEP) y 322 datos de días a primer parto (DPP). Los datos de grupo

racial (GR) de la vaca se consideraron como factores genéticos; mientras que el año (AP) y época de parto (EP) y número de parto (NP) de la vaca como ambientales para IEP, y para DPP, se tomaron los datos de GR, AP y EP, exclusivamente.

Los grupos raciales se clasificaron en cuatro: Suizo-Cebú (n = 503), Suizo-Holstein (n = 130), Cebú-Holstein (n = 205) y Suizo (n = 234). Los NP se clasificaron en vacas con 2 partos hasta 10 ó más partos. El año de parto fue el mismo que estaba registrado en la fecha de parto; y la época de parto se clasificó en tres estaciones, asignándole: 1 = época de secas (marzo-junio); 2 = época lluviosa (julio-octubre); y 3 = época de “nortes” (noviembre-febrero).

Los datos para IEP y DPP se analizaron por medio de modelos lineales generales (SAS, 1989), los cuales se describen a continuación:

Para IEP:

$$Y_{ijklm} = \mu + GR_i + AP_j + EP_k + NP_l + (AP*EP)_{jk} + (AP*NP)_{jl} + (EP*NP)_{kl} + E_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = es la ijklm-ésima observación de IEP

μ = efecto de la media

GR_i = efecto del i-ésimo grupo racial

AP_j = efecto del j-ésimo año de parto

EP_k = efecto de la k-ésima época de parto

NP_l = efecto del l-ésimo número de parto

$(AP*EP)_{jk}$ = efecto de la interacción entre el j-ésimo año de parto y la k-ésima época de parto

$(AN*NP)_{jl}$ = efecto de la interacción entre el j-ésimo año de parto y el l-ésimo número de parto

$(EP*NP)_{kl}$ = efecto de la interacción de la k-ésima época de parto y el l-ésimo número de parto

E_{ijklm} = efecto del error

Y para DPP:

$$Y_{ijkl} = \mu + GR_i + AP_j + EP_k + (AP*EP)_{jk} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = es la ijkl-ésima observación de DPP.

Los demás términos significan lo mismo que para el anterior modelo. Las diferencias entre medias fueron determinadas por la prueba de rango múltiple de Duncan [Cochran y Cox, 1983].

Resultados

La media general \pm desviación estándar para el IEP fue 473.9 ± 145.9 d, respectivamente. El análisis de varianza para IEP se presenta en el Cuadro 1; el GR, AP, NP y la interacción AP*NP tuvieron efectos altamente significativos [$P < 0.01$] sobre el IEP. Sin embargo, la época de parto y las interacciones AP*EP y EP*NP no afectaron ($P > 0.05$) el IEP.

Las vacas del grupo racial Suizo-Cebú mostraron el menor IEP con 466.1 d, difiriendo significativamente ($P < 0.05$) de las vacas Cebú-Holstein que mostraron los IEP más prolongados (490.1 d). Las vacas Suizo Pardo y Suizo-Holstein tuvieron IEP intermedios con 469.6 y 486.2 d, respectivamente.

Cuadro 1. Análisis de varianza de los intervalos entre partos (IEP) y días a primer parto (DPP) en bovinos de doble propósito en el norte de Veracruz.

Fuentes de variación	IEP		DPP	
	Grados de libertad	Cuadrados medios	Grados de libertad	Cuadrados medios
Grupo Racial	3	80500.73 **	3	5672.91
Año de parto (AP)	17	54781.87 **	15	170132.96 **
Época de parto (EP)	2	882.35	2	156607.26 **
Número de parto (NP)	8	148367.86 **		---
AP*EP	34	20048.50	30	55937.95 **
AP*NP	97	25268.57 **		---
EP*NP	16	16056.08		---
Error	894	16834.67	269	29555.44
Total	1071		319	

** $P < 0.01$

En el Cuadro 2 se presentan las medias de IEP por año de parto, observándose que el menor IEP se presentó en el año 1993 con una media de 419 días, mientras que en el año 1990 el IEP fue el más prolongado con una media de 575 días. No se observó que existiera alguna tendencia entre los años de estudios (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medias de intervalo entre partos (IEP) y días a primer parto (DPP) de acuerdo al año de parto de vacas de doble propósito en el norte de Veracruz.

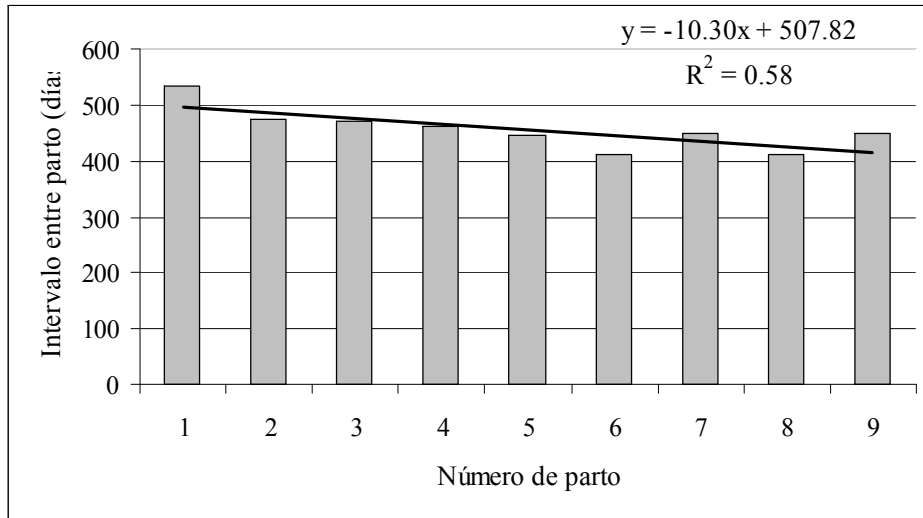
Año de parto	n	IEP (días)	n	DPP (días)
1986	14	473.9 efgh	31	1252.7 bcd
1987	28	514.8abcde	18	1119.4 efg
1988	45	561.2ab		
1989	37	433.6 gh	18	1274.7abcd
1990	38	575.4a	12	1248.8 bcde
1991	65	550.9abc	15	1322.7ab
1992	77	461.8 efgh	18	1370.4abc
1993	76	419.3 h	20	1311.0 bcde
1994	79	447.7 fgh	37	1239.9 bcde
1995	110	430.8 gh	29	1208.2 cdef
1996	124	430.7 gh	21	1085.3 fg
1997	103	451.5 efgh	19	1156.4 def
1998	79	484.1 defgh	20	1156.0 def
1999	53	506.7 bcdef	20	1328.1abc
2000	41	539.4abcd	10	1397.2a
2001	58	490.4 cdefg	20	1021.5 g
2002	29	483.2 defgh	12	1230.1 cde
2003	16	514.6 abcde		
Media General	1072	473.9 ± 145.9	320	1225.5 ± 200.4

a, b, c, d, e, f, g, h en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$)

Con relación a la época de parto, las vacas que parieron en época de lluvias tuvieron los periodos de interparto más cortos (472.6 d), sin diferencias entre las que parieron durante los “nortes” o secas (474.4 y 474.9 d).

Las vacas que dieron origen a un segundo parto tuvieron los IEP más largos (533.4 d), observándose una clara tendencia a disminuir (Figura 1), a medida que se incrementaban los partos. Se observó que las vacas disminuían en -10.3 d el IEP por cada parto que tenían.

Figura 1. Intervalo entre partos y su tendencia de acuerdo a número de partos de vacas de doble propósito en el norte de Veracruz.



La interacción AP*NP fue significativa ($P < 0.01$), sin que se haya podido observar alguna tendencia en cuanto a los años de parto, pero sí en el número de parto, ya que como se mencionó anteriormente, las vacas que dieron origen a un segundo, tuvieron los IEP más prolongados.

Por otro lado, la media general \pm desviación estándar para DPP fue 1225.5 ± 200.5 d. El análisis de varianza para DPP se presenta en el Cuadro 1; el AP, EP y la interacción AP*EP tuvieron efectos altamente significativos ($P < 0.01$) sobre DPP. Sin embargo, el grupo racial de las vacas no afectó ($P > 0.05$) los DPP.

Las vacas del grupo racial Suizo-Holstein mostraron los menores DPP con 1195.7 d, mientras que las vacas Suizo-Cebú tuvieron 1,246.6 d de DPP. Mientras que los otros dos grupos raciales (Suizo Pardo y Cebú-Holstein) tuvieron DPP intermedios.

Con relación al año de parto, se observó que no existe una tendencia a través de los años de estudio; inclusive las vacas que dieron origen a su primer parto a una edad más temprana (1,021.5 d) fueron las que parieron durante el año de 2001, pero un año antes (2000), las vacas habían tardado 1,397.2 d en dar su primer parto (Cuadro 2).

En cuanto a los efectos de época de parto, se observó que las vacas que parieron durante la época de “nortes” tuvieron la menor edad al primer parto con 1,117.6 d, siendo diferentes a las vacas que parieron durante las secas y lluvias con 1,262.09 d.

y 1,239.64 d. respectivamente, sin que existiera diferencia entre estos dos últimos grupos.

La interacción de AP*EP afectó los DPP como ya se señaló previamente, sin que se pudiera observar alguna asociación entre los años de estudio y las épocas de nacimiento. Así, se encontró que para el año 2001 y la época de lluvias, las vacas parieron a los 969.0 días y aquellas que parieron durante las secas (en el año 2000) tardaron 2,046.0 días. Estos datos se deben tratar con mucha cautela pues corresponden a una sola observación.

Discusión

El valor para IEP encontrado en este estudio es superior a lo reportado por Martínez [1992], Hernández *et al.* [2000] y López *et al.* [2001], con genotipos similares. Pero inferior a los mencionados por López *et al.* [2001] y Carrión *et al.* [2002], quienes observaron valores de 551 ± 145 y 548 ± 12 d, respectivamente, en vacas de genotipos cebuinos. La duración de 15.7 meses de IEP indica la existencia de factores ambientales que afectan la actividad reproductiva de las vacas de doble propósito, considerándose que la meta óptima es de 12 a 13 meses [De Alba, 1985; González, 1985].

En este estudio, los grupos genéticos afectaron el intervalo entre partos, resultados que no coinciden con los de Hernández *et al.* [2000], quienes reportaron que el comportamiento de las diferentes razas fue muy similar. Las vacas con genotipo Suizo mostraron el mejor IEP cuando se compararon con aquellas que tenían Holstein; probablemente esto se deba a que las vacas de esta última raza son más susceptibles al calor, humedad relativa y presencia de endo y ecto parásitos.

Numerosas investigaciones [Martínez, 1992; Magaña y Segura, 1997; Magaña y Delgado, 1999; Hernández *et al.*, 2000; Tuexi y Martínez, 2001; Carrión *et al.*, 2002; Ossa y Pérez, 2003b], señalan la influencia que tiene el año de parto sobre los intervalos entre partos, debido a que se encuentran confundidos los factores ambientales de clima, nutrición, sanidad y de manejo. En este trabajo no fue posible explicar la variación para año de parto, ya que no se observó una tendencia entre los años de estudio que se pudiera relacionar con modificaciones en el ambiente.

Mientras que la época de parto no influyó el IEP, resultados similares son citados por Segura y Segura [1995] y Tuexi y Martínez [2001], quienes no encontraron diferencias entre épocas en el ganado Cebú. Estos resultados pudieran deberse a que las vacas en producción recibían alrededor de 3 kg de concentrado/animal/día, lo que, probablemente, removió el efecto de época de parto, la cual está asociada a la disponibilidad de forraje.

Con relación al número de parto, los resultados en este trabajo coinciden con lo reportado en la literatura [Martínez, 1992; Segura y Segura, 1995; Magaña y Delgado, 1999; Magaña *et al.*, 2002; Ossa y Pérez, 2003b], donde se señala que la edad y/o número de parto de la vaca es una fuente de variación importante en el IEP, debido a que las vacas de primer parto (3 a 4 años) aún se encuentran creciendo y la demanda de leche por parte de sus crías las somete a un estrés ambiental. Las vacas que dieron origen a un segundo parto mostraron el mayor IEP (533.4 d); sin embargo, en los posteriores partos, disminuyeron los periodos (Figura 1). Esto indica que las vacas de primer y segundo parto todavía no tienen un desarrollo corporal completo y su eficiencia reproductiva se ve disminuida a causa de esto. Hernández *et al.* [2000] explican que, en parte, se debe al ajuste fisiológico y endocrinológico del propio animal para modificar el puerperio y su desarrollo corporal con el fin de alcanzar la talla madura.

No obstante de que la interacción del año de parto por número de parto fue significativa, no se encontró una tendencia que identificara características favorables que se pudieran repetir para mejorar el IEP.

Al igual que en el caso del IEP, la edad al primer parto tuvo un valor extremadamente alto (1,225 d), lo que sugiere que el hato tiene problemas de manejo, debido a que para condiciones tropicales se debe buscar que las vacas den origen a su primer parto alrededor de los 30 meses [González, 1985]. Sin embargo, este resultado pudiera deberse a que las vacas estaban encastadas de Cebú y estos animales se destacan por tener una edad tardía a la pubertad [De Alba, 1985].

En el presente trabajo, el grupo racial no afectó los DPP; tales resultados no coinciden con los reportados por Magaña y Segura [1997], quienes encontraron que aún dentro de las razas cebuinas (Brahman, Indubrasil, Gyr y Guzerat), se observan efectos significativos de grupo racial para la edad al primer parto. El resultado de DPP observado en este estudio es superior a lo reportado por Cedeño y Vargas [2004], en Suizo-Cebú y Holstein-Cebú, quienes obtuvieron 961 y 818 d, respectivamente. Ossa y Pérez [2003a] reportaron una media de edad al primer parto de $1,162.3 \pm 186.0$ d, en hembras de la raza Romosinuana.

Similarmente que en el IEP, el año de parto tuvo influencia sobre DPP, siendo el año 2001 en el que se observaron los valores más bajos (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con lo publicado en la literatura relativa al caso [Valle, 1985; Segura y Segura, 1995; Magaña y Segura, 1997; Tuexi y Martínez, 2001]; sin embargo, en la mayoría de los trabajos no se aprecian tendencias claras que se deban a los años de estudio que pudieran asociarse con mejoras en las condiciones nutricionales o de manejo; y la variabilidad que se observa es producto de las diferencias climáticas que se presentan entre años. Esto podría ser difícil de explicar debido a que no se dispone de

toda la información de los posibles factores que pueden influir los DPP, como son: ambientales, de manejo, alimentación y sanitarios.

La anterior discusión también puede ser aplicada al efecto que tuvo la estación de parto sobre los DPP [Segura y Segura, 1995; Magaña y Segura, 1997; Magaña y Delgado, 1999].

Conclusiones

Bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio, se puede concluir que el intervalo entre partos de vacas de doble propósito es afectado por el grupo racial que es un factor genético y por los factores ambientales año de parto y número de parto; además, su primer parto es tardío, siendo afectado por el año de parto y número de parto lo que sugiere que se deben establecer estrategias para mejorar estas dos características ambientales.

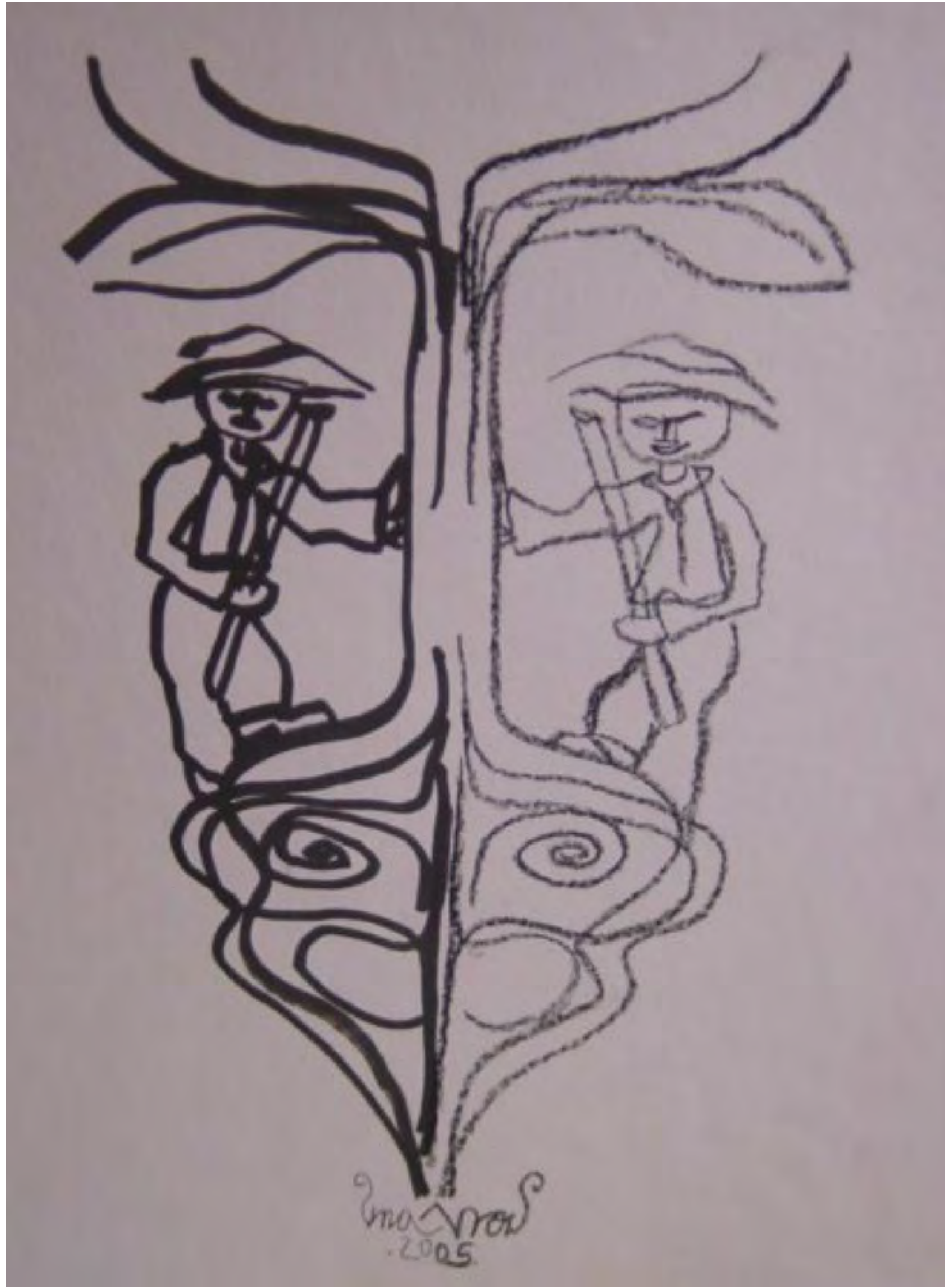
Literatura citada

- Carrión, A.; Colmenares, O.; Herrera, P.; Birbe, B. y Martínez, N. 2002. *Factores que afectan el intervalo entre partos en un rebaño cebuino en condiciones de sabanas bien drenadas*. Revista Científica XII (Suplemento 2): 449-451.
- Cedeño, D. A. y Vargas, B. 2004. Efecto de la raza y el manejo sobre la vida productiva del bovino lechero en Costa Rica. Arch. Zootec. 53: 129-140.
- Cochran, W. G. y Cox, G. M. 1983. Diseños experimentales. Primera Edición. Trillas. México, D. F. 661 pp.
- Cortés, C. J. y Martínez, J. C. 2000. *El anestro un problema de manejo reproductivo en las vacas productoras de carne*. Revista de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. 73 (Sep.-Oct.): 44-47.
- De Alba, J. 1985. *Reproducción animal*. Editorial Prensa Médica Mexicana. México, D. F. 538 pp.
- Espinosa, R. 2002. *La inseminación artificial en el trópico, ¿realmente funciona?* Memorias. IX. Curso Internacional de Reproducción Bovina. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. Pp. 135-137.
- González, S. C. 1985. *Evaluación de la eficiencia reproductiva en hatos bovinos. II. Parámetros, índices y metas*. IV Congreso Venezolano de Zootecnia. "Taller: Eficiencia Reproductiva". Maracaibo, Venezuela. Pp.1-11.
- Hernández, R. E.; Segura-Correa, V. M.; Segura Correa, J. C. y Osorio-Arce, M. M. 2000. *Intervalo entre partos, duración de la lactancia y producción de leche en un hato de doble propósito en Yucatán, México*. Agrociencia. 34:699-705.
- Lamothe, C. Z. 2002. *Manejo reproductivo de los bovinos de doble propósito*. Memorias. IX. Curso Internacional de Reproducción Bovina. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. Pp. 27-31.
- López, B. B.; Esperón, S. A. E.; Palma, G. J. M.; Carmona, M. M. A. y Contreras, A. E. 2001. Distribución de partos e intervalo entre ellos en dos sistemas de explotación de ganado bovino en zona tropical. Congreso Internacional Virtual. "La Investigación Agropecuaria a la Vanguardia del Siglo XXI". UNAM, México, D. F. <http://www.congresocbta.unam.mx/PA01.htm>

- Magaña, J. G. y Delgado, R. 1999. *Comportamiento del ganado Cebú y sus cruzas con europeo bajo dos condiciones de manejo en el sureste de México. 2. Fertilidad*. Memorias. XXIII. Congreso Nacional de Buiatría. AMMVEB. Aguascalientes, Aguascalientes, México. pp: 134-137.
- Magaña, J. G.; R. Delgado y J. C. Segura. 2002. Factores ambientales y genéticos que influyen en el intervalo entre partos y el peso al nacer del ganado Cebú en el sureste de México. *Revista cubana de Ciencia Agrícola*. 36(4):317.
- Magaña, J. G. y J. C. Segura. 1997. Heritability and factors affecting growth traits and age first calving of zebu beef heifers in south-eastern México. *Tropical Animal Health Production* 29:185-192.
- Martínez, G. J. C. 1992. Edad al primer parto e intervalos entre partos en ganado Pardo Suizo criado en trópico subhúmedo. *BIOTAM* 4(2):65-71.
- Ossa, G. A. y Pérez, J. E. 2003a. *Factores ambientales y genéticos que influyen sobre la edad al primer parto en hembras Romosinuanas*. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 16(Suplemento):46.
- Ossa, G. A. y Pérez, J. E. 2003b. *Factores ambientales y genéticos relacionados con el intervalo entre partos en la raza Romosinuano*. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 16 (Suplemento): 46.
- Pérez, P. H.; Sánchez del Real, C. y Gallegos, S. J. 2001. *Anestro postparto y alternativas de manejo del amamantamiento en vacas de doble propósito en trópico*. *Invest. Agr.; Prod. Sanid. Anim.* Vol. 16 (2): 235-248.
- SARH. 1981. *Veracruz*. Comisión Técnico-Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D. F. 182 pp.
- SAS. 1989. *SAS, User's guide: Basics*. Edición 1989. SAS Institute Statistical Analysis System. Cary, North Carolina.
- SMN. 2005. *Precipitación acumulada por estado*. Unidad del Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua. <http://smn.cna.gob.mx>
- Segura, C. V. M. y Segura, C. J. C. 1995. Factores ambientales que afectan la edad al primer parto e intervalo entre partos en un hato productor de carne en el oriente de Yucatán. Memorias. XIX. Congreso Nacional de Buiatría. AMMVEB. Torreón, Coahuila, México. Pp. 347-350.
- Tewelde, A.; Martínez, J. C.; Gutiérrez, E. y Magaña, J. 2002. Utilización estratégica de los recursos genéticos para la intensificación de los sistemas de producción bovina de doble propósito. Memorias. IX Curso Internacional de Reproducción Bovina. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. Pp. 121-133.
- Tuexi, V. T. M. y Martínez, G. J. C. 2001. Comportamiento reproductivo de un hato Gyr bajo condiciones de pastoreo en el centro de Tamaulipas. *BIOTAM (n.s.)* 12(2): 13-20.
- Válle, A. 1985. Comportamiento reproductivo de vacas mestizas en cinco fincas de la región de Carora, Estado Lara, Venezuela. *Zootecnia Tropical*. 13(1 y 2): 3-28.
- Villa-Godoy, A. y Arreguín, A. 1993. *Tecnología disponible y principales líneas de investigación para resolver el anestro postparto en vacas de doble propósito*. Memorias. XVI Simposium de Ganadería Tropical. Veracruz, Veracruz. Pp. 55-84.

Recibido: Julio 05, 2005

Aceptado: Enero 23, 2006



Sembrador de ilusiones • Adoración Palma • 2 manoS • (Dibujo ambidiestro simultáneo con rotulador grueso y carboncillo sobre papel, 2005)

La morera: una alternativa viable para los sistemas de alimentación animal en el trópico ■

Mulberry: a viable alternative for animal feeding systems in the tropic

García, D.;^{1*} Noda, Y.;¹ Medina, M.;² Martín, G.¹ y Soca, M.¹

¹Laboratorio de Evaluación de Alimentos, Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Central España Republicana. Matanzas, Cuba. C.P. 44280.

²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Estado Trujillo, Venezuela.

*Correspondencia: danny.garcia@indio.atenas.inf.cu

■ Estudio de revisión

Resumen

Se presenta una revisión sobre las principales características de las especies de morera y sus potencialidades como plantas forrajeras en las condiciones tropicales; se hace énfasis en los aspectos relacionados con su taxonomía, distribución geográfica, principales usos, manejo agronómico, composición química, valor nutritivo y principales metabolitos secundarios presentes en su biomasa. Las especies de morera, oriundas del continente euroasiático, pertenecen a la familia *Moraceae*. En ese sentido, *Morus alba* y *Morus nigra* son las mayormente estudiadas por su gran distribución mundial. Desde tiempos ancestrales la morera se ha utilizado en Asia para la alimentación del gusano que produce la seda y los estudios agronómicos realizados en la sericultura han proporcionado numerosas informaciones. Sin embargo, la influencia de los principales factores en la producción de forraje solamente ha sido estudiada en forma intensiva después de su introducción al Continente Americano a partir de 1980. La morera se caracteriza por presentar una sobresaliente producción de biomasa (2-30

Abstract

The following is a revision on the main characteristics of mulberry species and their potential as fodder plants under tropical conditions; making an emphasis on the aspects related to their taxonomy, geographical distribution, main uses, agronomic management, chemical composition, nutritional value and principal secondary metabolites present in their biomass. Mulberry species, native to the Euro-Asian continent, belong to the family *Moraceae*. In that sense, *Morus alba* and *Morus nigra* are mostly studied for their great world distribution. Since ancestral times, mulberry has been used in Asia for the feeding worms that produce silk and the agronomic studies carried out in sericulture have provided a lot of information. However, the influence of the forage production's main factors have only been intensively studied after been introduced to the American Continent after 1980. Mulberry is characterized by an excellent biomass production (2-30 tDM/ha/year), high contents of raw protein (>15% DM), appropriate fibrous fraction (20-40%) and digestibility between 70 and 90%. The biomass contains pro-

tMS/ha/año), contenidos elevados de proteína cruda (>15% MS), adecuada fracción fibrosa (20-40%) y digestibilidad entre 70 y 90%. La biomasa contiene agentes pronutricionales (flavonoides), cumarinas, esteroides, saponinas, lectinas y fitoestrógenos. No obstante, los contenidos de estos metabolitos no sobrepasan los niveles críticos establecidos para los rumiantes y solamente los tres últimos grupos presentan potencial antinutricional en monogástricos. En virtud de sus singulares características, las especies de morera constituyen excelentes alternativas alimentarias en los sistemas tropicales de bajos insumos.

Palabras clave

Especie forrajera, *Morus alba*, *Morus nigra*, potencial nutritivo, producción animal.

nutritional agents (flavonoids), coumarins, sterols, saponins, lectins and phytoestrogens. Nevertheless, the contents of these metabolites do not surpass the critical levels reported for the ruminants and only the last three groups' present antinutritional potential in monogastrics. Given their singular characteristics, the mulberry species constitute an excellent alternative in the tropical systems with low inputs.

Key words

Fodder specie, *Morus alba*, *Morus nigra*, nutritive potential, animal production.

Introducción

En el trópico latinoamericano, la baja productividad del ganado está relacionada directamente con la poca disponibilidad en los pastizales y el bajo valor nutritivo que presentan los pastos, donde el comportamiento estacional de las especies prateras determina un pobre suministro de biomasa en la época poco lluviosa y, por consiguiente, una deficiente respuesta animal [Sánchez, 2002].

Teniendo en cuenta que los pastos por sí solos no cubren los requerimientos nutricionales de los rumiantes, para una adecuada producción de leche y carne, algunos árboles y arbustos son una buena fuente alternativa para su utilización como alimento suplementario. Éstos se caracterizan por presentar elevados contenidos de proteínas y una alta digestibilidad, comparada con la mayoría de los pastos [Simón, 1998].

Existen muchas especies leguminosas con buenas características forrajeras. No obstante, otras plantas que no se agrupan en esta familia botánica, también presentan reconocidas potencialidades. En este sentido, las especies del género *Morus* sobresalen como fuente de forraje por su excelente capacidad de producción de biomasa [Benavides, 2000], composición química [Duke, 2005], alta degradabilidad ruminal [González *et al.*, 1998], adaptabilidad a diversas condiciones de clima y suelo [Datta, 2002] y disponibilidad [Benavides, 1994; 2002].

A partir de la década de los ochenta, en América Central comenzó a evaluarse su potencial forrajero y se recomendó su uso en sistemas de corte y acarreo para ovinos, caprinos, bovinos y en la alimentación de los monogástricos.

Dadas tales características, estas plantas se proyectan como alternativas alimenticias con alto potencial en el futuro cercano. Por esos motivos, el objetivo fundamental de esta revisión consistió en describir las principales características de las especies de morera y sus potencialidades como plantas forrajeras en las condiciones tropicales.

1. Origen, distribución y ecología

Las plantas de morera pertenecen al género *Morus*, familia Moraceae, orden Urticales, subclase Dicotiledónea, clase Angiosperma y división Spermatophyta [Cifuentes y Kee-Wook, 1998]. Son especies cosmopolitas y se ha hecho extremadamente difícil situar con seguridad su origen; sin embargo, varios autores señalan al Himalaya como el lugar más probable de origen [Benavides, 2000; Sánchez, 2001; Datta, 2002]. Los dos informes más ancestrales que incluyen a la morera en la historia de la Humanidad, provienen del año 1123 antes de Cristo; 3128 años atrás en Korea [Ho-Zoo y Won-Chu, 2001], y de la dinastía Ming en China [Xiangrui y Hongsheng, 2001].

Por su parte, Li [2001], clasificó los lugares de origen de *M. alba* en cinco regiones: 1) Este del continente asiático, 2) Archipiélago de Malasia, 3) Suroeste de Asia, 4) Oeste de África y 5) Norte, Centro y Sur de América. El Cuadro 1 muestra la distribución de las especies y variedades de morera en algunas de las zonas más representativas del mundo.

Cuadro 1. Distribución mundial de *M. alba* en algunas zonas representativas.

Zona Geográfica	País	Especies del género <i>Morus</i>	Variedades de <i>M. alba</i>	Referencia
Asia	China	5	10	Yongkang (2002)
	Indonesia	6	2	
	Viet Nam	3	100	Sánchez (2002)
	Japón	6	19?	Machii (2002)
	India	4	17?	Ravindran (1997)
América	Brasil	1	90	de Almedia y Fonseca (2002)
Europa	Italia	5	25	Cappellozza (2002)
África	Tanzania	1	?	Shayo (2002)

?: no se conoce con exactitud.

Desde tiempos remotos, los árboles de morera han crecido de forma individual y silvestre en diferentes partes del mundo. Con el inicio de la sericultura, estas plantas fueron llevadas a diversos países para iniciar la producción del gusano de seda, por lo que existen evidencias de que la domesticación de la morera comenzó hace unos 5,000 años.

El género *Morus* se ha distribuido en casi todo el mundo, tanto en áreas templadas como tropicales, donde sólo la especie *M. rubra* es oriunda de América, y el continente australiano es el único que no cuenta con ninguna de las especies de morera en la actualidad [Sánchez, 2002].

China, la India y Brasil son los países más representativos en cantidades de este cultivo por hectárea; aunque en este último, la mayor cantidad de variedades se han obtenido por cruzamientos genéticos [de Almeida y Fonseca, 2002].

Esta especie puede crecer sobre los 4,000 msnm [FAO, 1990], un rango amplio de temperatura entre 13 y 38 °C [Lim *et al.*, 1990], precipitaciones entre 600-2,500 mm y humedad relativa entre 65 y 80% [Datta, 2002].

M. alba se adapta bien a diversos tipos de suelo, principalmente en aquellos que presentan mayor fertilidad [Cifuentes y Ham-Kim, 1998], con buen contenido de materia orgánica [Datta, 2002], bien drenados, de textura media de arcilloarenosas o arenoarcillosas y de topografía plana u ondulada con pendientes inferiores al 40% [Cifuentes y Kee-Wook, 1998]. Además, es tolerante a la salinidad y a la acidez.

2. Principales usos

Dada su elevada adaptabilidad y grado de selección, se reportan más de una decena de usos en el mundo; y en la actualidad, más de 42 países la utilizan de una u otra forma. Del total de naciones que cultivan la morera, el desglose —según su uso— corresponde a 60% en actividades agrícolas; 48% en la fabricación de la seda y como forrajera; 26% en labores de jardinería, paisajismo y preparación de infusiones; 31% como alimento y 14% como frutal, además de emplearse para mejorar el ecosistema [Sánchez, 2002].

Independientemente de su utilización en la sericultura, se reconocen otros múltiples empleos y beneficios [Zepeda, 1991], los cuales demuestran el potencial de explotación desde el nivel familiar hasta la industria.

En algunos países como México, Egipto, Turquía, Grecia, Japón y Korea, se usa como árbol frutal. La fruta, llamada mora, se consume fresca o procesada como jugo, mermelada, frutos secos y para fermentar y hacer vino [Arias y Sánchez, 2002; Gerasopoulos y Stavroulakis, 1997]. En otros lugares como Argentina, Bolivia, Perú, Estados Unidos, Francia, Italia y España se utiliza como planta ornamental y como

árbol de sombra [Sánchez, 2002]. La madera de los troncos y las ramas se emplea como leña, en la elaboración de algunas piezas e implementos, en la ebanistería y la construcción [Ye, 2002]; en Japón, la pulpa de la madera se utiliza para elaboración de papel. El Cuadro 2 muestra un resumen de los usos más novedosos de *M. alba* en la actualidad.

Cuadro 2. Usos de *M. alba* en el mundo.

Usos	Parte utilizada	País	Utilización	Referencia
Construcción	Tallo	India	Cabinas, muebles, decoraciones y carruajes	Datta (2002)
Medio de cultivo		China	Multiplicación de <i>Ganoderma lucidum</i> y <i>Auricularia auricula judae</i>	Yongkang (2002)
Materia prima	Ramas y corteza	India y Japón	Fabricación de papel	Machii <i>et al.</i> (2002)
Combustible	Madera	India	Material energético	Datta (2002)
Alimento animal	Forraje	—	Ganado, iguanas, caracoles, peces y aves de corral	Sánchez (2002)

Su uso como medicina natural es milenario; en países como China y Japón le atribuyen propiedades curativas a las hojas, los frutos y la corteza de las raíces, por la elevada actividad biológica de los metabolitos secundarios presentes.

Duke [2005] resume más de 60 propiedades terapéuticas en las diferentes partes de la especie. Se emplea en tratamientos para algunas enfermedades como la diabetes, la hipertensión arterial, la deposición de colesterol, la filiarisis y como laxante, anti-helmíntico, expectorante y diurético [Xiangrui y Hongsheng, 2001]; también las hojas deshidratadas son usadas en infusiones a manera de té [Yongkang, 2002] y el látex se utiliza con éxito en la industria farmacéutica.

M. alba presenta un gran potencial para el control de la erosión, especialmente en áreas con grandes pendientes [Pizarro *et al.* 1997]. Su uso como forraje ha demostrado un gran potencial, por la calidad y producción de su follaje, características organolépticas y elevado consumo animal [Benavides, 1996].

En algunas zonas de Tailandia, las hojas y brotes tiernos son consumidos como vegetales; su abundante fructificación permite mantener la biodiversidad animal, especialmente de aves y mamíferos.

3. Producción de biomasa

Algunas de las características más sobresalientes de *M. alba* son su excelente producción de biomasa por unidad de área y su alta retención de hojas durante el periodo seco.

La información disponible acerca de la producción de biomasa está relacionada exclusivamente con las hojas, ya que es la parte especialmente utilizada para alimentar al gusano de seda. De Francia se reportan producciones de hoja verde de 17,000 kg/ha con distanciamientos de 7 x 7m. Con mayores densidades se han obtenido rendimientos de 30,000 kg/ha.

Los rendimientos de esta especie están relacionados con la edad de la plantación y, específicamente, con el diámetro del tronco [Benavides, 1991]. El autor reportó que la producción de hoja, por año en monocultivo, se incrementó de 6,500 kg en el primer año hasta 33,500 en el séptimo año. En buenos terrenos, la producción de hojas verdes por planta, varía de 9 a 70 kg/ha cuando el diámetro del tronco a su altura media aumenta de 7 a 55cm. Con 22.5 t de heces humanas y 300 kg de sulfato de amonio, la producción de hojas verdes puede alcanzar 13 t/ha/año [Ting-Zing *et al.*, 1998]. En Paraguay se han obtenido rendimientos de 20,000 kg de hoja fresca en plantaciones de 4 años con podas a 30 cm del suelo [Narimatsu y Kiyoshi, 1975].

Según Ye [2002], el rendimiento de la morera es afectado por una serie de factores, entre los que se destacan: la época, el riego, la densidad de siembra, la fertilización, la frecuencia de corte y la edad de la planta. No obstante, la mayoría de los resultados señalan que los factores que más influyen en el rendimiento de la morera son la densidad de siembra, la fertilización y la frecuencia de corte [Benavides *et al.*, 1986; Benavides *et al.*, 1994; Benavides, 1996].

También se ha demostrado que la posibilidad de intercalar leguminosas herbáceas, arbustivas o arbóreas; así como otros cultivos, como hortalizas, para utilizar su follaje como abono verde, es una alternativa que puede estimular la obtención de altos niveles de producción de biomasa [Reyes *et al.*, 2000].

Otros factores tales, como la variedad y las condiciones edafoclimáticas también pueden influir en la producción. En este sentido, Martín *et al.* [1998], evaluaron cuatro variedades de Morera (Acorazonada, Tigreada, Cubana e Indonesia) y encontraron que la variedad Cubana alcanzó los mayores rendimientos de biomasa total (8,2 tMS/ha); sin embargo, la variedad Acorazonada se destacó por producir 4.6 tMS/ha de biomasa comestible, rendimientos muy superiores al alcanzado por las restantes variedades.

Por otra parte, en tres sitios de Costa Rica, Espinoza y Benavides [1996], reportaron rendimientos de MS total de 14.1, 22.3 y 25.4 t/ha/año para las variedades Criolla, Indonesia y Tigreada, respectivamente. Este autor encontró diferencias en la producción, atribuibles a factores climáticos. En Paquera, donde ocurrió un largo periodo de sequía, la producción promedio de todas las variedades (31.2 tMS/ha/año) duplicó la de Coronado (15.5 tMS/ha/año) a pesar de un mejor régimen de

lluvia. Esto se atribuyó a la mayor luminosidad y las mayores temperaturas en Paquera, así como a la alta nubosidad y la menor temperatura en Coronado.

4. Composición química y valor nutritivo

Todas las especies de morera, especialmente *M. alba*, son consideradas plantas extremadamente peculiares; su composición química y su calidad, desde el punto de vista nutricional, se suman también a las características distintivas de la especie.

Como forraje, reúne excelentes características bromatológicas. Benavides (1991), informa contenidos de proteína cruda superiores al 20% MS y de DIVMS por encima del 80%. Presenta una composición aminoacídica similar a la de la harina de soya; definida como una gran fuente de aminoácidos, de los cuales, la mitad son aminoácidos esenciales [Sánchez, 2002]. Los contenidos de cenizas totales pueden llegar a ser superiores al 15% en dependencia del grado de fertilización del suelo, aunque normalmente oscilan entre 10 y 15% [Shayo, 1997].

Las hojas contienen gran cantidad y diversidad de macro y micro elementos [Noda, 1998], llegándose a observar acumulaciones cuantitativas de Calcio en los idioplastos de las células [Sugimura *et al.*, 1999].

Esta planta presenta apreciables niveles de vitaminas, fundamentalmente de los grupos B y C; de las cuales se destacan los ácidos nicotínico y pantoténico, la riboflavina [Ho-Zoo y Won- Chu, 2001] y el ácido ascórbico (0.3 % MS) [Singh y Makkar, 2002].

En la actualidad, su valor nutritivo ha sido estudiado mediante todas las técnicas de digestibilidad y degradabilidad disponibles en el mundo. Jegou *et al.* [1994], en un experimento *in vivo* utilizando cabras, demostraron que las hojas tuvieron una digestibilidad superior al 78%, y mediante técnica *in vitro* se comprobó un porcentaje de desaparición entre 80 y 90% [Rodríguez *et al.*, 1994].

Por otra parte, en los estudios desarrollados por González *et al.* [1998], la degradabilidad ruminal de las hojas y los tallos tiernos, empleando bolsas de nailon, fue superior al 80% a las 48 horas, lo que demuestra la mayor digestibilidad de estas porciones comparadas con otros forrajes tradicionales como *Leucaena leucocephala* [Tolera *et al.*, 1998].

Adicionalmente, Schmidek *et al.* [2002], observaron degradaciones de la MS, la PC y la fibra neutro detergente (FND) de 93.3; 97.0 y 84.9, respectivamente.

Mediante la técnica de producción de gases, Bing *et al.* [2001], llegaron a la conclusión que el estado de maduración de la hoja, así como el periodo del año, influían en la cantidad de gas producido; mientras que Makkar y Becker [1998], demostraron que las hojas jóvenes presentaban un potencial doblemente superior de producción de gases (60.6 ml/200mg) al compararlas con las hojas maduras.

4.1 Fracción nitrogenada

M. alba también se distingue de otros árboles multipropósitos por las características particulares de su fracción nitrogenada, pues aunque es comparable con la que presentan la mayoría de las leguminosas forrajeras del trópico, tiene una calidad proteica superior [Benavides, 1999; González *et al.*, 1998].

Desde el punto de vista cualitativo, la bibliografía recoge consensos divididos en cuanto a la principal proteína presente en las hojas. Sánchez [2002] señala a la Ribulosa-1.5-bisfosfato carboxilasa (RuBisCO) como la principal proteína en la especie, cuyo centro activo es responsable de la fijación del CO₂ [Kellogg y Juliano, 1997]. Asimismo, de forma independiente, Yamashita y Ohsawa [1990] demostraron que el 43% del Nt en *M. alba* pertenece a este compuesto.

Por otra parte, Singh y Makkar [2002] señalan a la Prolamina, aislada a partir del extracto alcohólico-alcalino de las hojas, como una proteína importante, la cual contiene el 12.6 % del Nt, distribuido, fundamentalmente, en N insoluble en HCl, amidas y ácidos mono y diaminados.

También han sido purificadas y caracterizadas las estructuras primarias y secundarias de dos glicoproteínas con actividad antidiabética, denominadas Moran A y Moran 20K, con pesos moleculares de 7.50 y 21.86 kilodalton (KDa), respectivamente [Eun-Sun *et al.*, 1999].

La solubilidad de la fracción nitrogenada, aunque no es elevada 17.3 (%Nt) en buffer de borato-fosfato y 15.7 (%Nt) en buffer de fosfato, es comparable con la de *L. leucocephala* y especies de los géneros *Dendrocalamus*, *Artocarpus* y *Ficus*, lo que evidencia la naturaleza no proteica del N soluble. En cambio, otras especies de leguminosas, tales como *Acacia catechu*, *Albizia stipulata* y *Bauhinia variegata* presentan una mayor solubilidad del Nt [Singh y Makkar, 2002]. Otros autores, empleando la misma técnica analítica, reportan una solubilidad del Nt inferior al 36% [Sarma *et al.*, 2000].

4.1.1 Proteína cruda

La determinación de los niveles de PC en *M. alba*, mediante la utilización del análisis proximal, ha sido el método analítico más empleado por los autores que investigan la composición química de la especie [Deshmukh *et al.*, 1993]. No obstante, este procedimiento, si bien muestra una idea general de la dimensión cuantitativa de la fracción, no ha permitido conocer las características cualitativas, y la calidad proteica del material nitrogenado presente. Las determinaciones simultáneas de PC y de la proteína verdadera (PV) aclaran con mayor solidez las propiedades y características propias del material nitrogenado [Liu *et al.*, 2002].

Existen numerosas investigaciones en las cuales se ha determinado el contenido de PC en las partes comestibles de las especies de morera, con interés en la alimentación animal y en la sericultura; en cultivos intensivos en la India se han obtenido tenores de hasta un 39% [Singh y Makkar, 2002].

La parte de la planta es el factor que más diferencia las concentraciones de PC [Espinosa *et al.*, 1999]. Otros factores tales como: la variedad [Yongkang, 2002], la fertilización química u orgánica [Benavides, 1994], así como la fertilización basal del suelo y el tipo de abono [Ramos *et al.*, 2002], también influyen en los rangos de este indicador.

Al igual que la mayoría de las plantas arbóreas, los factores época [González y Cáceres, 2002], condiciones ambientales, altura de corte [Martín *et al.*, 2002] y densidad de plantación [Boschini *et al.*, 1998; 1999], afectan en menor medida los contenidos nitrogenados.

Con el cúmulo de material empírico, obtenido a partir de las investigaciones sobre esta temática, ya se conocen patrones estables de comportamientos sobre la base de la fisiología vegetal en las plantas de morera perturbadas por el corte [García, 2003]; en este sentido, la edad de rebrote es un factor determinante en la concentración de PC. Los mayores tenores se observan en las frecuencias de defoliación más intensas, las cuales producen hojas de menor edad de rebrote. A partir de los 90 días después del corte, en la mayoría de las plantas arbóreas, incluyendo la morera, se obtienen contenidos similares de este indicador [Boschini, 2002]. El Cuadro 3 muestra la incidencia de los principales factores que afectan el contenido de PB en *M. alba*.

Cuadro 3. Principales factores que afectan el contenido de PC en *M. alba*.

Factor		PC (% MS)	Referencia
Parte de la planta	Hoja	21,10	García (2003)
	Tallo tierno	10,70	
Frecuencia de corte	56 días	25,6	Boschini (2002a)
	84 días	22,2	
	112 días	20,8	
Fertilización química (urea)	0 kg N	17,1	Rodríguez <i>et al.</i> (1994)
	240 kg N	16,6	
	480 kg N	17,4	
Fertilización orgánica (estiércol de cabra)	0 kg N	19,1	Benavides (1994)
	240 kg N	19,3	
	480 kg N	20,2	
Fertilización orgánica (gallinaza)	100 kg N	18,81	García (2003)
	300 kg N	19,10	
	500 kg N	19,57	
Época	PPLL	23,1	González y Cáceres (2002)
	PLL	22,7	
Variedad	Indonesia	21,06	Benavides (2002)
	Tigreada	20,19	

La influencia de la fertilización química en las concentraciones de PC en esta arbórea es polémica y controvertida. La aplicación de 480 kgN/ha/año, a partir de NH_4NO_3 , produce incrementos significativos en las concentraciones en las hojas [Benavides, 1994]; mientras que con la misma aplicación nitrogenada (480 kgN/ha/año), a partir de urea, se observó poco efecto en los tenores de PC en las hojas y en la biomasa total [Rodríguez *et al.*, 1994].

Por otra parte, con la aplicación de fertilizante orgánico (0 a 480 kgN/ha/año) a partir de estiércol, tampoco se observaron incrementos considerables en las partes comestibles de la planta [Benavides, 1994].

4.2 Metabolitos secundarios, factores antinutricionales potenciales y actividad biológica

Como cualquier planta superior, las especies de morera contienen una amplia gama de metabolitos secundarios en su biomasa comestible; algunos de estos compuestos han surgido por la co-evolución con los organismos herbívoros; otros son sintetizados en determinadas etapas fisiológicas de la planta; en la regulación de los procesos metabólicos, como mecanismos de defensa ante plagas y enfermedades y como reserva de cadenas orgánicas específicas [García, 2003].

Según el resumen realizado por Duke [2005], las hojas de *M. alba* contienen constituyentes volátiles, tales como alcoholes (n-butanol y β - γ -hexenol), aldehídos (Metil-etil-acetaldehído, n-butil-aldehído, isobutil-aldehído, valeraldehído, hexaldehído, μ - β -hexenal), cetonas alifáticas (Acetona, Metil-etil-cetona, Metil-hexil-cetona), butil-amina, y ácidos grasos volátiles (Acético, Propiónico y Butírico). Además, contiene Malato de calcio, ácido succínico y tartárico, xantofilas, carotenoides, fitatos (forman el 18% del Fósforo total), isoflavonoides (Quercetina 3-glucósido), bases nitrogenadas (Adenina, Colina y Trigonellina), isoprenoides (Citral, Acetato de linalilo, Linalol, Acetato de terpenilo, Hexenol) y esteroides. La madera contiene Morina (0.3-0,4% MS), Dihidromorina, Dihidrokaenferol, 2, 4, 4', 6'-Tetra-hidroxi- benzofenona, Maclurina y 2% MS del estilbeno Hidroxi-resveratrol.

Mediante el empleo del tamizaje fitoquímico, desarrollado por García *et al.* [2003], de un total de 15 grupos de metabolitos, se han detectado compuestos fenólicos simples, flavonoides, cumarinas, carbohidratos secundarios, esteroides, alcaloides y saponinas; estos aparecieron en todas las variedades y los tratamientos investigados, por lo que la presencia de los mismos grupos de compuestos es una de las evidencias del marcado componente genético del metabolismo secundario en el género *Morus* [Ashok *et al.*, 2000].

Por su parte, los taninos que precipitan las proteínas, las proantocianidinas/catequinas (taninos condensados), los cardenólidos, las fitoquinonas y los cianógenos, grupos químicos con mayores índices de toxicidad, se encuentran ausentes.

Dichos resultados coinciden, en cuanto a la inocuidad de estos compuestos en la alimentación de los rumiantes, con las investigaciones de nutrición, en las cuales, la morera ha constituido la dieta predominante. No obstante, se requiere un mayor número de estudios para dilucidar con certeza las verdaderas propiedades deletéreas de las lectinas, los fitoestrógenos y las saponinas, como principales metabolitos con potencial antinutricional en los animales monogástricos.

Resumiendo los niveles de los metabolitos secundarios presentes en la biomasa comestible de *M. alba*, el Cuadro 4 muestra la concentración de los metabolitos presentes con mayor potencial toxicológico.

Cuadro 4. Rango de variabilidad de los metabolitos secundarios fundamentales presentes en *M. alba*.

Parte de la planta	Grupo de metabolitos secundarios (% MS)			
	Polifenoles totales	Flavonoides	Cumarinas	Esteroles
Período lluvioso				
Hojas	2,25-2,89	1,56-1,72	0,45-0,78	1,20-2,10
Tallos tiernos	1,45-1,95	1,60-1,65	0,55-0,64	0,94-1,13
Período poco lluvioso				
Hojas	2,10-2,76	1,58-1,64	0,65-0,68	1,11-1,90
Tallos tiernos	1,05-1,65	1,51-1,55	0,58-0,74	0,54-0,97

Fuente: García (2003).

Las especies de morera constituyen una fuente importante de compuestos químicos con elevada actividad farmacológica [Kim *et al.*, 1998; Sung-Suk *et al.*, 2000]; no obstante, sólo se conocen algunos grupos de metabolitos secundarios, los cuales han sido estudiados principalmente por líneas de investigación afines con la sericultura [Won-Chu y Yeou, 1997; Lee y Kim, 1997], y por la medicina tradicional china [Mingle, 1999].

Resultan asombrosos los reportes que provienen de la zona asiática que describen la elevada efectividad de los extractos de morera, en los tratamientos de innumerables patologías [Yun *et al.*, 1995]. Independientemente de los estudios realizados a nivel de laboratorio para evaluar su potencial farmacológico, otras investigaciones —desde el punto de vista alimentario— se han llevado a cabo para conocer las propiedades curativas del té en la eliminación de metales pesados en el organismo humano [Weicheng, 1999].

Las tres propiedades —hasta el momento— más sobresalientes de *M. alba* en el campo médico, radican en la particularidad que presentan sus soluciones para contrarrestar la hipertensión arterial, la diabetes y los elevados niveles de colesterol [Ho-Zoo y Won-Chu, 2001]. De estas tres características, la más estudiada es la propiedad de

planta antidiabética [Youye, y Fengging, 2000], donde los estudios han estado encaminados a la dilucidación de los mecanismos bioquímicos que lo propician y los compuestos causantes de esta acción [Kim *et al.*, 1999].

En este sentido, Ho-Zoo y Won-Chu [2001], afirman que las propiedades antioncogénicas y antisenecentes son atribuidas a los pigmentos (3% MS), neocarotenos, Isoquercetrina y Iuetina. La actividad diurética y la reacción antialérgica son causadas por los flavonoides Rutina, Quercetina, Astragalina, Quercetina 3,7-digluco-sido y Quercetina 3-glucósido; la actividad hipotensiva se debe —en parte— a la presencia de Ácido γ -amino butírico (GABA: 0.62-1.11% MS); la acción antibacteriana es causada por las moléculas de Kuwano, Mulberofurano, Moracenina, Moracina, Dimoracina, Chalcomoracina y Sanggenona. La Umbeliferota, cumarina típica en las hojas, presenta propiedades antiflogísticas; los flavonoides pueden prevenir la alopecia, la arteriosclerosis e inhibir la deposición lipídica; los fitosteroles contienen la asimilación del Colesterol en el intestino delgado; y los alcaloides Deoxinojmicina (peso molecular: 163.17 g/mol), N-Metil-Deoxinojmicina; así como la Amilosa (1,0 % MS), disminuyen los contenidos de carbohidratos solubles en el torrente sanguíneo.

Hornghuey *et al.* [1999], aislaron de *M. australis* un nuevo compuesto denominado Australona B, el cual, en plasma humano mostró una fuerte inhibición de agregación inducida por la Adrenalina, además de presentar efecto inhibidor de los aniones superóxidos en formación en ratas estimuladas químicamente. El extracto de diclorometano-metanol obtenido de *M. alba* muestra actividad hipoglicémica como producto de un triterpeno y dos galactolípidos; uno de los últimos, produce el 16 % de la actividad [Chul-Young *et al.*, 2000].

Los flavonoides Quercetina-3- β -D-glucopiranosido y Quercetina-3,7-di-O-D-glucopiranosido, muestran un significativo efecto inhibidor en el crecimiento de la línea celular de la leucemia y una importante captura de radicales libres [Sun-Yeou *et al.*, 2000].

Los extractos de morera presentan actividad antioxidante [Bokang *et al.*, 1999], así como una elevada acción contra los microbios [Sung-Suk *et al.*, 2000]. El Oxiresveratrol presenta un efecto relajante en la contracción de los músculos blandos de la tráquea en cuyes [Feng *et al.*, 1997], además de ser un potente inhibidor de la actividad dopa-oxidasa de la Tirosinasa en hongos [Nam-Ho y Shi-Yong, 1998].

La Fagomina, un pseudo azúcar aislado de las hojas de morera, potencia la secreción de insulina [Sun-Yeou *et al.*, 1999] y las pectinas y hemicelulosas aisladas de *M. alba* presentan una actividad hipoglicémica más fuerte que las aisladas a partir de *M. nigra* y *M. rubra* [Sanavova y Rakhimov, 1997].

Un novedoso tipo de aducto “Diels-Alder” fue obtenido a partir de *M. multicaulis* por Ferrari *et al.* [2000] y a partir de *M. alba* ha sido aislado un terpenoide de tipo

fitoalexina, el cual aparece cuando las hojas se contaminan con *Phloeospora maculans*; uno de los agentes causales de las manchas foliares [Kyunghee *et al.*, 1998]. Asimismo, se han obtenido dos lectinas (MLL 1 y MLL 2); glicoproteínas con contenidos de azúcar de 8.8 y 40%, respectivamente. Éstas se caracterizan por presentar el mismo peso molecular (51 KDa); con subunidades de 16.5 KDa, y una elevada especificidad por los Ácido N-glicolil-neuramínico y siálico [Ratanapo *et al.*, 1999].

Conclusiones

Fundamentalmente, desde la última década del siglo XX, los países de Centroamérica y el Caribe han trabajado en la introducción y multiplicación de las especies de morera oriundas de la zona asiática. Desde entonces, se han realizado estudios relacionados con la caracterización y la utilización de estas plantas en la alimentación animal complementadas con investigaciones acerca de la agrotecnia, la fisiología y la composición química de las especies; lo que ha permitido reafirmar el verdadero potencial forrajero que presenta por su aporte de biomasa y calidad proteica.

Su elevada adaptabilidad a las condiciones tropicales ha permitido que esta planta atenúe las dificultades hoy existentes en la dieta de los rumiantes y los monogástricos; ya que su follaje, prácticamente, es comparable en muchos indicadores con los valores de los concentrados comerciales. Además, su elevada palatabilidad permite asegurar su consumo durante el periodo seco como forraje fresco o en formas conservadas.

Por otra parte, la experiencia obtenida en la sericultura sobre el manejo de la especie, ha sido extrapolada con el objetivo de extender el cultivo en los sistemas de producción animal. En este sentido, los aspectos agronómicos más tratados han sido la densidad de plantación, las dosis y tipos de fertilizantes y los regímenes de podas.

Asimismo, la caracterización y evaluación de los principales factores que influyen en la composición química ha estado basada, fundamentalmente, en indicadores bromatológicos clásicos que no esclarecen la verdadera naturaleza de sus fracciones.

Adicionalmente, los beneficios y perjuicios que traen consigo la presencia de los metabolitos secundarios, la actividad helmíntica de sus extractos, así como las ventajas que pueden emanar en la temática de las fitohormonas vegetales, son aspectos que pueden ser explotados exitosamente en un futuro próximo.

Literatura citada

- Almeida, J. E. de and Fonseca, T. 2002. Mulberry germplasm and cultivation in Brazil. Animal Production and Health Paper No. 147. FAO, Rome. Pp. 73-95.
- Arias, E. y Sánchez, M. D. 2002. *La morera como frutal*. Conferencia V Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical" y II Reunión Regional de Morera. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.

- Ashok, K. J.; Vincent, R. M. and Nessler, C. L. 2000. Molecular characterization of a hydroxymethylglutaryl-CoA reductase gene from mulberry (*Morus alba* L.). *Plant Mol. Biol.* 42:559-569.
- Benavides, J. E. 1991. Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras en América Central: un enfoque agroforestal. *El Chasqui* (C. R.). 25:6-35.
- Benavides, J. E. 1994. La investigación en árboles forrajeros (Ed. Benavides, J. E). *Árboles y arbustos forrajeros en América Central*, Vol. 1. Serie técnica, Informe técnico No. 236, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Pp. 3-21.
- Benavides, J. E. 1996. *Manejo y utilización de la morera (Morus alba) como forraje*. *Agroforestería en las Américas*. 2(7):27-30.
- Benavides, J. E. 1999. Utilización de la morera en los sistemas de producción animal. *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Estudio FAO producción y Sanidad Animal No. 143, FAO, Roma. Pp. 279-283.
- Benavides, J. E. 2000. La morera, un forraje de alto valor nutricional para la alimentación animal en el trópico. *Pastos y Forrajes*. 23(1):1-11.
- Benavides, J. E. 2002. Utilization of mulberry in animal production systems. *Mulberry for animal production*. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 291-327.
- Benavides, J. E.; Borel, R. y Esnaola, M. A. 1986. Evaluación de la producción de forraje del árbol de morera (*Morus* sp.) sometido a diferentes frecuencias y alturas de corte. Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas. Proyecto Sistemas de Producción Animal. Technical report No. 67. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 74 pp.
- Benavides, J. E.; Lachaux, M. y Fuentes, M. 1994. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de morera (*Morus* sp.). (Ed. Benavides, J. E.), CATIE, Turrialba, Costa Rica. Pp. 495-514.
- Benavides, J. E. y Pezo, D. 1986. Evaluación del crecimiento y del consumo de materia seca en corderos alimentados con follaje de Poró (*Erythrina poeppigiana*) suplementados con diferentes fuentes de energía. Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas, CATIE. Informe Técnico No. 67. Pp. 43-47.
- Bing, Y.; Jianxin, L. and Jun, Y. 2001. Nutritional evaluation of mulberry leaves as feed for ruminants. (Eds. Jian, L.; Yuyin, C.; Sánchez, M. and Xingmeng, L.). *Mulberry for Animal Feeding in China*, Hangzhou, China, 75 pp.
- Bokang, L.; Huiyin, C. and Gowchin, Y. 1999. *Antioxidant activity of the methanolic extract from various traditional edible plants*. *J. Chinese Agric. Chem. Soc.* 37(1):105-116.
- Boschini, C. 2002. Establishment and Management of mulberry for intensive forage production. *Animal production and Health Paper No. 147*, FAO, Rome. Pp. 115-122.
- Boschini, C.; Dormond, H. y Castro, A. 1998. *Producción de biomasa de la morera (Morus alba) en la Meseta Central de Costa Rica*. *Agronomía Mesoamericana*. 9(2):31-36.
- Boschini, C.; Dormond, H. y Castro, A. 1999. Respuesta de la morera (*Morus alba*) a la fertilización nitrogenada, densidades de siembra y a la defoliación. *Agronomía Mesoamericana*. 10(2):7-12.
- Cappellozza, L. 2002. Mulberry germplasm resources in Italy. *Animal production and Health Paper No. 147*, FAO, Rome. Pp. 97-101.
- Chul-Young, K.; Si-Hyun, K.; Gi-Wha, J.; Chun-Sik, C. and Bakk-Wang, K. 2000. *Galactolipids from Mori folium and their hypoglycemic effect*. *Korean J. Pharm.* 31(1):95-100.
- Cifuentes, C. A. y Ham-Kim, M. 1998. Cartilla de Sericultura. CDTs, Colombia. Pp. 9-25.
- Cifuentes, C. A. y Kee-Wook, S. 1998. Manual Técnico de Sericultura. 41 pp.
- Datta, R. K. 2002. Mulberry cultivation and Utilization in India. In: *Mulberry for animal production*. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 45-62.

- Deshmukh, S. V.; Pathak, N. V. and Takalikar, D. A. 1993. *Nutritional effect of mulberry (Morus alba) leaves and as sole ration of adult rabbits*. World Rabbit Sci. 1(2):67-69.
- Duke, J. A. 2005. *Morus alba* (L.). <http://newcrop.hort.purdue.edu/newcrop/duke-energy> (Consultada el 20 de agosto de 2005).
- Espinoza, E. Benavides, J. E. 1996. Efecto del sitio y la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad del forraje de tres variedades de morera (*Morus alba* L.). *Agroforestería en las Américas*. 3(11):24-27.
- Eun-Sun, K.; Sung-Jean, P.; Eun-Ju, L.; Bak-Kwang, K.; Hoon, H. and Bong-Jin, L. 1999. *Purification and characterization of Moran 20K from Morus alba*. Arch. Pharm. Res. 22(1):9-12.
- FAO. 1990. Sericulture training manual. FAO. Agricultural Services Bulletin, No. 80, Rome. 117 pp.
- Feng, Q.; Kano, Y. and Xinsheng, Y. 1997. Elucidation of the bioactive constituents in traditional Chinese medicine "Mori Cortex". *Advances in plant glycosides, chemistry and biology*. Proceedings of the International Symposium on Plant Glycosides. Kunming, China. Pp. 281-286.
- Ferrari, F.; Monache, F. D.; Suárez, A. I. and Compagnone, R. S. 2000. *Multicaulisin, a new Diels-Alder type Adduct from Morus multicaulis*. *Phytoterapia*. 71(2):213-215.
- García, D. E. 2003. Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 97 pp.
- García, D. E.; Ojeda, F. y Montejo, I. L. 2003. Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). I. Análisis cualitativo de metabolitos secundarios. *Pastos y Forrajes*. 27(4):303-316.
- Gerasopoulos, P. and Stavroulakis, G. 1997. Quality characteristics of four mulberry (*Morus* sp.) cultivars in the area of Chania, Greece. *J. Sci. Food Agric*. 73:261-264.
- González, E. y Cáceres, O. 2002. Valor nutritivo de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes. *Pastos y Forrajes*. 25(1):15-19.
- González, E.; Delgado, D. y Cáceres, O. 1998. Rendimiento, calidad y degradabilidad ruminal potencial de los principales nutrientes en el forraje de morera (*Morus alba*). *Memorias. III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería"*. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. Pp. 69-72.
- Hornghuey, L.; Jehjeng, J.; Hsiencheng, R.; Jinpyang, R. and Chunnam, K. 1999. *Chemistry and biological activities of constituents from Morus australis*. *Biochimica et Biophysica Acta, General Subjects*. 1428(2):293-299.
- Ho-Zoo, L. and Won-Chu, L. 2001. Utilization of mulberry leaf as Animal Feed: feasibility in Korea. (Eds. Jian, L.; Yuyin, C.; Sánchez, M. and Xingmeng, L.). *Mulberry for Animal Feeding in China*, Hangzhou, China. 75 pp.
- Jegou, D.; Waelput, J. J. y Bronschwig, G. 1994. Consumo y digestibilidad de la morera seca y del nitrógeno del follaje de morera (*Morus alba*) y amapola (*Malvaviscus arborea*) en cabras lactantes (Ed. Benavides, J. E.). *Árboles y arbustos forrajeros en América Central*, Vol. 1, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Pp. 155-162.
- Kellogg, E. A. and Juliano, N. D. 1997. *The structure and function of RuBisCO and their implication for systematic studies*. *American J. Botany*. 84(3):413-428.
- Kim, S. Y.; Gao, J. J.; Lee, W. C.; Ryu, K. S.; Lee, K. R. and Kim, Y. C. 1999. *Antioxidative flavonoids from the leaves of M. alba*. *Arch. Pharm. Res*. 22(1):81-85.
- Kim, S. Y.; Park, K. J. and Lee, W. C. 1998. *Antiinflammatory and antioxidative effects of Morus spp. fruit extract*. *Korean J. Medicinal Crop Sci*. 6(3):204-209.

- Kyunghee, K.; Matsuyama, N. and Kim, K. M. 1998. A novel phytoalexin formed in mulberry leaves at the infection of *Phloeospora maculans* causal agent of leaf spot. Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University. 43(2):89-93.
- Lee, W. C. and Kim, S. Y. 1997. Utilization and isolation of new active substances from sericulture related materials. National Sericulture and Entomology Research Institute RDA, Korea. 30 pp.
- Li, Y. 2001. An important topic to be discussed: Utilization of mulberry leaves and production of animal fibers (Eds. Jian, L.; Yuyin, C.; Sánchez, M. and Xingmeng, L.). Mulberry for Animal Feeding in China, Hangzhou, China. Pp. 1-7.
- Lim, S.; Young-Taek, K. and Sang-Poong, L. 1990. Sericulture training manual. (Eds. Jun, R.; Jung-Sung, L. and Byung-Ho, L.). FAO. Agricultural services Bulletin No. 80. 117 pp.
- Lin, Y. and Hsieh, U. 1994. Effect of plant spacing on the yield and chemical composition of mulberry leaves. J. Agricultural Assoc. China. 167:43-48.
- Liu, J. X.; Zunyao, Z.; Yan, B. J.; Shi, Z. Q.; Wang, X. Q. and Yu, J. Q. 2002. Mulberry leaf supplement for sheep fed ammoniated rice straw. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 189-201.
- Machii, H. 2002. Evaluation and utilization of mulberry for poultry production in Japan. Mulberry for animal production. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 237-243.
- Machii, H.; Koyama, A. and Yamanouchi, H. 2002. Mulberry breeding, cultivation and utilization in Japan. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 63-71.
- Makkar, H. P. S. and Becker, K. 1998. Do tannins in leaves of trees and shrubs from Africa and Himalayan regions differ in level and activity? Agroforestry. 40(1):59-68.
- Martín, G.; Yépes, I.; Hernández, I. y Benavides, J. E. 1998. Evaluación del comportamiento de cuatro variedades de morera durante la fase de establecimiento. Memorias III Taller Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería", EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. Pp. 92-96.
- Martín, G.; Reyes, F.; Hernández, I. and Milera, M. 2002. Agronomic studies with mulberry in Cuba. Mulberry for animal production. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 103-112.
- Mingle, Z. 1999. Chinese traditional medicinal prescription by mulberry leaves. Lishizhen Medicine and Material Medical Research. 10(4):280-282.
- Nam-Ho, S. and Shi-Yong, R. 1998. Oxyresveratrol as the potent inhibitor on dopa oxidase activity of mushroom tyrosinase. Biochem. Biophys. Res. Communications. 243(3):801-803.
- Narimatsu, S. y Kiyoshi, K. 1975. Manual para la cría del gusano de seda. Japan International Cooperation Agency (JICA). Technical book. Series No. 20. 78 pp.
- Noda, N. 1998. Mulberry leaves, the new functionality food material. Food Sci. 40(2):102-108.
- Ramos, T. O.; Lara, L. P. E.; Rivera, L. J. A. and Sanginés, G. J. R. 2002. Mulberry production with swine lagoon effluent. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 261-269.
- Ratanapo, S.; Ngamjunyaporn, W. and Chulavatnatol, M. 1999. Syalic acid binding lectins from leaf of mulberry (*Morus alba*). Plant Sci. Limerick. 139(2):141-148.
- Ravindran, S. 1997. Distribution and variation in mulberry germplasm. Indian J. Plant Genetic Resources. 10(2):233-242.
- Reyes, F.; Milera, M. y Matias, C. 2000. Efecto del intercalamiento de leguminosas temporales en el establecimiento de morera (*Morus alba*). Pastos y Forrajes. 23(3):219-222.
- Rodríguez, C.; Arias, R. y Quiñónez, J. 1994. Efecto de la frecuencia de poda y el nivel de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de la biomasa de morera (*Morus sp.*). (Ed. Benavides, J. E.). Árboles y arbustos forrajeros en América Central, Vol. 1. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Pp. 515-529.
- Sanavova, M. K. and Rakhimov, D. A. 1997. Plant polysaccharides. VII. Polysaccharides of *Morus* and their hypoglycaemic activity. Chem. Nat. Compounds. 53(6):617-619.

- Sánchez, M. D. 2001. Mulberry as animal feed in the world. (Eds. Jian, L.; Yuyin, C.; Sánchez, M. and Xingmeng, L.). Mulberry for Animal Feeding in China Hangzhou, China. Pp. 1-7.
- Sánchez, M. D. 2002. World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding. Animal Production and Health Paper No. 147. FAO, Rome. Pp. 1-8.
- Sánchez, T. 2002. Evaluación de un sistema silvopastoril con hembras mambí de primera lactancia bajo condiciones comerciales. Tesis presentada en opción al título académico de Master en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 93 pp.
- Sarma, R. K.; Singh, B. and Bhat, T. K. 2000. Nitrogen solubility, protein fractions, tannins and in sacco dry matter digestibility of tree fodders of Shiwalik range. Indian J. Anim. Nutr. 17(1):1-7.
- Schmidek, A.; Takahashi, R.; Nuñez de Medeiros, A. and Resende, K. T. 2002. Bromatological composition and degradation rate of mulberry in goats. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 207-211.
- Shayo, C. M. 1997. Uses, yield and nutritive value of mulberry (*Morus alba*) trees for ruminants in the semi-arid area of central Tanzania. Trop. Grasslands. 31(6):599-604.
- Shayo, C. M. 2002. The potential of mulberry as feed for ruminants in central Tanzania. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 131-138.
- Singh, B. and Makkar, H. P. S. 2002. The potential of mulberry foliage as a feed supplement in India. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 139-155.
- Simón, L. 1998. Del monocultivo de pastos al silvopastoreo. La experiencia de la EEPF IH. (Ed. Simón, L.). Los árboles en la ganadería. Tomo I. Silvopastoreo. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 9 pp.
- Soo-Ho, L.; Young-Taek, K.; Sang-Poong, L.; Lin-Jun, R.; Jung-Sung, L. and Byung-Ho, L. 1990. Sericulture training manual. FAO Agric. Services Bulletin. No. 80. FAO, Roma. 117 pp.
- Sotelo, A. 1997. Constituents of wild food plants. Functionality of Food Phytochemicals. Johns & Romeo. New York, USA. Pp. 89-111.
- Sugimura, Y.; Mori, T.; Nitta, I.; Kotani, E.; Furusawa, T.; Tatsumi, M.; Kusakari, S.I.; Wada, M. and Morita, Y. 1999. Calcium deposition in idioblasts of mulberry leaves. Annals of Botany. 83(5):543-550.
- Sung-Suk, L.; Hak-Ju, L. and Don-Ha, C. 2000. Studies of biological activity of wood extractives (III) on the phenolic compounds isolated from heatwood of *M. bombycis*. J. Korean Wood Sci. and Tech. 28(2):42-48.
- Sun-You, K.; Jian-Jun, G. and Hee-Kyoung, K. 2000. Two flavonoids from the leave of *Morus alba* induce differentiation of the human promyelocytic leukaemia (HL-60) cell line. Biological Pharm. Bull. 23(4):451-455.
- Ting-Zing, Y. F.; Guang-Xien, H. and Ben. Z. 1998. Mulberry cultivation. FAO Agricultural. Services bulletin 73/1. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome. 127 pp.
- Tolera, A.; Seyoum, M. and Sundstol, F. 1998. Nutritive evaluation of *Leucaena leucocephala*, *L. diversifolia* and *L. pallida* in Awassa, Southern Ethiopia (Eds. Shelton, H. M.; Gutteridge, R. C.; Muller, B. F. and Bray, R. A.). *Leucaena*-adagitation, quality and farming systems. ACIAR Proceedings No. 86. Pp. 103-108.
- Xiangrui, Z. and Hongsheng, L. 2001. Composition and medical value of mulberry leaves. (Eds. Jian, L.; Yuyin, C.; Sánchez, M. and Xingmeng, L.). Mulberry for Animal Feeding in China, Hangzhou, China. 75 pp.
- Yamashita, T. and Ohsawa, R. 1990. Quantitative investigation on nitrogen metabolism in mulberry leaves. Bull. Nat. Inst. Sericultural and Entomological Sci. March(1):27-44.
- Ye, Z. 2002. Factor influencing mulberry leaf yield. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 123-130.
- Yonkang, H. 2002. Mulberry cultivation and utilization in China. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 11-43.

- Vant Soest, P. J. 1992. Nutritional ecology of the ruminant. Durhan and Downey Inc., Portland, USA. 3445 pp.
- Weicheng, W. 1999. *Development of health care tea*. Bulletin of Sericulture. 30(3):30-31.
- Won-Chu, L.; and Yeou, K. 1997. Utilization and isolation of new active substances from sericulture related materials. Korean Soc. Sericultural Sci.. 4:119-131.
- Youye, L. and Fengging, G. 2000. *Mulberry leave, the new functionality food material*. World Agric. 21(4):44-45.
- Yun, S. J.; Lee, W. C.; Park, K. J. and Kim, S. M. 1995. Studies of utilization of pharmacologically active constituents in mulberry. III. Preparation of leaves containing high level of Rutin and γ -aminobutyric acid and their use as tea material. RDA. J. Agric. Sci. 37:215-219.
- Zepeda, J. 1991. *El árbol de oro. Los mil usos de la morera*. Medio Ambiente. 47:28-29.

Recibido: Octubre 25, 2005

Aceptado: Enero 23, 2006

Experiencias en el establecimiento de *Arachis pintoi* Krapov & W.C. Greg. como cobertura en cítricos de Veracruz, México

Experiences on the establishment of *Arachis pintoi* Krapov & W.C. Greg. as a cover crop in citrus plantations of Veracruz, México

Valles, B. y Castillo, E.

Investigadores en pastos y forrajes. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), FMVZ-UNAM, km 7.5 carretera Tlapacoyan-Martínez de la Torre, Veracruz, 93600 México. Correos electrónicos de los autores: braulio_36@hotmail.com y pime11302002@yahoo.com.mx.

Resumen

Se realizaron dos experimentos para evaluar el establecimiento de *Arachis pintoi* (Ap) como cobertera en cítricos; el primero, en limón Persa, y el segundo, en naranjo. En el primero se sembraron los ecotipos CIAT 17434, 18744 y 18748 en suelo rastreado, en surcos separados a un metro, y distancia de 50 cm entre plantas. En el segundo, se sembró Ap 17434 en suelo rastreado, escardado, u hoyado; plantando a 50 y 35 cm en surcos separados a 75 cm, con y sin P+K+Mg. La cobertura se evaluó a 4, 8, 12, 16, 20 y 24 semanas postsiembra, con la misma frecuencia en el segundo caso hasta 20 semanas. El diseño experimental fue para el primero completamente al azar; y el segundo, de bloques al azar, en parcelas subdivididas. Del primero, resultó que las semanas para alcanzar 50% y 100% de cobertura fueron 16 y 32, 12 y 24, y 13 y 26, para 17434, 18744 y 18748, respectivamente ($P=0.0001$). Para el segundo caso, los máximos valores de cobertura fueron en suelo rastreado, en rango de 53.5 a 87.5 %, según la densi-

Abstract

Two experiments were carried out in order to assess the establishment of *Arachis pintoi* as a cover crop in citrus plantations: the first one on a lemon plantation var. Persa, and the second on an orange. On the first one, ecotypes CIAT 17434, 18744 y 18748 were planted on a raked soil, in rows separated by one meter and 50 cm of distance between plants. On the second one, Ap 17434 was planted on raked, weeded and hoed, planted at 35 and 50 cm in rows separated at 75 cm, with and without P+K+Mg. The cover crop was evaluated at 4, 8, 12, 16, 20 and 24 weeks post-planting, with the same schedule in the second but only until 20 weeks. The experimental design was a completely randomized for the first experiment; and randomized blocks arrangement with split plots in the second. The results showed that the weeks that obtained 50% and 100% of coverage were 16 and 32, 12 and 24, and 13 and 26, for 17434, 18744 and 18748, respectively ($P=0.0001$). In the second experiment, the maximum coverage was in raked soil, in the range

dad de siembra y fertilización. En los restantes tratamientos los valores fueron pobres (3.5 % a 33.7%). Del primer experimento, los ecotipos 18744 y 18748 se consideraron como los más promisorios en cuanto al tiempo necesario para cubrir totalmente el terreno. Para el segundo experimento, la preparación del terreno con pases de rastra garantizó el mejor establecimiento de la cobertura.

Palabras clave

Leguminosa forrajera, preparación del terreno, frecuencias de muestreo.

from 52.5 to 87.5 % in relation to the planting density and fertilization. In the remaining treatments the values were poor (6.2 % to 33.7%). In the first experiment, the ecotypes 18744 and 18748 were considered the most promising taking into account the time taken to cover totally the land. For the second experiment, soil tillage using disk harrow endorsed the best establishment of the covering.

Key words

Forage legume, soil preparation, sampling frequency.

Introducción

El cultivo de cítricos en México es una de las actividades agrícolas más importantes, tanto por la superficie establecida como por el valor de su comercialización. A finales de 1997 había 322,000 ha de naranjo (*Citrus sinensis* L.) y 32,000 ha de limón Persa (*Citrus latifolia* Tan.); de las cuales, en conjunto, dependen más de 15,000 familias involucradas en los procesos de producción, cosecha, empaque y comercialización. Para el caso del naranjo, la producción estimada en 1997 fue de 3.9 millones de toneladas, mientras que para el limón Persa era de 244 mil toneladas anuales [Curti-Díaz *et al.*, 1998; 2000].

Uno de los principales problemas que limitan la productividad de los cítricos en México es la presencia de malezas; éstas, dificultan las labores de fertilización, cosecha, control de plagas y enfermedades; y sobre todo por la competencia de agua, luz y nutrientes, lo cual origina reducciones importantes en el área foliar y, por lo tanto, en el rendimiento del árbol. El control de malezas y la fertilización representan del 15 al 35% del costo de producción. Ello implica gastos permanentes a través del tiempo. Por otra parte, su control manual es la práctica que más consume energía, pues absorbe del 50 al 70% de la mano de obra de los pequeños agricultores [Domínguez, 1990].

El uso de coberteras puede reducir la pérdida del suelo, mejorar la retención de la

precipitación, aportar nitrógeno al suelo y disminuir la necesidad plaguicidas en sitios donde las malezas son un problema.

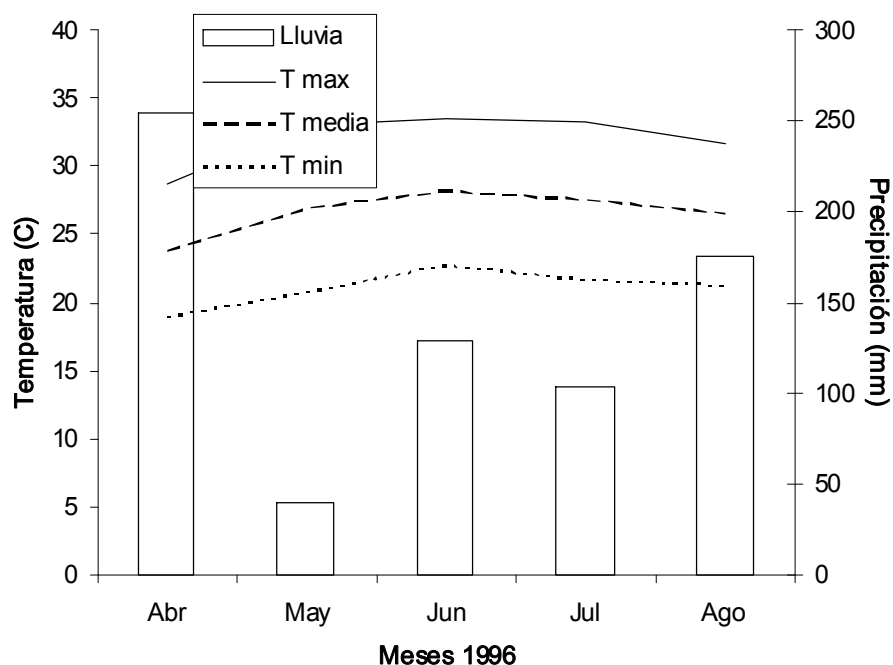
La leguminosa forrajera *Arachis pintoi* posee un hábito de crecimiento postrado, estolonífero, y se adapta bien al sombrío [Andrade y Valentim, 1999; Zelada e Ibrahim, 1996], lo cual explica —en parte— el éxito como cultivo de cobertera. La especie prospera en un rango de ambientes tropicales, que va desde 0 a 1,800 mm, con una precipitación total anual de 1,600-3,500 mm bien distribuida a través del año. Crece bien en una variedad de suelos entre los que se mencionan Ultisoles, Oxisoles (de Carimagua, Colombia) e Inceptisoles; pero los mejores rendimientos se reportan en suelos arenosos con un contenido de materia orgánica superior al 3% y cuando hay humedad disponible [Azakawa y Ramírez, 1989].

Arachis pintoi ha mostrado un alto potencial para cobertura en cultivos perennes como cítricos [Rincón y Orduz, 2004], pejibaye [Clement y DeFrank, 1998], plátano [Johns, 1994] y papaya [Dwyer, 1989], por lo cual su incorporación como cobertera en plantaciones de naranjo y limón Persa (en México) podría ser una alternativa viable. Considerando lo anterior, se evaluaron los ecotipos *A. pintoi* CIAT 17434, 18744 y 18748, como opciones de cobertura vegetal en cítricos de Veracruz.

Materiales y métodos

En abril de 1996 se establecieron dos experimentos en fincas comerciales, situados en los municipios de Martínez de la Torre y Misantla, Veracruz, México (20° 03' latitud norte y 97° 03' longitud oeste), con clima cálido-húmedo (24°C de temperatura media y 1,980 mm de lluvia anual), y sin estación seca definida, a 112-151 metros sobre el nivel del mar. La Gráfica 1, presenta la información de temperatura y lluvia registrada durante el desarrollo de los experimentos, la cual es típica de la región, considerando datos de 20 años, excepto para lluvia de abril, donde lo normal es la mitad de lo mostrado en la gráfica mencionada.

Gráfica 1. Condiciones climáticas durante la fase de establecimiento.



Primer experimento

Éste se realizó en una huerta de limón Persa de 3 años de edad, con plantación de árboles de 7 x 7 m. Se evaluó el establecimiento como cobertura de los ecotipos de *Arachis pintoi*: CIAT 17434, 18744 y 18748. El terreno se preparó con pase de rastra cruzado, a 20 cm de profundidad. Para Ap 17434 se empleó material vegetativo (estolones de 20 cm de longitud); en tanto, las restantes se sembraron con semilla (dos por punto de siembra). Todos los ecotipos fueron inoculados con la cepa CIAT 3101. La siembra se realizó en surcos separados a un metro y con distancia de 50 cm entre plantas. Por la disponibilidad de material vegetativo o semilla, los ecotipos tuvieron diferente número de sitios de evaluación, con tres repeticiones de un metro cuadrado por sitio; así, la 17434 contó con cinco sitios, mientras que la 18744, dos; y la 18748, un sitio. Los tratamientos se fertilizaron, a la siembra, con superfosfato simple a razón de 50 kg/ha de P₂O₅; y a 30, 90 y 180 días PS con KCl (83 kg/ha). Se evaluó número de plantas (plantas/m²) y altura (cm) a 4, 8 y 12 semanas, y cobertura (%) a 4, 8, 12, 16, 20 y 24 semanas. Los datos de número de plantas se sujetaron a una transformación logarítmica para cumplir con los supuestos del análisis de varianza.

Se realizaron análisis de varianza y las medias se compararon usando la prueba de Tukey. Para altura sólo estimaron promedios por muestreo. Se empleó un diseño completamente al azar, con los ecotipos de *Arachis pintoii* como tratamientos, y un nivel de probabilidad (P) para comparación de medias de 0.05.

Para el caso de cobertura, la tendencia de los datos indicó la existencia de una respuesta asintótica, por lo cual se ajustaron modelos exponenciales a un máximo, logísticos y sigmoideos, utilizando la rutina "Regression Wizard" del programa SigmaPlot [SPSS, 1997]. El modelo que finalmente mostró el mejor ajuste a los datos de cobertura y cuyos parámetros mostraron valores racionales, fue el sigmoideo de tres parámetros, que se describe a continuación:

$$Y = a / (1 + e^{-(X - X_0)/b}),$$

donde: 'Y' es la cobertura, en porcentaje, en el tiempo 'X', dado en semanas; 'a' es el valor máximo de cobertura predicho por el modelo; 'e' es la base de los logaritmos naturales; X_0 es el tiempo para que 'Y' alcance el 50% del valor de 'a'; y 'b' es una constante de proporcionalidad que indica la inclinación de la "S" a la derecha (a mayor valor, mayor inclinación), es decir, qué tan rápido se alcanza el valor de 'a'.

Segundo experimento

En este caso, la huerta se localizó en el municipio de Misantla, Ver., y consistió en una plantación de naranjo asociado con café de 14 y 8 años de edad, respectivamente. El arreglo de plantación del cítrico era de 6 x 6 m, con cuatro plantas de café alrededor de cada árbol de naranjo. Una semana previa al inicio del experimento, la vegetación nativa se controló con chapeo mecánico y aplicación de glifosato (2 l/ha). Se evaluó el establecimiento de *Arachis pintoii* CIAT 17434 por tres métodos de preparación del terreno: paso de rastra, paso de escardillos, y hoyado; con dos densidades de siembra: plantas a 35 y 50 cm dentro de surcos separados a 75 cm; y dos niveles de fertilización: con y sin P+K+Mg. Para P se empleó superfosfato triple (50 kg/ha de P_2O_5); para K, cloruro de potasio (50 kg/ha de K_2O); y para Mg, sulfato de magnesio (20 kg/ha), aplicados todos a 30 días post-siembra. Se empleó material vegetativo consistente en estolones de 20-25 cm, colocando de 3-4 por punto de siembra. Se usó un diseño experimental de bloques al azar en parcelas sub-subdivididas, siendo la fertilización la parcela mayor, y la sub-parcela el método de siembra, sub-dividida a su vez en dos densidades de siembra. Lo anterior resultó en 12 tratamientos, con cuatro repeticiones cada uno. La superficie total fue de 2,268 m², y de la unidad experimental fue 144 m².

Se midió el porcentaje de cobertura, número de plantas/m² y altura (cm, cinco plantas por repetición), a las 4, 8, 12, 16 y 20 semanas postsiembra. Los datos de cobertura, número de plantas y altura se sujetaron a análisis de varianza, y sus medias

se compararon con la prueba de Tukey por medio del paquete estadístico SAS. El suelo se analizó al inicio del experimento, y 16 meses después, para determinar cambios en materia orgánica, acidez del suelo, nitrógeno, fósforo y potasio. Se hicieron estimaciones económicas para determinar costos de establecimiento, mantenimiento y rentabilidad de la inversión comparando con el manejo tradicional de control de malezas en cítricos. Los rubros considerados fueron: los costos del chapeado del terreno, material vegetativo de la leguminosa y su siembra, fertilización (P, K, Mg), preparación del terreno, con rastra, escardillos (u hoyado), herbicida comercial y su aplicación.

Resultados

Primer experimento

Número de plantas. En el Cuadro 1, se presentan los promedios de número de plantas (y su error estándar) para cada accesión. Para la primera y segunda, se registró un incremento entre la semana 4 a la 12; mientras que para la tercera, el promedio se mantuvo constante durante el periodo evaluado; lográndose a las 12 semanas un promedio general de 5.1 plantas/m². Los análisis de varianza no detectaron ninguna diferencia estadística significativa dentro de cada accesión, considerando las semanas de muestreo.

Altura de plantas. Excepto para la primera evaluación (4 semanas), el rango se mantuvo entre los 10 y 20 cm; y este último valor fue más frecuente en los ecotipos 18744 y 18748.

Cuadro 1. Número de plantas/m² de ecotipos de *Arachis pintoi* establecidos como cobertura del suelo en cítricos de Veracruz.

Accesión CIAT	Semanas			P**
	4	8	12	
17434	2.5 ± 0.24*	3.1 ± 0.28	3.2 ± 0.33	0.0875
18744	3.8 ± 0.76	3.8 ± 0.51	4.2 ± 0.48	0.5833
18748	8.3 ± 0.33	7.7 ± 1.45	8 ± 1.0	0.8153

* Error estándar de la media.

** Nivel de probabilidad del análisis de varianza

Cobertura. En los tres ecotipos el modelo fue altamente significativo ($P < 0.0001$); así como en todos los casos, los parámetros del modelo fueron distintos a cero al mismo nivel de probabilidad. Los valores de R^2 fueron mayores a 0.8 (Cuadro 2).

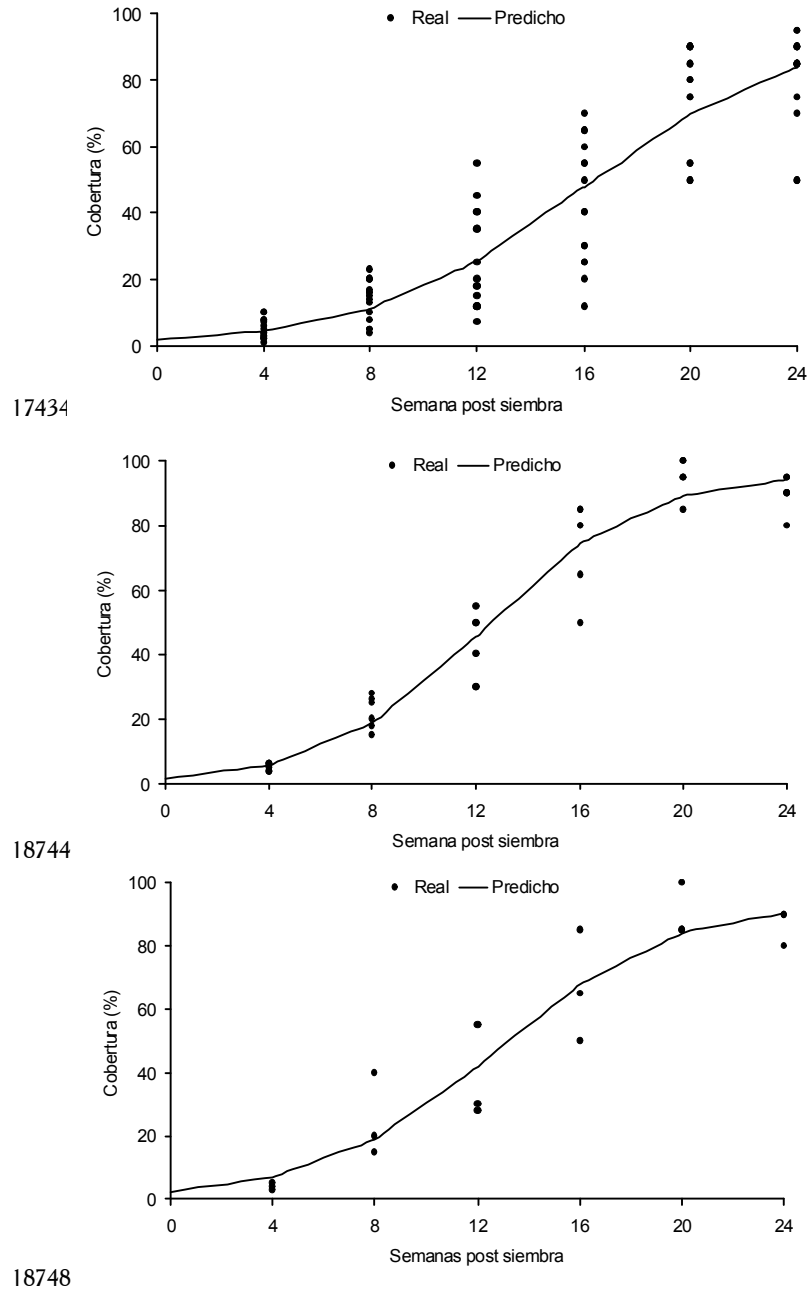
Cuadro 2. Parámetros del modelo sigmoideo: $Y = a / (1 + e^{-((X - X_0)/b)})$, aplicado al aumento en cobertura de tres ecotipos de *Arachis pintoi*, al transcurrir el tiempo post siembra.

Accesión CIAT	n	Parámetros del modelo [¥]			
		a	X ₀	b	R ²
17434	90	95.0234	15.9488	3.9614	0.8332
18744	36	96.3046	12.3222	3.0102	0.9481
18748	18	94.1993	12.7762	3.4453	0.9105

¥ 'Y' es el porcentaje de suelo cubierto por la planta, 'a' es la máxima cobertura, 'X₀' es el tiempo para en semanas alcanzar la mitad de 'a', 'X' es el tiempo en semanas, transcurrido desde la siembra, y 'b' es una constante de proporcionalidad.

En números redondos, las semanas para alcanzar 50% y 100% de cobertura fueron 16 y 32, 12 y 24, y 13 y 26, para los ecotipos 17434, 18744 y 18748, respectivamente; así, la primera fue la de establecimiento más lento, pues a las 24 semanas había cubierto (en promedio) el 84% del terreno; en tanto que la segunda presentaba 94%, y la tercera, 91%; éstas dos últimas, ya muy cerca del valor de 'a' correspondiente (Cuadro 2, Gráfica 2).

Gráfica 2. Dispersión de datos de cobertura y líneas ajustadas al modelo sigmoideo de tres parámetros, mostrados en el Cuadro 2.



Segundo experimento

Número y altura de plantas. La información relacionada con el número de plantas/m² y la altura de las mismas se muestra en el Cuadro 3. El tratamiento de rastreado del terreno arrojó, en promedio, los valores más altos para número de plantas y altura. Esta última presentó un rango de 3.5 a 12.2 cm.

Cobertura. En el Cuadro 4 se presentan los porcentajes de cobertura, logrados cinco meses después del establecimiento. En todos los tratamientos, los máximos valores se obtuvieron con las mayores densidades de siembra y con fertilización, excepto para los tratamientos de siembra con hoyado del terreno. Los tratamientos que involucraron el paso de rastra presentaron valores muy por encima de los restantes, independientemente de la densidad y/o fertilización usada. Los análisis de varianza realizados dentro de cada preparación del terreno indicaron diferencias estadísticas significativas ($P=0.05$), considerando las variables de densidad de siembra y aplicación o no de fertilizante.

Cambios en el suelo. Con relación a los cambios en las propiedades del suelo, se registraron incrementos para el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, aunque se observó una disminución en el contenido de materia orgánica (Cuadro 5).

Consideraciones económicas. Las estimaciones económicas indicaron que los costos de establecimiento por hectárea (en dólares americanos) para el año en que se realizó el experimento, variaron de acuerdo con los tratamientos evaluados, siendo menores para aquellos sin fertilización (US\$ 294, 410 y 396) en comparación con los que recibieron fertilizante (US\$ 356, 472 y 473) para los tratamientos con rastra, escarda y hoyado, respectivamente. Por otra parte, los gastos generados para el control de malezas en una hectárea incluyeron la compra de un herbicida comercial (glifosato), un adherente y la aplicación de ambos. Esto importó la cantidad de 222 USD.

Cuadro 3. Número de plantas de *Arachis pintoi* y su altura (Promedios. Error estándar entre paréntesis), alcanzadas en cinco meses postsiembra, según la preparación del terreno, su densidad de siembra (D) y la aplicación o no de fertilizante (F).

Trat.	Plantas/m ²				**P	Altura plantas (cm)				P
	D1+F	D1-F	D2+F	D2-F		D1+F	D1-F	D2+F	D2-F	
R*	32.0 (0.81)	31.0 (1.11)	34.5 (3.42)	34.5 (2.89)	0.2641	11.6 (0.96)	8.2 (0.49)	12.0 (1.05)	8.0 (0.50)	0.5255
E	14.0 (1.65)	11.5 (1.93)	13.5 (1.93)	9.5 (0.50)	0.8672	4.6 (0.35)	5.0 (0.53)	5.6 (0.75)	3.5 (0.59)	0.0193
H	21.0 (2.28)	20.5 (1.71)	18.2 (4.11)	20.5 (4.42)	0.6755	9.5 (0.71)	10.2 (0.65)	8.3 (0.78)	10.9 (0.91)	0.2048

D1 y D2= plantas sembradas a 35 y 50 cm dentro del surco, respectivamente.

+F: con fertilización (en kg/ha: 50 P₂O₅, 50 K₂O, 20 Mg₂SO₄); y, -F: sin fertilización.

*R=Rastreado, E=Escarda, y H=Hoyado.

**P: Nivel de probabilidad en el análisis de varianza.

Cuadro 4. Cobertura (%) de plantas de *Arachis pinto* (promedio \pm error estándar) alcanzada en cinco meses postsiembra, según la preparación del terreno, su densidad de siembra (D) y la aplicación o no de fertilizante (F).

Tratamientos	Semanas postsiembra					P*
	4	8	12	16	20	
Rastrado						
D1+F	19.8 \pm 2.04	23.2 \pm 2.69	33.0 \pm 4.40	76.2 \pm 6.25	87.5 \pm 3.23	0.9641
D1-F	10.5 \pm 1.04	17.7 \pm 3.17	23.7 \pm 10.5	52.5 \pm 10.5	70.0 \pm 7.90	
D2+F	9.0 \pm 0.57	13.2 \pm 2.98	20.2 \pm 3.75	40.0 \pm 12.4	63.7 \pm 15.46	
D2-F	8.0 \pm 0.71	10.5 \pm 1.26	10.5 \pm 3.23	26.2 \pm 3.14	52.5 \pm 9.11	
Escar da						
D1+F	6.0 \pm 0.91	4.2 \pm 1.31	7.0 \pm 1.29	10.2 \pm 1.11	11.7 \pm 1.08	0.0232
D1-F	6.7 \pm 1.25	4.5 \pm 1.19	3.7 \pm 0.48	6.5 \pm 0.64	8.2 \pm 0.48	
D2+F	6.2 \pm 0.47	6.5 \pm 0.29	5.7 \pm 1.31	7.2 \pm 1.43	9.0 \pm 1.78	
D2-F	4.2 \pm 0.85	4.2 \pm 0.94	3.5 \pm 0.29	5.7 \pm 0.63	6.2 \pm 0.85	
Hoyado						
D1+F	7.5 \pm 0.64	12.0 \pm 2.00	7.75 \pm 1.25	9.5 \pm 0.87	23.7 \pm 3.75	0.3202
D1-F	8.7 \pm 1.10	8.7 \pm 1.89	8.7 \pm 0.47	20.0 \pm 4.56	33.7 \pm 5.54	
D2+F	9.0 \pm 2.16	4.2 \pm 0.48	5.2 \pm 0.63	12.2 \pm 2.25	26.2 \pm 5.54	
D2-F	8.5 \pm 0.50	5.0 \pm 0.71	10.0 \pm 2.38	14.0 \pm 3.81	27.5 \pm 7.22	

D1 y D2 = plantas sembradas a 35 y 50 cm dentro del surco, respectivamente. +F: con fertilización (en kg/ha: 50 P₂O₅, 50 K₂O, 20 Mg₂SO₄); y, -F: sin fertilización.

*P: Nivel de probabilidad del análisis de varianza.

Cuadro 5. Cambios en el suelo con el uso de *Arachis pinto* a 16 meses postsiembra.

Factores del suelo	Inicio	Final	Diferencia
Materia orgánica (%)	2.2	2.0	- 0.20
Nitrógeno (Kg/ha)	8.9	28	+ 19.1
Fósforo (Kg/ha)	6.0	40	+ 34
Potasio (Kg/ha)	86	301	+ 215
pH	5.0	5.8	+ 0.8

Discusión

Primer experimento

El número de plantas para los tres ecotipos, a 12 semanas fue menor (en promedio), en comparación con lo encontrado por Castillo [2003], en uno de tres experimentos con *Arachis pintoii* en pasturas nativas de esta misma región. Este autor observó que Ap 17434 presentó, a ese tiempo, más de 10 plantas/m², usando material vegetativo sembrado en terreno donde la vegetación fue controlada con machete o herbicida, con o sin quema del material muerto y fertilizado o no con P. El menor número de plantas encontrado aquí pudo deberse, en parte, a que el mes siguiente a la siembra (mayo) fue relativamente seco (< 50 mm), afectando, consecuentemente, la emergencia de plantas. En el experimento de Castillo (2003) el periodo de crecimiento inmediato a la siembra contó con mayor humedad (> 150 mm).

Por otra parte, parece ser que los ecotipos aquí evaluados muestran —en las primeras etapas de establecimiento— cierta tendencia de crecimiento erecto. El experimento de Castillo (2003) indicó un rango de 14.4 a 21.0 cm, a 12 semanas postsiembra, independientemente de los tratamientos aplicados.

Respecto a *Cobertura*, los valores de R² indicaron buen poder de predicción para las condiciones ambientales presentes durante el estudio. Ningún modelo predijo una cobertura máxima del 100%, porque el tiempo de medición fue de sólo 24 semanas, ya que en monocultivos de *A. pintoii* bajo cítricos, se ha logrado observar hasta 100% después de los 10-12 meses de establecimiento [Pérez-Jiménez *et al.*, 1996].

En Colombia, Rincón y Orduz [1994], evaluaron en cítricos estos mismos ecotipos, además del 22160; y encontraron, 8 meses después, que Ap 17434 fue muy inferior en cobertura (32%) en comparación con los restantes (73% en promedio). En pasturas nativas, Castillo (2003) encontró en otro experimento con Ap 17434 que su establecimiento fue todavía más lento, ya que la accesión, sembrada con labranza cero o reducida y con o sin fertilización (P, K, Mg, Ca, Zn, Cu y B), necesitó de 20 a 21 semanas para alcanzar el 50% de cobertura.

La menor velocidad de cobertura del terreno por parte de la accesión 17434 fue también confirmada por [Pérez-Jiménez *et al.*, 1996] en un trabajo desarrollado en esta misma región, al compararla con cuatro especies de leguminosas (*Desmodium ovalifolium*, *Neonotonia wightii*, *Pueraria phaseoloides* y *Stizolobium deerigianum*) asociadas a cítricos. Allí se registró que la accesión 17434 alcanzó, a los 6 meses postsiembra, 77% de cobertura, siendo superior a las restantes especies evaluadas; pero ese valor es menor a lo reportado aquí para los ecotipos 18744 y 18748. Esa lentitud en el establecimiento ha sido también reportada en Costa Rica por Granstedt y Rodrí-

guez [1996] al asociarla en plantaciones de plátano. Ellos mencionaron que el establecimiento puede tardar hasta nueve meses y, probablemente, debería sembrarse tres meses después. También en Brasil, Valentim *et al.* [2003] encontraron que esta accesión fue más lenta para establecerse al compararla a 170 días postsiembra (86% cobertura), con otros ecotipos de *A. pintoi* (cultivar Belmonte y Ap 65: 96% y 89 de cobertura, respectivamente).

Por otra parte, los ecotipos establecidos por semilla presentaron una mayor velocidad de cobertura; sin embargo, estas diferencias en la velocidad de establecimiento tienden a desaparecer conforme transcurre el tiempo.

Segundo experimento

Las coberturas obtenidas con rastreado del terreno, con plantas sembradas cada 35 cm a lo largo del surco, y con o sin fertilización se consideran aceptables y son superiores a las reportadas por Staver [1996] para Ap 18748, en plantaciones de café de Nicaragua para densidades de siembra altas con material vegetativo (franjas de 3.3 m de ancho con hileras a 50 cm) y tres deshierbes en los primeros 90 días. Este autor reportó que a 158 días postsiembra, la leguminosa superó el 60% de cobertura del terreno. En Brasil, Perin *et al.* (2003), evaluaron *A. pintoi* a las densidades de siembra de 8 y 16 plantas/m lineal, alcanzando una cobertura de 50% a 84 y 68 días postsiembra, respectivamente; independientemente de que la separación entre surcos fue de 25 o 50 cm. Los porcentajes anteriores indican un comportamiento superior bajo esas condiciones que lo aquí encontrado, lo cual se explica por la mayor densidad de siembra empleada por los autores mencionados.

Aunque no se evaluó el efecto del sombreado que pudo ejercer la asociación de cítrico-café y su marco de siembra sobre *Arachis pintoi*, es conocido que esta leguminosa tolera ampliamente la sombra [Fisher y Cruz, 1994; Andrade y Valentim, 1999].

Respecto a los cambios detectados en las propiedades del suelo, el aumento en la concentración de N podría atribuirse a una transferencia al suelo de este elemento presente en la hojarasca de *Arachis pintoi* por efecto de descomposición de la misma. Al respecto, Tomas y Azakawa [1993] estimaron la descomposición de hojarasca de gramíneas y leguminosas, entre las que se encontraba *A. pintoi*. Ellos encontraron que la descomposición de la materia orgánica y nitrógeno de hojarasca de esta leguminosa, junto con la de *Stylosanthes capitata*, descomponía más rápido que las restantes especies en estudio, aunque las cantidades liberadas de P, K, Ca y Mg fueron similares entre gramíneas y leguminosas. Staver [1996], trabajando con Ap 18748 o *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 asociados a café no encontró diferencias para ninguna leguminosa en N, P y K del suelo a tres años después del establecimiento; a diferencia de Johns [1994], quien en Australia, en cultivo de plátano (asociado o no), con

Arachis pinto encontró después de 5.5 años, incrementos importantes en la asociación, en términos de materia orgánica (3.94 vs 3.71%), N (0.42 vs 0.39%); el K, Ca, Mg y Na se incrementaron hasta en 52, 26, 43 y 23%, respectivamente.

Al comparar estos gastos con el manejo tradicional de control de malezas en huertas cítricas, se encontró que los costos para estas últimas eran alrededor de 222 USD por año. Estimaciones económicas en plantaciones de café en Nicaragua, realizadas por Staver [1996] mencionan que los costos relativos (%) en el establecimiento y mantenimiento de las asociaciones fueron más altos en los primeros dos años, en comparación con el control tradicional de malezas, pero en ese tiempo el uso de herbicidas fue menor entre 30-50%. Los costos de establecimiento reportados en tres experimentos por Castillo [2003] cayeron en un rango de 282 a 623 USD (al tipo de cambio del año 2001) en función de los insumos aplicados. Aunque el gasto para el establecimiento de *Arachis pinto* es mayor, éste se recupera en un año y medio o dos (aproximadamente), con la ventaja de contar con una especie de alta competitividad para control de malezas y su prolongada persistencia en el terreno, además de los aportes de nutrientes al suelo como beneficio adicional.

Conclusiones

Arachis pinto es una leguminosa promisoría para asociarla como cobertera en plantaciones cítricas y otros cultivos de alto valor comercial como plátano, piña, café y papaya.

Para el caso del primer experimento, los ecotipos Ap CIAT 18744 y 18748 representan, para la zona cítrica de Veracruz, una mejor opción en comparación con Ap CIAT 17434, debido a la lentitud de esta para cubrir el terreno.

Respecto al segundo experimento, la preparación media del terreno (rastreado), mostró ser el mejor tratamiento para la siembra de la leguminosa, pero los costos de establecimiento variarán en función de los insumos aplicados; sin embargo, una cobertura de largo plazo absorberá tales gastos, convirtiendo esta alternativa en una redituable inversión.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los señores José Camacho Ojeda y Reyes Núñez Ocampo por las facilidades otorgadas para la realización de los experimentos 1 y 2, respectivamente, en las fincas comerciales de su propiedad.

Literatura citada

- Andrade, C.M.S. y Valentim, J.F. 1999. *Adaptacao, produtividade e persistencia de Arachis pintoi submetido a diferentes níveis de sombreamento*. Rev. Bras. Zoot. 28 (3):439-445.
- Azakawa, N.M. y Ramírez, C.A.R. 1989. *Metodología para la inoculación y siembra de Arachis pintoi*. Pasturas Tropicales. 11(1):24-26.
- Castillo, G.E. 2003. *Improving a native pasture with the legume Arachis pintoi in the humid tropics of México*. PhD thesis. Wageningen University, The Netherlands. 157 pp.
- Clement, C.R. and Defrank, J. 1998. The use of ground covers during the establishment of heart-of-palm plantations in Hawaii. Hort. 33(5):814-815.
- Curti-Díaz, S.A.; Díaz-Zorrilla, U.; Loredó-Salazar, X.; Sandoval, R.; Pastrana-Aponte, L. y Rodríguez-Cuevas, C. 1998. *Manual de producción de naranja para Veracruz y Tabasco*. Libro técnico No. 2. CIRGOC- INIFAP-SAGAR. Veracruz, México. 175 pp.
- Curti-Díaz, S.A.; Loredó-Salazar, X.; Díaz-Zorrilla, U.; Sandoval, R. y Hernández, J. 2000. *Tecnología para producir limón Persa*. Libro técnico No. 8. CIRGOC- INIFAP-SAGAR. Veracruz, México. 144 pp.
- Domínguez, J. A. 1990. *Leguminosas de cobertura en cacao (Theobroma cacao L.) y pejíbaye (Bactris gasipaes HBK)*. Tesis Mag. Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica. 85 pp.
- Dwyer, G. T. 1989. *Pinto's peanut: a ground cover for orchards*. Qld. Agric. J. (May-June):153-154.
- Fisher, M. and Cruz, P. 1994. *Some ecophysiological aspects of Arachis pintoi*. 53-70. In: Biology and Agronomy of Forage *Arachis pintoi* (P.C. Kerridge and B. Hardy, eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. CIAT publication 240.
- Garnstedt, R. y Rodríguez, A.M. 1996. *Establecimiento de Arachis pintoi como cultivo de cobertura en plantaciones de banano*. 184-187. En: Experiencias regionales con *Arachis pintoi* y planes futuros de investigación y promoción de la especie en México, Centroamérica y el Caribe. (P. Argel y A. Ramírez, eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Documento de trabajo no. 159.
- Johns, G. G. 1994. *Effect of Arachis pintoi groundcover on performance of bananas in northern New South Wales*. Aust. J. Exp. Agric. 34:1197-1204.
- Pérez-Jiménez, S.C.; Castillo, E.; Escalona, M.A.; Valles, B. y Jarillo, J. 1996. *Evaluación de Arachis pintoi CIAT 17434 en una plantación de naranja var. Valencia*. 188-193. En: Experiencias regionales con *Arachis pintoi* y planes futuros de investigación y promoción de la especie en México, Centroamérica y el Caribe. (P. Argel y A. Ramírez, eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Documento de trabajo No. 159.
- Perin, A.; Guerra, J. G. M. y Texeira, M. G. 2003. *Soil coverage and nutrient accumulation by pinto peanut*. Pesq. Agropec. Bras., 2003(38)7: 791-796.
- Rincón, A.C. y Orduz, J.O. 2004. Usos alternativos de *Arachis pintoi*: Ecotipos promisorios como cobertura de suelos en el cultivo de cítricos. Pasturas Tropicales. 26(2):2-8.
- SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), 1997. *Sigma Plot for Windows*. Version 4.00. SPSS Inc. Chicago, Ill.
- Staver, C. 1996. *Arachis pintoi como cobertura en el cultivo del café: Resultados de investigación y experiencias con productores en Nicaragua*. 150-170. Experiencias regionales con *Arachis pintoi* y planes futuros de investigación y promoción de la especie en México, Centroamérica y el Caribe. (P. Argel y A. Ramírez, eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Documento de trabajo No. 159.

- Thomas, R. J., and Asakawa, N. M. 1993. *Decomposition of leaf-litter from tropical forage grasses and legumes*. Soil. Biol. Biochem. 25:1351-1361.
- Valentim, J.F.; Andrade, C.M.; Mendonca, H.A. y Lima F.M.S. 2003. *Speed of establishment of accessions of forage peanut in the Western Amazon*. R. Bras. Zootec. (32)6:1569-1577.
- Zelada, E. y Ibrahim, M. 1996. *Efecto de diferentes niveles de sombra sobre la morfología, fenología y nodulación del Arachis pintoi*. 1996. Memorias XVIII Reunión Latinoamericana de Rhizobiología (eds.: J. Pijnenborg, D. Ruiz, V. Sila). ALAR. Santa Cruz, Bolivia.

Recibido: Diciembre 15, 2005

Aceptado: Abril 04, 2006

Indicaciones 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 tópico 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, anotadas 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.

Criterios para la presentación de originales

1. La revista acepta trabajos en español o inglés, en el cual deberá presentarse un resumen no mayor de 250 palabras en inglés y español, así como un máximo de 12 cuartillas por artículo (incluido resumen y literatura citada).

2. Deberán enviar el original vía Internet al correo electrónico: revaia@cgic.ucol.mx, así como diskette de 3½ pulgadas y/o disco CD-ROM al domicilio de AIA; en ambos casos observando las siguientes características: en procesador de palabras *Word*, con tipografía Times New Roman 12 puntos, a espacio sencillo. 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 características de diseño al texto, ni manipular fuentes o tamaños en forma manual). Igualmente, adjuntarán tanto vía electrónica como en diskette o disco CD-ROM, una carta de aceptación de la publicación del texto inédito, cediendo así, los derechos de dicha publicación a AIA, así como responsabilizándose del contenido de su artículo. De preferencia deberá ser rubricado por el autor principal.

3. El Comité Editorial se reserva los derechos para la selección y publicación de los mismos.

4. El título de toda comunicación deberá ser tan corto como sea posible, siempre que contenga las palabras clave del trabajo, de manera que permita identificar la naturaleza y contenido de éste, aun cuando se publique en citas e índices bibliográficos. No se deben utilizar abreviaturas en el texto, a excepción de aquellas que se indiquen con paréntesis en la primera cita que se presente en el cuerpo del mismo. A continuación del título irá el nombre del autor(es).

5. En la redacción se respetarán las normas internacionales del *Comité Internacional para las Revistas Médicas*, relativas a las abreviaturas, o seguir la norma de los artículos publicados en *Avances en Investigación Agropecuaria* (AIA), tales como: literatura citada, símbolos, nomenclatura anatómica, zoológica, botánica, química, a la transliteración terminológica, sistemas de unidades, etcétera.

6. Todo trabajo se dividirá en las siguientes secciones:

- Título (en español e inglés, no mayor de 15 palabras)
- Autores (indispensable: el domicilio físico de la institución de donde provenga el autor, así como el correo electrónico del autor y el institucional)
- Resumen en español (un máximo de 250 palabras)

- *Abstract* (en inglés)
- Palabras clave (no incluidas en el título)
- Introducción (concisa, planteando los objetivos)
- Materiales y métodos (breve, pero con los detalles que permitan reproducir las experiencias)
- Resultados
- Discusión
- Conclusiones
- Literatura citada
- Cuadros, 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” o “.jpg”.

En el caso de las fotografías (digitalizadas), deberán estar insertadas con claridad, con una resolución mínima de 300 ppp, en formato “.tif”, las cuales quedarán impresas en blanco y negro.

Los cuadros y gráficas deben trabajarse en *Excel* y enviarse también por separado, además de las insertadas en el texto, e igualmente numeradas. En el caso de las gráficas, preferentemente serán en blanco y negro o con tonalidades grises.

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 plecostachyus) utilizando dos niveles de carga y de suplementación*. Av. de Inv. 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 pp.

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

Se anotarán igual que las publicaciones periódicas, señalándolo en particular el nivel, licenciatura, 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 de licenciatura. 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, etcétera) 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 pp.

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. y 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 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
μ g	Microgramo (s)
μ l	Microlitro (s)
μ m	Micrómetro (s) micra (s)
mg	Miligramo (s)
ml	Mililitro (s)
mm	Milímetro (s)
min	Minuto (s)
ng	Nanogramo (s)
P	Probabilidad (estadística)
Pág.	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 en su área de especialidad, nacionales y 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.

**IV Congreso Latinoamericano de
Agroforestería para la Producción
Pecuaria Sostenible**



Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”
Instituto de Ciencia Animal
Instituto de Ganadería Tropical
Instituto de Investigaciones Forestales



AIA



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

**Revista de
investigación y
difusión científica
agropecuaria**

Nombre del suscriptor(a): _____

Teléfono(s): _____

(incluye clave de larga distancia)

Domicilio de entrega de la revista:

Calle y número: _____

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

Localidad: _____

Correo electrónico: _____

Estado: _____

Suscripción anual:
(incluye gastos de envío: correo)

| | _____

Individual \$ 300.00 60.00 USD

País: _____

Institucional \$ 1,000.00 120.00 USD

Código Postal: _____

Depósito en: **Banco SANTANDER – SFRFÍN**

A nombre de: **Rev. AIA - Universidad de Colima**

Cuenta: No. **51500598691**

TRANSMITA COPIA DEL DEPÓSITO POR CUALQUIERA DE ESTAS VÍAS:

- Fax (al teléfono): **01 (312) 312 75 81**

- Correo electrónico (en forma escaneada): **revaia@cgric.ucol.mx**

- Correo postal: **Av. Gonzalo de Sandoval 444, Col. Las Viboras, Colima, Col., México CP 28045 A P 22**

