

**Impact of pasture management on  
natural fertility and soil sustainability**

Senra, A. / 3-15

**Proposal of environmental indicators  
of sustainability for ruminant pastoral production systems**

Nahed, T. J.; Mena, Y.; Ruiz, F. A.; Castel, J. M. y Plascencia, V. H. / 17-23

**Chemical-nutritional characterization of leguminous fodder and  
other botanic families using descriptive and multivariate analysis**

García, D. E.; Medina, M. G.; Moratinos, P.;  
Cova, L. J.; Torres, A.; Santos, O. y Perdomo, D. / 25-39

**Effect of *Beauveria bassiana*, *Beauveria brongniartii* and gas oil  
application on house fly control in poultry sheds**

Cova, L. J.; Scorza, J. V.; García, D. E.; Cañizales, L. M.; Guedez, C. C.;  
Avendaño, M. L. y Medina, M. G. / 41-53

**Compensatory growth in tilapia *Oreochromis niloticus*,  
after a period of feeding with banana flour**

Delgado-Vidal, F. K.; Gallardo-Collí, A.;  
Cuevas-Pérez, L. y García-Ulloa, M. / 55-70

## Editorial

---

Este editorial tiene por objetivo reflexionar sobre las redes como eje de colaboración en un mundo globalizado. Muestra de este fenómeno son las redes de confianza que han enmarcado la labor que durante ya seis años hemos creado en Rev. AIA; en primer término, con los colegas que han confiado en la revista para la publicación de sus trabajos de investigación, así como de aquellos que participan como árbitros, independientemente de la labor colectiva realizada para la propia edición en general.

Debo mencionar que las redes a las que me refiero son aquellas que permiten incrementar el trabajo científico —entendido éste como la relación entre pares académicos interesados en un determinado objeto de investigación—; lo cual es visto como una oportunidad de mejorar su producción y productividad, no sólo entre investigadores y académicos, sino entre las propias instituciones en las cuales nos desempeñamos; por lo tanto, ello hace que se potencialicen y optimicen los recursos tanto humanos, materiales como financieros. Y esto, definitivamente nos impulsa y mejora al tener una línea de investigación conjunta, desarrollada dentro de una institución formal enfocada a esta actividad. El vínculo se establece para lograr resultados que permitan el avance científico, social, tecnológico e innovador en cualquier área del conocimiento humano; en nuestro caso, en las ciencias agropecuarias y su amplio espectro que la conforman.

Estas redes de colaboración cada vez son más fáciles de establecer; sin embargo, es prudente precisar aspectos de cordialidad recíproca, dado que la integración de individuos o de grupos de trabajo, conlleva el apego a la ética, a la concordia, a la búsqueda de la verdad, máxime en países como el nuestro, en donde la tradición científica va en continuo ascenso.

El enfoque de estas redes inicia con la disciplinarietà, aunque —en la medida de lo posible— se propicia también la inter, multi, e inclusive, la transdisciplinarietà; ello va a depender del tema, del problema a resolver, de los paradigmas a superar por la comunidad. Asimismo, a través de la modificación de una educación individualista para buscar el beneficio de grupo, con apego al respeto y a la tolerancia en la pluralidad de las ideas.

En este sentido, es necesario resaltar propuestas como la de *RedZoot* (Red de Revistas Latinas de Zootencia) de la cual, como se recordará, en nuestra edición número 1 del cuatrimestre enero-abril de 2008, dedicamos un editorial exclusivo en el momento de su conformación. Ésta ya da muestras de integración y crecimiento; prueba de ello es la puesta en marcha de su portal ([www.uco.es/redzoot](http://www.uco.es/redzoot)), del cual nos

sentimos orgullosos de ser miembros **fundadores**. Y, por supuesto, de que se hayan continuado los trabajos a través de la II Reunión realizada en mayo de este año en Portugal.

También debemos señalar el trabajo desarrollado por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) como una entidad integradora del trabajo colectivo, en donde —a través de la conformación de redes temáticas o de proyectos de investigación consorciados— permiten el acercamiento de los científicos, creando nuevos espacios y oportunidades para la ciencia en nuestros países. Igualmente, fomentando el trabajo colectivo y la posibilidad del desarrollo de propuestas a largo plazo, según sea la creatividad y capacidad de sus integrantes.

Asimismo, y no de menor importancia, es el trabajo que se puede desarrollar en el país, para que las fortalezas de cada participante permitan incrementar las posibilidades de éxito y se logren minimizar las debilidades de cada uno. En este sentido, tenemos que aprender más todavía a trabajar en equipo; esto también aplica para la región, el estado o la institución pública o privada de investigación, sobre todo si nos encontramos ante una cultura de sacarle jugo a las piedras ante esta crisis económica; esto nos obliga a que debemos propiciar nuevas estrategias ante añejos problemas, como el de la falta de presupuesto o la eterna promesa de incrementar los recursos para ciencia y tecnología en nuestro país.

Indudablemente, las nuevas tecnologías facilitan el acercamiento entre individuos; por ello, los mejores logros están aún por darse, ante esta no precisamente reciente forma de trabajo, pero sí renovada, ampliada y versátil manera de aproximarnos entre los individuos y las instituciones. Los caminos están trazados ya, sólo nos falta empezar a transitarlos con la seguridad que ameritan.

**José Manuel Palma García**

Director, Rev. AIA

# Impacto del manejo del ecosistema del pastizal en la fertilidad natural y sostenibilidad del suelo

---

## Impact of pasture management on natural fertility and soil sustainability

**Senra, A.**

Instituto de Ciencia Animal (ICA).  
Apartado 24, San José de Las Lajas, La Habana, Cuba.

Correspondencia: [asenra@ica.co.cu](mailto:asenra@ica.co.cu)

▼ Artículo invitado

### Resumen

Sobre la base de resultados, principalmente de Cuba, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el impacto del manejo del ecosistema del pastizal, en condiciones del trópico estacional —en sistemas de explotación bovina— para conocer sus efectos en la sostenibilidad y eficiencia del pastizal y el suelo. Se discute el efecto del manejo del pastizal en la compactación, y el escurrimiento e infiltración del agua, así como la erosión pluvial de los suelos. Se señalan los impactos positivos de la inclusión de los árboles multipropósito en los pastizales y sus efectos en disminuir las radiaciones solares y evaporación en el suelo, así como suavizar el ambiente. Se indican índices fundamentales para el control sistemático de la sostenibilidad y eficiencia en los sistemas de explotación bovina con base de pastos; se enfatiza el papel decisivo del hombre en garantizar adecuadas tecnologías de manejo y su ajuste a las condiciones de explotación. Se llega a conclusiones y recomendaciones que podrán ayudar a la recuperación, sostenibilidad y eficiencia de la ganadería en nuestras condiciones.

### Abstract

According to the results of studies carried out, mainly in Cuba, the objective of this work is to examine the impact of the pastoral bovine ecosystems, in seasonal tropical conditions, to know its effects on natural soil fertility and sustainability. Different aspects of the effect of pastoral management on soil are discussed, like compactness, soil run-off, infiltration capacity of rain water and soil losses due to pluvial erosion. The positive impacts of including multipurpose tree species in pastoral systems are noted such as the effects on the decrease of sun radiation, soil evaporation and climate rigors. A series of fundamental indicators for the systematic control of sustainability and efficiency in cattle production based on pasture, are provided. The essential role of man to guarantee appropriate management technologies is emphasized. Conclusions are provided which could be of help in the recovery, sustainability and efficiency of cattle production under our current conditions.

**Palabras clave**

Ganadería bovina, árboles, suelo, erosión, indicadores.

**Key words**

Livestock, trees, soil, erosion, indicators.

## Introducción

Se acepta que el mal manejo del ecosistema del pastizal es una de las causas fundamentales de la degradación de los pastos y el suelo, lo que conduce a una baja eficiencia en los sistemas de explotación de bovinos basados en pastoreo, que incluye la insostenibilidad del rebaño. En estos resultados tiene un peso importante la aplicación de estrategias que no se corresponden con las condiciones climáticas y socioeconómicas de Cuba y la mayor parte de nuestra región, donde el uso de tecnologías con altos insumos externos demuestra una gran insostenibilidad.

Entre estas deficiencias estratégicas, está el haber priorizado la recuperación de los pastizales mediante la siembra de grandes áreas para reposición de especies de pastos de aceptación general por los ganaderos, en lugar de priorizar el mejor manejo en su explotación (aplicación de los principios esenciales de manejo), que incluya los controles sistemáticos de índices fundamentales de sostenibilidad para el mejor ajuste de las tecnologías a nuestras condiciones [Senra, 2007].

Sin embargo, se ha avanzado en algunos aspectos ventajosos del manejo del ecosistema del pastizal, como es la introducción de especies de pastos y forrajes de ciclo largo, como el King grass Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum sp.*) para pastoreo, y la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), para corte. Asimismo, es fundamental la incorporación de plantas arbóreas y arbustivas en áreas de pastoreo como alternativa tecnológica que contribuirá significativamente a mejorar la producción bovina, disminuyendo o evitando el impacto negativo ambiental en los sistemas donde se desarrolla.

La estrategia de incorporar los árboles en los pastizales (Sistemas silvopastoriles), aporta beneficios directos e indirectos, esenciales para el desarrollo sostenible, principalmente, por sus relaciones recíprocas con los sistemas de producción, especialmente por proteger y recuperar la fertilidad del suelo y la calidad de las aguas, así como suavizar los rigores del clima, entre otros.

De acuerdo con Renda [2006], se le da mayor importancia a continuar desarrollando, de manera sostenible, la aplicación de técnicas agroforestales con énfasis en los sistemas silvopastoriles, para revertir los problemas de degradación de los suelos de las áreas ganaderas que ocupan el 38.7% de la superficie agrícola, aumentar el índice de boscosidad y disminuir la erosión y el escurrimiento pluvial.

El objetivo de este artículo es señalar el impacto de algunos aspectos de manejo estratégico que, al mismo tiempo, mejorarían la recuperación y eficiencia de los pastizales y suelos de la ganadería bovina, así como la conservación de las aguas.

### *Base metodológica*

El análisis se desarrolló sobre la base de resultados de la aplicación de principios de pastoreo y estrategias del manejo del ecosistema del pastizal, como lo es la introducción de los árboles en la ganadería (silvopastoreo), y su efecto en el suelo y la sostenibilidad de los sistemas de explotación de bovinos [Ruiz *et al.*, 2004; Senra, 2005; 2006; 2008; Palma, 2005; Iglesias *et al.*, 2006; Renda, 2006].

### *Conceptos e impactos fundamentales del manejo estratégico para la sostenibilidad del ecosistema del pastizal*

Una de las causas fundamentales de la baja productividad del ganado de la región se relaciona con la baja calidad de los pastizales y su alto nivel de degradación que se relaciona, de acuerdo con Senra *et al.* [2005], con no aplicar algunos principios fundamentales, novedosos y ajustados adecuadamente, en un método de pastoreo eficiente y sostenible en el trópico estacional, sin riego. Se considera que un pasto está degradado cuando la especie deseable pierde su vigor y capacidad productiva por unidad de área y por animal, la cual se reemplaza por especies de escaso rendimiento y valor nutritivo, así como áreas despobladas [Padilla y Sardiñas, 2005].

En cuencas ganaderas de Centro América, se estima que entre 50 y 80% de las pasturas están degradadas, las que sólo promedian una carga animal inferior al 40%, con relación a pasturas que reciben adecuado manejo [CATIE, 2002].

En un estudio realizado por Betancourt *et al.* [2007], en Petén, Guatemala, se evaluó el impacto biológico y económico de la degradación de las pasturas, en los sistemas bovinos de doble propósito a través de mediciones directas en el campo, estimaciones de áreas basadas en sistemas de información geográfica (SIG) y aplicación de métodos que permitan simular la respuesta animal basada en las variaciones de disponibilidad y la calidad del forraje durante el año. Se encontró que el rendimiento de leche por vaca disminuyó en 7-34%, cuando la degradación del pastizal se incrementó de ligera a muy severa, y los valores equivalentes para la producción de carne fueron 13-43%. Se estima que, debido a la degradación de los pastos, la zona piloto del estudio está perdiendo hasta 3.4 millones de dólares por año en productos animales, en sus 41,695 hectáreas de pastos, alrededor de US\$ 82.50 por hectárea por año.

Dias-Filho [2003] planteó que, para analizar el concepto de degradación de pastizales, se debe conocer que se inicia con la degradación agrícola, donde se producen

cambios en la composición botánica con incremento del porcentaje de especies indeseables y disminuye la producción de biomasa de las especies de mayor valor nutritivo, para posteriormente ocurrir una degradación biológica que se caracteriza por una drástica reducción de la biomasa y pérdida de la cubierta vegetal.

En los pastizales, el mal manejo que representa emplear una alta carga por encima de la capacidad de carga del sistema [Crespo y Rodríguez, 2000], provoca cambios en el microclima del suelo, que se manifiesta por un aumento de la temperatura y una disminución de la humedad, lo cual produce una reducción de la hojarasca, masa verde y raíces. Esta alta utilización del pasto por el ganado puede remover hasta 80-90% del pasto (insuficiente cobertura vegetal del suelo); pero en condiciones adecuadas de manejo, la utilización suele ser menor (50-70%), lo cual permite importantes volúmenes de hojarasca. En el cuadro 1 se muestran valores de hojarasca en un pastizal de *C. nlemfuensis*, con tres intensidades de pastoreo, donde la menor intensidad de pastoreo garantizó una mayor acumulación de hojarasca, para un mejor reciclaje de nutrientes y beneficios al suelo.

Cuadro 1. Efecto de la intensidad de pastoreo en la hojarasca acumulada en un pastizal de *C. nlemfuensis*.

<i>Intensidad de pastoreo</i> <i>UGM/ha/día</i>	<i>Hojarasca acumulada</i> <i>t M/ha /año</i>
450	1.35
300	1.45
150	2.26

Se acepta que la falta de cobertura vegetal del suelo, en las áreas de pastoreo, determina efectos negativos como consecuencia de la mayor compactación, así como por efectos erosivos de las gotas de lluvias sobre el suelo y el escurrimiento, unido a la erosión eólica, la alta evaporación y temperatura del suelo.

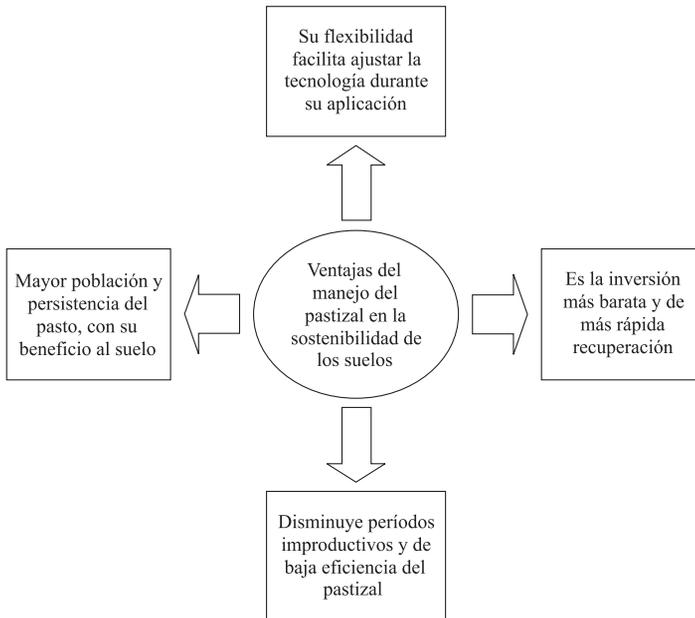
De acuerdo con Renda [2006], en la ganadería, cuando se degradan los suelos por compactación de la capa superior, el nivel de materia orgánica se reduce y se destruye la estructura y su estabilidad, ya que favorece el escurrimiento superficial y, consecuentemente, los procesos erosivos, lo que hace insostenible la producción ganadera.

La degradación, en lo referente al ecosistema del pastizal, requiere precisar si se trata de la degradación del pasto y el suelo integralmente, ya que es posible que el pasto se degrade; pero el suelo aún no ha sufrido las consecuencias del mal manejo del pasto

[Senra, 2008], lo que se podría evitar mediante la aplicación de medidas adecuadas. Precisamente, Dias-Filho [2005] propuso un modelo teórico, simplificado, para describir el proceso de degradación de las pasturas, con disminución de la cobertura vegetal a medida que aumenta la degradación, lo que determina un incremento del porcentaje de suelo desnudo y de los efectos erosivos, principalmente cuando la degradación es de moderada a muy severa, lo que determinaría daños severos en el ecosistema.

En la gráfica 1, se resumen las ventajas del manejo del pastizal para mejorar su sostenibilidad y la de los suelos, lo que enfatiza la importancia del buen manejo del pastizal como la base fundamental de las medidas que se deben tomar a tiempo para evitar disminuir o recuperar el ecosistema del pastizal de efectos negativos, como la disminución de su capacidad de retención y velocidad de infiltración de las aguas de lluvias, que es lo que provoca la erosión de los suelos en diversos grados.

Figura 1. Ventajas del manejo del pastizal en la sustentabilidad y recuperación de los suelos.



Esto obliga a aplicar los principios de manejo del pastizal de forma que se garantice el equilibrio o sostenibilidad necesaria del sistema de explotación. Se conoce que el alto porcentaje de utilización del pasto determina una menor altura del pasto rechazado, así como disminución de su área foliar, que requerirá del tiempo necesario de reposo para que el pasto recupere sus reservas antes de que se introduzcan de nuevo

los animales en el mismo cuartón o potrero [Voisin, 1963]. De esta forma, se logrará la sostenibilidad adecuada del pasto y el animal en el pastoreo rotacional; pero este manejo no garantizará la sostenibilidad del suelo, si su cobertura vegetal (colchón de hierbas) no es suficiente para evitar o reducir, a límites aceptables, la erosión del suelo (pluvial o eólica), así como los efectos directos de las radiaciones solares sobre el suelo.

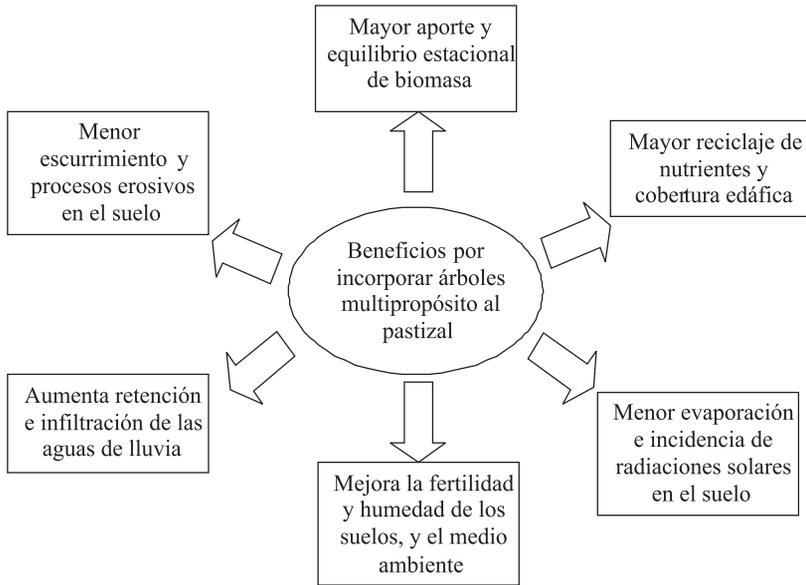
Se demostró que el efecto del buen manejo del pastizal en su persistencia y calidad [Senra *et al.*, 2005; Renda, 2006], se relaciona estrechamente con el mayor rendimiento de materia seca y mayor cobertura herbácea del suelo, con sus beneficios en el incremento de su fertilidad natural y disminución del escurrimiento superficial, con aumento de la retención de agua; sin embargo, no se profundiza suficientemente acerca de los mejores resultados que se obtienen cuando se incluyen los árboles y arbustos, el que es más significativo en países del trópico estacional, en los que es mayor la incidencia de la precipitación y radiaciones solares, principalmente en la época lluviosa.

De acuerdo con Iglesias *et al.* [2006] se demuestra que los sistemas agroforestales constituyen una alternativa importante en la recuperación ganadera, principalmente por el papel decisivo que juega la inclusión del árbol en los sistemas de explotación; señala que los principales resultados en el uso de la agroforestería para la producción animal en Cuba, son: ganancias diarias de peso vivo entre 50 y 600 g en toros jóvenes para engorde, con una producción promedio de alrededor de 800 kg de carne por hectárea anualmente; una producción de leche diaria de 7-10 kg/vaca (9-14 kg/ha), sin suplementos; y ganancias diarias de peso vivo, entre 400 y 525 g en novillas de reemplazo en crecimiento, lo que permite un peso vivo para la reproducción de 290-300 kg a los 20-27 meses de edad, con el uso mínimo de insumos externos al sistema.

La mayor parte de la información de los beneficios de los árboles se refiere a los resultados en producción animal; no obstante, en la gráfica 2 se resume una serie de beneficios adicionales del manejo estratégico de incluir los árboles en el pastizal, que corroboran su importancia en la sostenibilidad y eficiencia en la ganadería.

Esto coloca al árbol como un factor estratégico de manejo, determinante en la sostenibilidad y eficiencia de los pastizales en el trópico estacional, ya que mejora la cobertura vegetal contra la erosión pluvial, así como el equilibrio de la biomasa anual, tanto para el aporte de materia orgánica al suelo, como de alimento animal, y en disminuir la evaporación y el escurrimiento, que es superior en los pastizales desprovistos de árboles [Ruiz *et al.*, 2004; Palma, 2005; Renda, 2006].

Figura 2. Beneficios adicionales de la estrategia de manejo de incorporar los árboles multipropósito al pastizal (silvopastoreo).



El incremento de la materia orgánica es un indicador importante en la fertilidad natural del suelo. Según Calzadilla *et al.* [1993], como resultado de siete años de reforestación y regeneración natural en los cuarterones de silvopastoreo, los suelos se mejoraron considerablemente; el contenido de materia orgánica se elevó de 3.4 a 4.19%; el N asimilable, de 5.8 a 6.2 mg/100g y el P asimilable, de 0.88 a 2.8 mg/ 100g.

Precisamente en la ganadería, cuando se degradan los suelos por compactación de la capa superior, el nivel de materia orgánica se reduce, se destruye la estructura y su estabilidad; por consiguiente, disminuye la capacidad de retención y velocidad de infiltración de las aguas de lluvia, lo que incrementa el escurrimiento y provoca la erosión en diversos grados, que hace insostenible la producción ganadera. En países del Cono Sur latinoamericano, la compactación es la causante de la erosión hídrica en el 57% del total de las áreas degradadas, y el 6 y 9% del deterioro físico y químico, respectivamente [Ago y Kessler, 1996].

Estudios recientes enfatizan el daño provocado en el ecosistema del pastizal por la aplicación de tecnologías que no están en armonía con el ambiente [Iglesias *et al.*, 2006], y sin los controles y ajustes necesarios de sus índices fundamentales de sostenibilidad y eficiencia de estas tecnologías [Senra, 2005], con la consiguiente degradación de los pastos y el suelo, como resultado del mal manejo del ecosistema del pastizal.

Esto sugiere la medición, control y ajuste sistemático de algunos índices fundamentales, lo que es relativamente fácil, ya que algunos se miden, normalmente, en las empresas o fincas pecuarias (cuadro 2).

**Cuadro 2. Índices fundamentales para el control sistemático de la sostenibilidad y eficiencia en los sistemas de explotación bovina con base en datos normalmente medidos en las empresas o fincas pecuarias.**

- *Producción de leche o carne, individual y total.*
- *Índices reproductivos (natalidad, intervalo parto-primer servicio, parto-gestación, parto-parto, % de vacas en ordeño).*
- *Índices de salud (% de mastitis clínica y subclínica, endometritis, mortalidad de terneros y adultos).*
- *En el pastizal (solamente se controlan el orden de rotación y tiempos de reposo y ocupación), cuando se dispone de los cercados necesarios, así como la carga, en número de animales/ha.*
- *Económicos (costos/unidad de producto final, costo/peso invertido, relación/beneficio/costo); pero estos análisis deben ser en forma dinámica, sobre la base del comportamiento de los índices biológicos, y no a partir del incremento de precios subsidiados.*

No obstante, en el cuadro 3, aparecen otros índices que se deben incluir en los análisis; pero que, normalmente, no se miden ni analizan a pesar de su importancia para la recuperación de la ganadería en el trópico. Esto permitirá al productor detectar los problemas a tiempo, para aplicar las medidas necesarias que mantengan estos índices dentro de los rangos adecuados de sostenibilidad y eficiencia del ecosistema del pastizal y garantizar un impacto productivo final positivo.

### Cuadro 3. Índices fundamentales para el control sistemático de la sostenibilidad y eficiencia en los sistemas de explotación bovina con base en datos que normalmente no se miden en las empresas o fincas pecuarias.

- *Curva de Potencial Mínimo de producción de leche, relativo a las condiciones concretas de la empresa o finca pecuaria.*
- *Condición corporal (método de los cinco puntos).*
- *Peso Vivo, estimado por básculas o medidas antropométricas.*
- *Ganancia diaria de peso vivo en ganado de carne.*
- *En el pastizal (disponibilidad por animal, por el método práctico visual; presión de pastoreo, en cantidad de hierba por unidad de peso vivo; curva de rendimiento anual, por mes; dinámica de composición botánica, por años, por el método de los pasos, en la misma época del año).*
- *En el suelo (erosión fluvial y eólica, por el método visual; fertilidad natural, por el conteo de coprolitos y análisis de la materia orgánica y el pH; compactación, por el penetrómetro).*

El que no se garantizara por el productor, la medición, control y ajuste sistemático del manejo del pastizal, determinó el incremento de siembras de reposición, generalmente, de especies valiosas sometidas al mal manejo durante su explotación, lo que se considera una estrategia incorrecta en nuestras condiciones [Senra, 2007]; además, el efecto en la degradación del suelo, por las labores excesivas de preparación para estas siembras (alrededor del 50% de mala calidad) fue mayor por la falta de cobertura herbácea y arbórea protectora del suelo, determinada por el deterioro del pastizal.

Esto indica que el factor hombre es fundamental para garantizar el manejo y estrategia adecuada para la recuperación y sostenibilidad de los pastizales y el suelo, que coincide con González [2004], quien señaló algunos factores socio-psicológicos que influyen en la difusión y adopción de tecnologías, como son: la motivación, la comunicación, el liderazgo y las características personales, que se obvian en muchas ocasiones.

Uno de los factores decisivos, en este caso, es la capacitación del productor, tanto en conocimientos, como en habilidades, adquiridas en cursos bien elaborados, o resultado de su experiencia que, unido a su dedicación y disciplina, sean la base fundamental para que juegue el papel que le corresponde [Aguiar *et al.*, 2005]. Esto facilitará que se cumplan los demás aspectos que se abordan en este artículo, para alcanzar la sostenibilidad y eficiencia adecuada en la ganadería.

Por supuesto que el incremento de las siembras de pastos y forrajes, como estrategia fundamental para la reposición de pastizales deteriorados por el mal manejo, favo-

reció el incremento de la tala de árboles para disponer de suficientes tierras, sin garantizar, tampoco, el manejo que permitiera la conservación del equilibrio en áreas de sistemas, tan frágiles, como los bosques.

Esta fue una tendencia que favoreció a la deforestación. Lo que ocurrió, por ejemplo, en Cuba desde hace siglos, debido principalmente a la necesidad de tierras para el desarrollo de la industria azucarera, que implicó el desmonte de grandes extensiones de suelos cubiertos de especies maderables y frutales, para establecer la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), la ganadería y otros cultivos [Renda, 2006], fenómeno similar observado en otras regiones de Latinoamérica, lo que desencadenó los procesos degradativos en la cobertura edáfica, que sugiere impulsar la reforestación iniciada en 1959, que incluye los árboles en la explotación ganadera, en las diferentes variantes de silvopastoreo.

Esta situación de estados avanzados de degradación del ecosistema del pastizal, se informó por diversos autores [Padilla *et al.*, 2000; Renda, 2006], así como sus graves consecuencias, ya que simultáneamente compromete la sostenibilidad y recuperación de los suelos de la ganadería. Así, Hernández *et al.* [2001] informaron que en la premontaña del Escambray, se registraron pérdidas de suelo por erosión, hasta de 92.5 t/ha/año, en pendientes abruptas, durante la preparación del terreno hasta el establecimiento del pasto, pero hasta 6t/ha/año en pendientes suaves de pastizales. Esto ofrece una idea de las pérdidas que representa, en nuestras condiciones, el exceso de siembras de reposición, lo que se puede evitar mediante una mayor persistencia de los pastizales.

Asimismo, de acuerdo con Renda [2006], resultados de estudios del Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestal, realizados en Cuba, en la década del 70, indicaron que la tasa erosiva en los pastizales —como promedio por aguace-ro— resultó de 41.9 kg/ha, y el coeficiente de escurrimiento superficial de 0.28. Además, que con buen manejo se protege, eficientemente, el pasto de la erosión hídrica, cuando éste cubre toda la superficie y está arbolado de especies multipropósito, en pendientes menores de 20%, ya que el sobrepastoreo intensivo y la degradación del suelo, provoca un aumento del escurrimiento sólido en más de 40 veces.

Un factor determinante en los pastizales del trópico, que tampoco recibe adecuada atención, es la mayor evaporación que se produce en las áreas de pastizales desprovistas de árboles que, de acuerdo con Molina y Manso [1993] y Renda *et al.* [2001], generalmente, es cuatro veces mayor comparada con las áreas ocupadas por la vegetación arbórea (cuadro 4) debido, fundamentalmente, a la presencia de la capa de hojarasca de árboles de especies latifolias, que se acumula en la superficie del suelo. Asimismo, señalan que en los pastizales degradados por el mal manejo, y sin árboles, se presentará una marcada sequía ambiental y edáfica, por el mayor escurrimiento superficial, alta evaporación y muy poco contenido de humedad en la masa de suelo.

**Cuadro 4. Evaporación en bosque mixto de latifolias y en pastizales desprovistos de árboles.**

<i>Cobertura vegetal</i>	<i>Lluvia anual (mm)</i>	<i>Evaporación anual (mm)</i>	<i>Evaporación (mm/día)</i>	<i>% de la lluvia anual</i>
Bosque mixto de latifolias	1290	14.3	0.044	1.2
Pastizal	1290	61.4	0.189	4.6

## Conclusiones

1. La degradación del pastizal se produce por la aplicación de tecnologías y estrategias de manejo que no están en armonía con el ambiente, y sin los controles sistemáticos y ajustes necesarios en sus índices fundamentales de sostenibilidad y eficiencia, con el consiguiente riesgo de degradación del suelo.

2. En los pastizales degradados por el mal manejo, y sin árboles, se presentará una marcada sequía ambiental y edáfica, por el alto escurrimiento y alta evaporación en la superficie del suelo, que son alrededor de cuatro veces mayor que en los bosques.

3. La inclusión del árbol, como factor estratégico de manejo, es determinante en la sostenibilidad y eficiencia de los pastizales en el trópico estacional, ya que mejora la cobertura vegetal, el equilibrio en la biomasa anual, así como disminuye la evaporación, la compactación y el escurrimiento, con una reducción considerable de los procesos erosivos del suelo.

4. El hombre es el factor fundamental para la recuperación del ecosistema del pastizal y mejorar su eficiencia, siempre que tenga suficiente experiencia o adquiera los conocimientos y habilidades necesarias en los temas prioritarios para la aplicación de tecnologías de explotación bovina adecuadas a nuestras condiciones climáticas y socioeconómicas.

## Recomendaciones

1. Introducir los árboles multipropósito en los pastizales (silvopastoreo) en el trópico estacional, ya que mejora la cobertura vegetal contra la erosión fluvial, así como el equilibrio de la biomasa anual, y disminuye la evaporación y el escurrimiento, en comparación con los pastizales desprovistos de árboles.

2. Se deben establecer las mediciones y controles sistemáticos de los índices fundamentales de eficiencia y sostenibilidad del ecosistema del pastizal, para aplicar los

ajustes que permita la alta flexibilidad del manejo, para un impacto final positivo en el pastizal y el suelo.

3. Priorizar la capacitación de los productores, sobre la base de los programas que garanticen los conocimientos y habilidades más necesarias para cumplir su función principal de aplicar y ajustar las tecnologías para la recuperación, sostenibilidad y eficiencia del ecosistema del pastizal.

## Literatura citada

- Ago, H. y Kessler, A. 1996. *El enfoque de planificación participativa para enfrentar la degradación de la tierra en América Latina*. Bol. Tecn. Red Lat. Coop. Tecn. Manejo de Cuencas Hidrográficas. 1:1.
- Aguar, J.; Santoyo, V. H.; Solleiro, J. L.; Reyes, J. y Baca, del M. J. 2005. *Lecciones aprendidas*. En: Transferencia e Innovación Tecnológica, en la Agricultura: Lecciones y Propuestas. Fundación Produce, Michoacán, A. C. Universidad Autónoma Chapingo. México, 217 pp.
- Betancourt, H.; Pezo, D. A.; Cruz, J. y Beer, J. 2007. *Impacto bioeconómico de pasturas en fincas de doble propósito en El Chal, Petén, Guatemala*. Pastos y Forrajes, 30:169.
- Calzadilla, E.; Torres, J. y Ferrer, A. 1993. *Informe de experimento silvopastoril*. Instituto de Suelos. La Habana, Cuba. 12 pp.
- CATIE, 2002. *Multi stakeholder participator of sustainable land use alternative for degraded pasture lands in Central America*. Turrialba. Costa Rica.
- Crespo, G. y Rodríguez, I. 2000. *El reciclado de los nutrientes en el sistema suelo-planta-animal. Una contribución al conocimiento científico en Cuba*. Instituto de Ciencia Animal. Edica. La Habana, Cuba. 72 pp.
- Dias-Filho, M. B. 2003. *Degradação de pastagens. Processos, causas e estratégias: de recuperação*. Belém: Embrapa Amazonia Oriental, Brasil.
- Dias-Filho, M. B. 2005. *Degradação de pastagens: Processos, causas e estratégias de recuperação*. 2da. Ed. Embrapa Amazônia Oriental. Belém, Brasil, 173 pp.
- González, L. 2004. *Consideraciones sobre algunos factores socio-psicológicos que influyen en la difusión y adopción de tecnologías*. Pastos y Forrajes. 27:4.
- Hernández, C.; Arteaga, O.; Cancio, T.; Peña, J. L.; Muñoz, P. y León, G. 2001. *Erosión hídrica en áreas de pastos y forrajes*. Memorias, I Simposio Internacional sobre Ganadería Agroecológica. IIPF. La Habana, Cuba, 97 pp.
- Iglesias, J. M.; Simón, L.; Hernández, D.; Hernández, I. Milera, M.; Castillo, E. y Sánchez, T. 2006. *Sistemas agroforestales en Cuba: algunos aspectos de la producción animal*. Pastos y Forrajes. 29:17.
- Molina, G. y Manso, N. 1993. *Cantidad de rocío producido en un cielo abierto y bajo un bosque latifolio*. Informe Técnico. Estación Experimental Forestal Guisa. Cuba. 12 pp.
- Padilla, C.; Crespo, G. J. y Ruiz, T. E. 2000. *Renovación, recuperación y vida útil de los pastizales*. En: Recuperación de pastizales. Vías y estrategias para Cuba. Taller 35 Aniv. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Padilla, C. y Sardiñas, Y. 2005. *Degradación y recuperación de pastizales*. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Número especial. 315 pp.
- Palma, J. M. 2005. *Los árboles en la ganadería del trópico seco*. Rev. Avances en Investigación Agropecuaria. 9 (1) 3-6.
- Renda, A. 2006. *Papel de los sistemas agroforestales en el escenario agrario de las cuencas hidrográficas de Cuba*. Pastos y Forrajes. 29:351.

- Renda, A.; Calzadilla, E.; Jiménez, M.; Ponce, D.; Mora, N. y Molina, G. 2001. *Manejo hidrológico forestal y agroforestal sostenible de las montañas*. Informe final del proyecto de Investigación 007.03.027. IIF. La Habana, Cuba. 32 pp.
- Ruiz, T. E.; Jordán, H.; Castillo, E. y Mejías, R. 2004. *Desarrollo de estudios integrales con leucaena en sistemas silvopastoriles en Cuba*. Propuesta para premio de la Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. 10.
- Senra, A. 2005. *Índices para controlar la eficiencia y sostenibilidad del ecosistema del pastizal en la explotación bovino*. Rev. Cubana Ciencia Agríc. 39.
- Senra, A.; Martínez, R. O.; Jordán, H.; Ruiz, T.; Guevara, R. V. y Ray, J. V. 2005. *Principios básicos para un pastoreo rotacional y sostenible para el subtrópico americano*. Rev. Cubana Ciencia Agríc. 39:13.
- Senra, A. 2007. *Reflexiones con relación a factores decisivos en la sostenibilidad y eficiencia de la ganadería en Latinoamérica*. Rev. Avances de Investigación Agropecuaria. 11 (1):15.
- Senra, A. 2008. *Impacto del manejo del pastizal en la fertilidad y sostenibilidad de los suelos*. En: II Taller Nacional de Fertilidad de los Suelos de la Ganadería. Resúmenes, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, 29 y 30 de abril. 2008.
- Voisin, A. 1963. *Productividad de la hierba*. Ed. Tecnos, S. A. Madrid, España. 499 pp.

Recibido: Diciembre 10, 2008

Aceptado: Junio 12, 2009



Título: *Escondite infantil*

Autor: Adoración Palma García (2manoS)

Técnica: Ambidextría simultánea con acuarela sobre papel amate

Año: 2009

# Proposal of environmental indicators of sustainability for ruminant pastoral production systems

---

## Propuesta de indicadores ambientales de sustentabilidad para sistemas de producción de rumiantes en pastoreo

**Nahed, T. J.;**<sup>1\*</sup> **Mena, Y.;**<sup>2\*\*</sup> **Ruiz, F. A.;**<sup>3</sup> **Castel, J. M.**<sup>2</sup> and **Plascencia, V. H.**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> El Colegio de la Frontera Sur. Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, 29290. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

\*Correspondencia: jnahed@ecosur.mx

<sup>2</sup> EUITA, Univ. Sevilla, Carretera de Utrera km. 1, 41013. Sevilla, España.

\*\* Correspondencia: yomena@us.es.

<sup>3</sup> IFAPA Centro Las Torres-Tomejil. CICE. Junta de Andalucía, 41200, Alcalá del Río, Sevilla, España.

### Resumen

Este artículo es la continuación de un estudio previo presentado por los autores en el Seminario FAO-CIEHAM (Organización para la Agricultura y la Alimentación- Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos) celebrado en Sevilla, España, en 2005, en el cual se realizó un análisis preliminar acerca del uso de los indicadores de la FAO-CIEHAM para evaluar la sustentabilidad de granjas con pequeños rumiantes. El artículo que se presenta ofrece una lista de 48 indicadores ambientales genéricos, adaptada a las granjas con pequeños rumiantes con relación a ocho aspectos: prácticas agrícolas, suelo, agua, paisaje, energía, residuos, bienestar animal y biodiversidad. Se necesita trabajo adicional para completar y perfeccionar esta lista, la cual se ha obtenido a partir de la consulta a expertos y de una revisión de metodologías existentes.

### Abstract

This paper is the continuation of a previous study presented by the authors in the FAO-CIEHAM (Food and Agriculture Organization-International Center for Advanced Mediterranean Agronomic Studies) seminar in Seville in 2005, in which, a preliminary analysis was made of the use of FAO-CIEHAM indicators to evaluate sustainability of small ruminant farms. The paper presented provides a list of 48 generic environmental indicators adapted to small ruminant farms with respect to eight aspects: agricultural practices, soil, water, landscape, energy, residues, animal welfare, and biodiversity. Further work is necessary to complete and perfect this list which has been obtained from a review of methodologies.

*Palabras clave*

Indicadores, sustentabilidad, rumiantes, sistemas de producción.

*Key words*

Indicators, sustainability, ruminant, production systems.

## Introduction

The concept of sustainability is appropriate for evaluating livestock production systems, and may be defined as the ability of a system to manage productivity or utilize a resource without reducing its physical stock through time, even when submitted to stress or strong perturbations [Conway, 1985; Conway, 1994]. It would be necessary to understand that sustainability would include the aspect of changes in resource quality, as these also affect productivity. The process of evaluating sustainability becomes a useful planning tool, as it points out prevalent tendencies for change (probable scenario) in productive systems, and contributes to defining desirable scenarios, with planned intervention to the systems which would modify current undesirable tendencies [Nahed *et al.*, 2006b].

On the other hand, evaluation of any animal production system implies identification of variables and integration of indicators for recording data of distinct events and results of productive activities. Presently, in the small ruminant sector, this is done in an almost anecdotal manner. The authors of this study, conscious of the difficulties in recording and later using information at the farm level, are working on selection of the most adequate indicators for evaluating sustainability of goat systems in general, and specifically those based on grazing. In this sense, in the FAO-CIHEAM seminar in Seville, in 2005, a preliminary analysis was made of the use of FAO-CIHEAM indicators to evaluate sustainability of small ruminant farms [Nahed *et al.*, 2006b]. This proposal, which focused on technical-economic indicators —those covered by the FAO-CIHEAM method— was limited in terms of environmental and social indicators. Based on the aforementioned, and in order to contribute to overcoming the incipient development of integral methodological frameworks which simultaneously evaluate environmental, economic, and social sustainability [Masera *et al.*, 1999], the authors propose —as the objective of this study— to elaborate a preliminary list of environmental indicators adapted to ruminant production systems, obtained through compared analysis of various methodologies.

## Methodology

Environmental indicators discussed in this study were obtained from the literature on animal production, from a review of methodologies for evaluating sustainability of

livestock systems, as well as the experience from the authors. First, a broad list of indicators was elaborated. This list was discussed among academics knowledgeable of the topic, resulting in a second list of simple (direct) or complex (indirect or integrating) indicators. The operational definition of the indicators or transformation of concepts to indicators or indexes (procedure for precisely measuring or estimating corresponding empirical data) stemmed from the theoretical definition of the indicators, as well as from knowledge and experience on the theme, and was improved by consulting experts (ten experts from Mexican and Spanish institutions) on the topics of these environmental indicators. Complex indicators are made up of different variables, individually characterized as positive (yes = 1) or negative (no = 0), according to the presence or absence of the variables, and are estimated using the sum of the values 1 and 0, divided by the number of variables making up the indicator. Proposed complex indicators are not defined. On one hand, they should be tested at the field level in order to see whether or not they are viable and provide reliable, useful information. On the other hand, these indicators will be validated in the future by FAO experts, in order to formulate a comprehensive proposal which also includes those technical-economic indicators already validated by the Observatory to assess animal production systems sustainability.

### *Environmental indicators proposed*

Eight groups of environmental indicators oriented to evaluating sustainability of livestock systems are presented. These indicators were selected according to their importance in analyzing animal well-being, congruence between livestock use and conservation of natural resources. At this first stage in the selection process many possible variables exist for a given indicator and it is difficult to find those which most appropriately describe it. In other cases the variables found are not easily measured and should be changed with others less reliable but more accessible. It may happen too that some selected variables do not exactly measure the indicator but some less relevant collateral aspect [Sarandon, 2002]. All this issues should be assessed in the elaboration of the indicators with field data allowing the choice of the most suitable variables and indicators. This further stage is not covered in this paper.

1. *Agricultural practices*. Agricultural practices greatly determine the level of soil conservation and influence soil quality and erosion [Astier-Calderón *et al.*, 2002]. This group of indicators is made up of [IFOAM, 1972; Lefroy *et al.*, 2000; Astier-Calderon *et al.*, 2002]: i) *Useful Agricultural Surface organically fertilized* (%), which is a simple indicator; ii) *Manure fertilization* (kg/ha cultivated) —also simple; iii) *Soil Fertility* (%)— a complex indicator made up of several variables concerning various aspects: chemical fertility (pH, cation exchange capacity, and percentage of organic

matter), physical fertility (apparent soil density, texture, velocity of water infiltration, structure, and porosity), and biological fertility (level of microbial activity and presence of macro and microfauna-variables characterized as positive if they have the minimum level required for considering a soil fertile, which depends on region and crop type); and iv) *Integral management of agricultural practices*, which is a complex indicator made up of different variables (crop rotation, association of species in forage crops, incorporation of agricultural residues to the soil, refraining from burning residues, refraining from plowing more than 30% of the total agricultural surface dedicated to goat production, cultivation according to tillage following contour lines, and use of biological controls).

2. *Soil*. Soil quality and conservation depend on various factors [Astier-Calderón *et al.*, 2002]. After revision and selection, this group of indicators was essentially made up of those published by IFOAM, 1972. These are: i) *Level of erosion*; ii) *Level of soil compaction*; iii) *Depth of arable soil* (cm); iv) *Level of salinity* (%); v) *Rockiness* (%); vi) *Depth of water* (m) and vii) *Plant cover of the soil* (%). With the exception of the first, all indicators are simple or direct.

3. *Water*. Generally small ruminant systems are located in marginal zones, where water scarcity and quality is a common problem. Therefore, the simple and direct indicators included in this category are [Hayo *et al.*, 2002; Several authors, 2001; Mas de Noguera, 2003; Several authors, 2006]: i) *Irrigated surface/ total agricultural surface* (%); ii) *Irrigation method*; iii) *Existence of water availability problems*; iv) *Source of water supply*; v) *Volume of water consumed on the farm* (l/goat); vi) *Presence of amphibians in waterways*; vii) *Presence of aquatic vegetation indicating eutrophication*; viii) *Water turbidity*; ix) *Salt content*; x) *Presence of pesticide residues*; and xi) *Capture, storage, and distribution of water*.

4. *Landscape*. Landscape is an element essential to identifying a region, and agriculture plays an important role in the regional landscape conformation. Simple indicators selected are [Several authors, 2001; IDEA, 2003; Mas de Noguera, 2003; Several authors, 2006]: i) *Maintenance of woody plant masses* (trees and shrubs); ii) *Preservation of zones of ecological interest*; iii) *Presence of traditional patrimony*; iv) *Presence of herds outdoors (implying lower infrastructure and input requirements)*; v) *Plot dimensions*, and vi) *Scenic beauty (which motivates its conservation)*.

5. *Energy*. Currently, increasing efficiency of energy use and minimizing energy dependence are objectives of any productive activity. Therefore, indicators referring to energy use, reported by various authors [Ghersa *et al.*, 2002; IDEA, 2003; Mas de Noguera, 2003; Nahed *et al.*, 2006a] have been included: i) *Contribution of energy in the stable per production unit or per animal* (UFL-Milk Fodder Unit, per liter or per goat); ii) *Use of renewable energies*; iii) *Energy dependence* (Equivalent fuel/goat); iv) *Ratio energy extracted/energy supplied* (%).

6. *Residues*. Three aspects determine quantity of residues generated: level of intensification of the farm, availability or lack thereof of owned land to appropriately store and organically process manure, and the plan for recollection and treatment of farm residues. Indicators most relevant to goat systems [CR, 1991; CR, 1999; Several authors, 2001; Mas de Noguera, 2003, Several authors, 2006] are: i) *Presence of residues in the milk* (antibiotics, hormones, pesticides); ii) *Nitrogen supply in animal excretions* (kg/ha/year) as an indicator of nitrogen balance in the system and iii) *Management of residues*, consisting of: capacity for eliminating water used in cleaning, existence of storage area for residues, recycling of manure, and appropriate disposal of toxic residues containers.

7. *Animal well-being*. Evaluation of animal well-being on the farm is difficult, and may prove costly. The list of indicators selected from different methodologies [FAWC, 1994; DEFRA, 2003; IDEA, 2003;] takes into account the particularities of the goat species and currently existing models of production, as well as ease of data taking. These are: i) *Animal health* (animal liveliness and condition of the coat, hoof problems, visible wounds, adequate disease prevention program; ii) *Feeding quality* (balanced diet, quality and diversity of grasses, adequate distance and time of pasturing, protection and drinking-troughs in pastures, fences in good condition, fresh quality water, and adequate feed-troughs; iii) *Quality of stables* (adequate animal density, appropriate animal groups, appropriate soil conditions, gates, fences, adequate ventilation and cleanliness, and adequate protection from inclement weather); iv) *Appropriate milking conditions* (adequate design of the milking parlor, strict hygiene of the stable, equipment and workers, adequate milking routine, adequate bacteriological quality, and absence of inhibitors in the milk). v) *Quality of human care* (frequent animal visits, good animal treatment, high level of knowledge of animal behavior, and opportune veterinary care). vi) *Well-being of reared animals* (natural lactation, refraining from tethering the animals, animal density, adequate cleanliness and hygiene, adequate growth rate, incidence of illness, minimal mortality, and appropriate protection from cold, heat, rain, and humidity).

8. *Biodiversity*. The concept of biodiversity is defined as variability among living organisms within the species, among species, and of ecosystems [Moreno, 2001]. Various methods exist for measuring diversity of flora and fauna species in natural ecosystems; for example, the Shannon and Simpson indexes. Other more direct procedures are relative abundance and relative frequency of species or breeds. Nevertheless, the most simple and direct measure of diversity is species richness, defined as absolute number of species or breeds of a community or region. Based on the concept species richness [Begon *et al.*, 1996] seven simple indicators are proposed as most important in estimating biodiversity in animal production systems: i) *Domestic animal species present* ( $n^0$ ); ii) *Domestic animal breeds present* ( $n^0$ ); iii) *Ratio of autochthonous breeds*

to those breeds present; iv) *Cultivated species present > 5% UAS-Useful Agrarian Surface (n°)*; v) *Non cultivated grass species most consumed by the animals (n°)*; vi) *Woody species (trees and shrubs) present (n°)*; vii) *Managed agro-ecosystems (productive activities) in the unit of production (n°)*; and viii) *presence (%) of undesirable plant species*.

## Final comments

Identification and selection of simple indicators or development of complex indicators requires, on the part of researchers, great care and experience, sharp intuition, and solid knowledge of the topic studied, as well as willingness to receive suggestions from other authors. Those environmental indicators proposed in this study are related to agricultural practices, soil, water, landscape, energy, residues, animal well-being, and biodiversity. In each situation, only those indicators which show high reliability in terms of data taking should be selected. Naturally, this depends on the level of precision desired as well as economic capabilities and human resources available. These indicators, as well as a group of social indicators currently being developed, will be proposed for validation by experts of the FAO Observatory to develop a global proposal together with those technical-economic indicators already validated by this Observatory. The objective is to motivate researchers and technicians dedicated to animal production to identify, develop, and utilize new indicators in an integrated manner with the objective of evaluating sustainability of animal production systems.

## Cited literature

- Astier-Calderón, M.; Maass-Moreno, M. y Etchevers-Barra, J. 2002. *Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable*. Agrociencia. 36: 605-620.
- Begon, M.; Harper, J. L. and Townsend, C. R. 1996. *Ecology: Individuals, populations and communities*. Blackwell Science Ltd. Oxford. 1,068 pp.
- Conway, G. R. 1985. *The properties of agroecosystems*. Agricultural Systems. (24) 95-117.
- Conway, G. 1994. *Sustainability in agricultural development. Trade offs between productivity, stability and equitability*. Journal for Farming Systems and Research- Extension (4)1-14.
- CR, 1991. *Council Regulation (EC) No. 2092/91*. On Organic production of agricultural products and indications referring thereto on agricultural products and foodstuffs. Off. J. Eur. Communities Union, L198.
- CR, 1999. *Council Regulation (EC) No. 1804/1999*. Supplementing Regulation (EEC) No. 2092/91 on organic production of agricultural products and indications referring thereto on agricultural products and foodstuffs to include livestock production. Off. J. Eur. Communities, L 222, 1 –28.
- DEFRA (Department for Environment Food and Rural Affairs). 2003. *Code of Recommendations for the Welfare of Livestock: Goats*. <http://www.defra.gov.uk/animalh/animindx.htm>. (Consultado el 15 de julio de 2007).

- FAWC (Farm Animal Welfare Council). 1994. *Report on the Welfare of Sheep*. FAWC. Surrey. UK. <http://www.fawc.org.uk/>. (Consultado el 5 de julio de 2007).
- Ghersa, C. M.; Ferraro, D. O.; Omacini, M.; Martínez-Ghersa, M. A.; Perelman, S.; Satorre, E. H. and Soriano, A. 2002. *Farm and landscape level variables as indicators of sustainable land-use in the Argentine Inland-Pampa*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 93 279–293.
- Hayo, M. G.; Van Der Werf and Petit, J. 2002. *Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 93, 131–145.
- IDEA. 2003. *Guide de la méthode IDEA*. Editions EDUCAGRI. <http://www.idea.portea.fr/>. (Consultado el 15 de julio de 2007).
- IFOAM. Federación Internacional de Movimiento de Agricultura Orgánica. 1972. *Normas básicas*. <http://www.agendaorganica.cl/documentos/normas/ifoamagenda1.doc>. (Consultado el 15 de julio de 2007).
- Lefroy, R. D. B.; Bechstedt, H. D. and Rais, M. 2000. *Indicators for sustainable land management based on farmer surveys in Vietnam, Indonesia, and Thailand*. Agriculture, Ecosystems and Environment. (81): 137–146.
- Mas de Noguera. 2003. *Aproximación a un sistema de indicadores de sostenibilidad para la ganadería ovina en la provincia de Castellón*. Noguera ADR Coop. V. Caudiel. Castellón.
- Masera, O.; Astier, M. y López-Ridaura, S. 1999. *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS*. Mundi-Prensa, S. A., Gira, IE-UNAM. México.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Nahed, T. J.; Castel, J.; Mena, Y. and Caravaca, F. 2006a. *Appraisal of the sustainability of dairy goat systems in Southern Spain according to their degree of intensification*. Livestock Science. 101: 10-23.
- Nahed-Toral, J.; García-Barrios, L.; Mena Y. and Castel, J. M. 2006b. *Use of indicators to evaluate sustainability of animal production systems*. Options Méditerranéennes, Série A. (70): 205-212.
- Sarandón, J. S. 2002. *El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas*. In: Agroecología, el camino hacia una agricultura sustentable. Argentina. Ediciones Científicas Americanas. Bs. As. 394-414.
- Several authors. 2001. *Diagnostic de Durabilité. Guide de l'utilisateur*. Red de Agricultura Sostenible. <http://www.agriculture-durable.org>. (Consultado el 15 de julio de 2007).
- Several authors. 2006. *Liste d'indicateurs en vue de la réalisation d'un diagnostic de durabilité dans le cadre du projet ADAR Observatoire Territorial des Pratiques Agricoles*. [tp://www.adar.gouv.fr/](http://www.adar.gouv.fr/) (Consultado el 10 de julio de 2007).

Recibido: Septiembre 25, 2008

Aceptado: Junio 23, 2009



Título: *Festín marino*

Autor: Adoración Palma García (2manoS)

Técnica: Ambidextría simultánea con acuarela sobre papel amate

Año: 2009

# Caracterización químico-nutricional de forrajes leguminosos y de otras familias botánicas empleando análisis descriptivo y multivariado

Chemical-nutritional characterization of leguminous fodder and other botanic families using descriptive and multivariate analysis

García, D. E.;<sup>1\*</sup> Medina, M. G.;<sup>1</sup> Moratinos, P.;<sup>1</sup> Cova, L. J.;<sup>2</sup> Torres, A.;<sup>1</sup> Santos, O.<sup>1</sup> y Perdomo, D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Estado Trujillo, Venezuela.

<sup>2</sup> Universidad de los Andes, Estado Trujillo, Venezuela.

\* Correspondencia: dagamar8@hotmail.com

## Resumen

Mediante el análisis descriptivo (AD), de componentes principales (ACP) y correlaciones lineales (CL), se tuvo por objetivo caracterizar la composición nutricional del follaje de especies leguminosas de los géneros *Pithecellobium*, *Gliciridia*, *Leucaena*, *Samanea*, *Acacia*, *Bauhinia*, *Cassia* y *Pentaclethra*; y otras no leguminosas: *Chlorophora*, *Morus*, *Guazuma*, *Cordia*, *Trichantera*, *Tithonia*, *Moringa*, *Azadirachta*, *Bulnesia*, *Capparis*, *Hibiscus* y *Wedelia*.

Se determinó la composición química, los niveles de metabolitos secundarios y la digestibilidad de la materia seca (DMS) y de la proteína bruta (DPB). Las especies evaluadas presentaron excelente composición química para ser utilizadas como suplemento en la alimentación animal (PB:  $23.46 \pm 4.43\%$ ; FDN:  $39.33 \pm 2.55\%$ ; cenizas:  $9.78 \pm 4.35\%$ ; DMS:  $64.98 \pm 14.42\%$ ; DPB:  $69.15 \pm 15.89\%$ ). Sin embargo, las especies leguminosas, comparadas con las no leguminosas, exhibieron numéricamente mayor concentración de taninos condensados ( $4.06 \pm 4.01$  vs  $0.49 \pm 0.31\%$ ), taninos

## Abstract

Descriptive analysis (DA), principal components (PCA) and linear correlations (LC) were utilized in order to characterize the nutritional composition of leguminous foliage species of the genus *Pithecellobium*, *Gliciridia*, *Leucaena*, *Samanea*, *Acacia*, *Bauhinia*, *Cassia* and *Pentaclethra*; and other non leguminous genus: *Chlorophora*, *Morus*, *Guazuma*, *Cordia*, *Trichantera*, *Tithonia*, *Moringa*, *Azadirachta*, *Bulnesia*, *Capparis*, *Hibiscus* and *Wedelia*. Chemical composition, secondary metabolites and dry matter (DMD) and crude protein (CPD) digestibility were estimated. The species showed excellent chemical composition for its use as a supplement in animal feed (CP:  $23.46 \pm 4.43\%$ ; NDF:  $39.33 \pm 2.55\%$ ; ashes:  $9.78 \pm 4.35\%$ ; DMD:  $64.98 \pm 14.42\%$ ; CPD:  $69.15 \pm 15.89\%$ ). However, leguminous species exhibited higher concentrations of condensed tannins ( $4.06 \pm 4.01$  vs  $0.49 \pm 0.31\%$ ), precipitant tannins ( $1.95 \pm 1.37$  vs  $0.28 \pm 0.23\%$ ) and protein digestibility using pepsin ( $72.51 \pm 14.64$  vs  $66.90 \pm 16.92\%$ ) than the non-leguminous species.

que precipitan proteínas ( $1.95 \pm 1.37$  vs  $0.28 \pm 0.23\%$ ) y digestibilidad de la proteína con pepsina ( $72.51 \pm 14.64$  vs  $66.90 \pm 16.92\%$ ). Aunque el porcentaje de inhibición de la tripsina fuese similar entre los dos grupos ( $50.84 \pm 6.81$  vs  $50.92 \pm 8.94$ ), la actividad de estos inhibidores ( $3.29 \pm 2.76$  vs  $1.55 \pm 0.39$  tripsina inhibida/gMS) y la cantidad de unidades inhibidas ( $625.10 \pm 524.01$  vs  $323.33 \pm 135.31$  unidades/gMS) fueron superior en los forrajes leguminosos. Mediante el AD, ACP y las CL se pudo comprobar que las especies leguminosas exhibieron diferencias acentuadas en el patrón fitoquímico de la biomasa, comparadas con el resto. Los taninos precipitantes de las leguminosas afectaron la digestibilidad de las fracciones nutritivas, mientras que los fenoles y los esteroides presentes en las no leguminosas exhibieron mayor potencial antinutricional en ese tipo de especies.

### Palabras clave

Composición nutricional, metabolitos secundarios, forrajes, especies leguminosas.

Although the trypsin inhibition percentage was similar between the two groups ( $50.84 \pm 6.81$  vs  $50.92 \pm 8.94$ ), the activity of these inhibitors ( $3.29 \pm 2.76$  vs  $1.55 \pm 0.39$ ) and the number of inhibited units ( $625.10 \pm 524.01$  vs  $323.33 \pm 135.31$ ) was higher in the leguminous forage. According to the DA, PCA and LC results, the leguminous species exhibited marked differences in the phytochemical profile pattern when compared with the rest. The precipitating tannins in the leguminous species affected the digestibility of nutrients fractions, while phenols and sterols contained in the non-leguminous forages exhibited greater antinutritional potential.

### Key words

Nutritional composition, secondary metabolites, forages, leguminous species.

## Introducción

Teniendo en cuenta que los pastos por sí solos no cubren los requerimientos nutricionales de los rumiantes y constituyen malas opciones para alimentar animales monogástricos, en los países tropicales, la búsqueda de estrategias de suplementación con los recursos propios que se generan en las áreas, para una adecuada producción de leche y carne, constituye uno de los aspectos esenciales en el panorama pecuario contemporáneo [Torres, 2007].

Debido a sus considerables niveles proteicos, naturaleza multipropósito, amplio margen de adaptación y capacidad de producción, la biomasa de los árboles y arbustos puede contribuir a mejorar la calidad de la dieta de los animales, satisfacer la demanda de alimentos en la época de sequía y estimular la aplicación de técnicas de producción animal compatibles con el medio ambiente y los recursos naturales.

Para lograr estas metas, se precisa evaluar la composición química y nutricional de la biomasa de las especies más promisorias y de mayor distribución geográfica en los

ecosistemas ganaderos, para así poder establecer las principales ventajas y limitaciones en el uso de cada una para la alimentación animal [García y Medina, 2006; García *et al.*, 2006].

Por otra parte, la mayor cantidad de investigaciones de caracterización nutricional en el trópico se han llevado a cabo con especies leguminosas, y aunque es un consenso generalizado de que éstas presentan un elevado potencial para la alimentación, también existen otros forrajes de diferentes familias botánicas de los cuales se conoce poco sobre su composición química, niveles de compuestos antinutricionales y valor nutritivo, de forma integral [Baldizán, 2003]; por lo que, en sentido general, este último grupo ha sido menos estudiado y, salvo en algunas especies, el potencial forrajero de estas plantas ha sido subestimado [García, 2003].

Por tales motivos, el presente trabajo tuvo como propósito fundamental la evaluación de la composición química, la cuantificación de los grupos de metabolitos secundarios principales y la estimación de algunos indicadores del valor nutritivo en la biomasa comestible de veinte especies representativas de la zona baja del Estado Trujillo, Venezuela, estableciendo las principales diferencias químicas entre las especies leguminosas y las pertenecientes a otras agrupaciones botánicas.

## Materiales y métodos

### *Características de la zona de muestreo*

La recolección del material vegetal se realizó en el área forrajera de la Estación Experimental y de Producción Agrícola Rafael Rangel (Operadora Agrícola Universitaria), de la Universidad de los Andes, en el municipio Pampán, estado Trujillo, Venezuela, la cual se encuentra ubicada entre los 09°35'00 y 09°37'19 de Latitud Norte y entre los 70°27'00 y 70°31'39 de Longitud Oeste, a una altitud entre 270 y 300 msnm.

El área presenta una precipitación promedio anual de 1674 mm, temperatura media de 28 °C y condiciones de bosque seco tropical.

### *Especies forrajeras evaluadas*

Se estudiaron en total 20 especies forrajeras, las cuales fueron muestreadas en cinco ocasiones, con fines de caracterización químico-nutricional. Los forrajes leguminosos fueron: *Pithecellobium pedicellare* (Hueso de pescado), *Glicicidia sepium* (Rabo de ratón), *Leucaena leucocephala* (Leucaena), *Samanea saman* (Samán), *Acacia* spp. (Cuji), *Bauhinia cumanensis* (Cadenó), *Cassia alata* (Mucuteno) y *Pentaclethra macroloba* (Burra); mientras que las no leguminosas fueron: *Chlorophora tinctoria* (Mora

de palo), *Morus alba* (Morera), *Guazuma ulmifolia* (Guácimo), *Cordia alba* (Caujaro), *Bulnesia arborea* (Vero), *Capparis odoratissima* (Olivo), *Trichantera gigantea* (Naranjillo), *Tithonia diversifolia* (Tara), *Moringa oleifera* (Moringa), *Azadirachta indica* (Nim), *Hibiscus rosa-sinensis* (Cayena) y *Wedelia aff. caracasana* (Flor amarilla).

La recolección del forraje se realizó desde enero hasta diciembre de 2008 con intervalos de tres meses entre cortes, en cinco parcelas de cinco años de establecidas. Cada parcela fue de 5 m de ancho y 10 m de longitud y contenía todas las especies a evaluar, las cuales fueron podadas cada 90 días a 0.5 m sobre el nivel del suelo. En el momento de cada recolección del material vegetal todas se encontraban en estado vegetativo y se muestreó una planta de cada especie por parcela.

### Mediciones analíticas

Para todas las determinaciones se evaluaron cinco muestras por especie. Se tomaron 500 g de cada una y se secaron a temperatura ambiente en ausencia de luz durante cinco días para evitar la descomposición de los compuestos fenólicos y la volatilización de terpenos y aceites esenciales. Posteriormente fueron molidas hasta un tamaño de partícula de 1 mm, y se almacenaron en frascos ámbar hasta la realización de los análisis de calidad.

Se determinaron los contenidos de proteína bruta (PB) mediante el método de Kjeldhal, energía bruta (EB) a través de mediciones calorimétricas y uso de ácido benzoico como patrón interno y cenizas a partir de la incineración total de la muestra; todos los análisis fueron realizados siguiendo las especificaciones descritas por la AOAC [1990].

La Fibra Detergente Neutro (FDN) se cuantificó según el tratamiento del material vegetal con tensoactivo sódico [Van Soest *et al.*, 1991].

La determinación de los fenoles totales (FT) se realizó mediante el método de Folin (García y Ojeda, 2004), los taninos condensados (TC) usando nButanol/HCl/Fe<sup>3+</sup> (Porter *et al.*, 1986), los taninos precipitantes de proteínas (TPP) con la utilización de la fracción V de la albúmina sérica bovina [Makkar *et al.*, 1988] y los terpenoides totales (ET) empleando el protocolo de desarrollo de color y lectura entre los 400 y 700 nm [García, 2003].

Para la estimación de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DMS) se empleó la técnica de Tilley y Terry [1963] modificado por Goering y Van Soest [1970] y ajustado por Ankom [2005].

La digestibilidad de la PB se determinó con pepsina y pancreatina, mediante la técnica descrita por Calsamiglia y Stern [1995] y validada por Kaitho *et al.* [1998] para el follaje arbóreo.

La estimación del porcentaje de inhibición de la tripsina (%Inh), así como el cálculo de la cantidad de tripsina inhibida/gMS (TIA) y las unidades de tripsina inhibidas/gMS (TIU), se determinaron empleando análisis de actividad enzimática con patrón sintético (BAPNA) y lectura a 440 nm [AOAC, 1990].

### *Diseño experimental, tratamientos y métodos estadísticos*

Se empleó un diseño totalmente aleatorizado. Para el procesamiento de la información se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 10.0 para Windows® [Visauta, 1998]. Para llevar a cabo el análisis de componentes principales (ACP) se utilizó la opción Reducción de datos, empleando la matriz de covarianza para la obtención de las relaciones entre las variables [Philippeau, 1986]. Para la obtención de las correlaciones lineales se utilizó el mismo paquete estadístico, mediante el coeficiente de correlación de Pearson. En este sentido, se incluyó la totalidad de los datos generados en los análisis químicos de las especies (leguminosas: N= 8; no leguminosas N= 12) considerando las cinco réplicas en cada caso, para un total de 40 pares de valores para leguminosas y 60 para no leguminosas, en cada muestreo.

## Resultados

En el cuadro 1 se muestra la media y la desviación estándar de las especies forrajeras evaluadas. Las leguminosas exhibieron concentración promedio de PB:  $25.43 \pm 5.10$  %, EB:  $19.09 \pm 1.28$  KJ/gMS, FDN:  $40.43 \pm 1.33$ % y cenizas:  $6.31 \pm 1.80$ %. La inhibición promedio de la tripsina fue de  $50.84 \pm 6.81$ %, la TIA y la TIU se consideran sobresalientes numéricamente ( $3.29 \pm 2.76$  y  $625.10 \pm 524.01$ , respectivamente) y la digestibilidad de las fracciones nutritivas fueron elevadas (DMS:  $58.11 \pm 13.88$ %; DPB:  $72.51 \pm 14.64$ ).

**Cuadro 1. Valores medios (%) y desviación estándar que describen la composición química y la digestibilidad de algunas especies leguminosas y no leguminosas en el estado Trujillo, Venezuela.**

Variable	Leguminosas		No leguminosas	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
PB	25.43	5.10	22.15	3.56
EB*	19.09	1.28	16.52	1.56
FDN	40.43	1.33	38.60	2.93
Cenizas	6.31	1.80	12.09	4.00
FT	3.51	1.54	2.44	1.05
TC	4.06	4.01	0.49	0.31
TPP	1.95	1.37	0.28	0.23
ET	1.31	1.22	1.27	1.08
% Inhib	50.84	6.81	50.92	8.94
TIA**	3.29	2.76	1.55	0.39
TIU***	625.10	524.01	323.33	135.31
DMS	58.11	13.88	69.56	13.39
DPB	72.51	14.64	66.90	16.92

\*kJ/gMS, \*\* cantidad de tripsina inhibida/gMS, \*\*\*unidades de tripsina inhibidas/gMS.

En el caso de los forrajes no leguminosos, éstos presentaron valores medios de PB de  $22.15 \pm 3.56\%$ ; EB:  $16.52 \pm 1.56$  KJ/gMS y FDN de  $38.60 \pm 2.93\%$ . Los niveles de cenizas en dichas especies prácticamente duplicaron los obtenidos de las leguminosas ( $12.09 \pm 4.00\%$  vs.  $6.31 \pm 1.80\%$ ); mientras que las primeras exhibieron cerca de diez veces menos TC ( $0.49 \pm 0.31\%$ ).

Por otra parte, el porcentaje de inhibición de las proteasas fue de  $50.92 \pm 8.94\%$ ; la TIA se consideró baja ( $1.55 \pm 0.39$ ) y la TIU presentó valores moderados ( $323.33 \pm 135.31$ ); los niveles de estas últimas variables fueron la mitad de los observados en las leguminosas. Asimismo, las no leguminosas mostraron elevados porcentajes de digestibilidad DMS ( $69.56 \pm 13.39\%$ ) y DPB ( $66.90 \pm 16.92\%$ ).

En sentido general, las leguminosas presentaron mayor fracción polifenólica y actividad de los inhibidores de tripsina. Sin embargo, las no leguminosas exhibieron mayor concentración de minerales en la fracción comestible y menor contenido de fenoles.

El ACP (cuadro 2) para cada grupo de especies describió que existen diferencias acentuadas en cuanto a las variables que mostraron mayor importancia comparativa, así como la relación que presentaron entre sí, en cada caso.

**Cuadro 2. Resultados del ACP y relación entre las variables nutricionales de las especies forrajeras evaluadas.**

Variable	Leguminosas			No Leguminosas		
	Componente Principal			Componente Principal		
	1	2	3	1	2	3
PB	0.38	-0.09	0.09	0.09	-0.01	<b>0.86</b>
EB	0.48	<b>0.67</b>	0.49	<b>0.51</b>	0.42	-0.17
FDN	-0.08	0.55	<b>0.74</b>	0.25	-0.47	-0.16
Cenizas	0.54	<b>-0.81</b>	0.03	-0.11	-0.15	<b>0.51</b>
FT	0.43	0.48	-0.39	0.56	<b>-0.62</b>	-0.04
TC	<b>-0.68</b>	-0.40	0.17	0.08	<b>0.87</b>	0.21
TPP	<b>-0.70</b>	0.38	-0.49	0.13	<b>0.94</b>	0.20
ET	0.17	<b>0.66</b>	0.32	<b>0.88</b>	-0.17	0.17
% Inhibición	-0.39	0.26	<b>0.55</b>	0.42	<b>0.63</b>	-0.37
TIA	<b>-0.82</b>	-0.19	0.49	0.14	0.05	<b>0.86</b>
TIU	<b>-0.73</b>	-0.42	0.45	-0.07	-0.30	<b>0.60</b>
DMS	<b>0.79</b>	-0.38	0.43	<b>-0.97</b>	0.18	0.01
DPB	<b>0.93</b>	0.12	-0.07	<b>-0.59</b>	-0.43	-0.16
Valor propio ( $\lambda$ )	5.30	2.95	2.45	3.88	3.21	2.42
Varianza (%)	37.88	21.04	17.49	27.71	22.91	17.30
Varianza total (%)	37.88	58.92	76.41	27.71	50.62	67.92

ACP: análisis de componentes principales.

En el primer componente (CP 1) en el ACP de las leguminosas se extrajo el 37.88% de la variabilidad total y en su formación contribuyeron mayoritariamente la concentración de taninos (TC, TPP), la TIA y la TIU; la concentración de estos metabolitos y la TIA y la TIU presentaron una interrelación positiva entre sí, por presentar el mismo signo en los coeficientes de cada caso. Sin embargo, la digestibilidad (DMS, DPB) se relacionó negativamente con la concentración promedio de los dos taninos y los indicadores de la actividad biológica de los inhibidores de tripsina; ya que los coeficientes que describieron los niveles de los metabolitos secundarios fenólicos y los inhibidores de tripsina exhibieron signo negativo y la digestibilidad de las fracciones nutritivas presentó signo positivo.

El segundo componente (CP 2) explicó el 21.04% de la variabilidad y la mayor representación correspondió a los niveles de EB, cenizas y ET. Estos resultados describen la menor variación interespecífica de los ET en las especies leguminosas estudiadas, en comparación con los taninos.

En el tercer componente (CP 3) se extrajo el 17.49% y en su formación contribuyó fundamentalmente la FDN y el porcentaje de Inhibición, variables que exhibieron menor variación numérica en las leguminosas.

En las especies no leguminosas, el primer componente (CP 1) extrajo el 27.71% de la variabilidad y los indicadores que explicaron mejor la varianza fueron la EB, la concentración de ET, así como la digestibilidad (DMS, DPB). En este sentido, el

patrón de variación de las especies no leguminosas fue diferente al observado en las leguminosas.

El segundo componente (CP 2) explicó el 22.91% de la variabilidad, dentro de las variables analizadas, las de mejor representación fueron la fracción polifenólica (FT, TC, TPP) y el porcentaje de Inhibición.

El tercer componente (CP 3) extrajo el 17.30 % y las variables con mayor relación en este eje fueron la PB, las cenizas, la TIA y la TIU.

En el cuadro 3 se muestra el nexo entre las variables nutricionales evaluadas en el caso de las leguminosas, donde se observó una correlación positiva de la EB con la FDN ( $P < 0.05$ ), y la TIA con la TIU ( $P < 0.05$ ). Además, la DMS ( $P < 0.01$ ) presentó relación negativa con la cantidad de TPP. La concentración de FT se relacionó negativamente con los valores de TIU ( $P < 0.05$ ) y esta última exhibió un nexo inverso con la DPB ( $P < 0.05$ ). Asimismo, la DPB se relacionó negativamente con la TIA ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 3. Correlación entre las variables medidas en las especies leguminosas evaluadas del estado Trujillo, Venezuela.**

	Cen	TC	PB	DPB	DMS	%Inh	TIA	TIU	FDN	FT	TPP	ET
<b>EB</b>	-0.21	-0.42	0.32	0.47	0.29	0.22	-0.32	-0.49	<b>0.80*</b>	0.30	-0.27	0.56
<b>Cen</b>		0.01	0.50	0.36	0.69	-0.42	-0.31	-0.09	-0.39	-0.19	-0.66	-0.50
<b>TC</b>			-0.08	-0.68	-0.35	0.28	0.70	0.63	0.08	-0.35	0.20	-0.50
<b>PB</b>				0.20	0.18	-0.28	-0.39	-0.32	0.22	-0.16	-0.20	-0.03
<b>DPB</b>					0.70	-0.52	<b>-0.75*</b>	<b>-0.72*</b>	-0.01	0.44	-0.54	0.35
<b>DMS</b>						-0.15	-0.33	-0.19	-0.02	0.06	<b>-0.94**</b>	0.05
<b>%Inh</b>							0.45	0.35	0.52	0.12	-0.11	-0.01
<b>TIA</b>								<b>0.95**</b>	0.28	-0.66	0.27	-0.01
<b>TIU</b>									0.08	<b>-0.76*</b>	0.14	-0.09
<b>FDN</b>										-0.14	-0.03	0.46
<b>FT</b>											-0.16	-0.01
<b>TPP</b>												0.04

\*( $P < 0.05$ ) \*\*( $P < 0.01$ ).

EB: energía bruta, Cen: cenizas, TC: taninos condensados, PB: proteína bruta, DPB: digestibilidad de la proteína bruta, DMS: digestibilidad de la materia seca, % Inh: % inhibición de tripsina, TIA: actividad de inhibidor de tripsina, TIU: unidades de tripsina inhibidas, FDN: fibra detergente neutra, FT: polifenoles totales, TPP: taninos precipitantes, ET: esteroides totales.

Los resultados de las correlaciones entre las variables químicas y nutricionales para las especies no leguminosas (cuadro 4), muestran una correlación positiva entre las variables TC-TPP ( $P < 0.01$ ). Asimismo, se observó una correlación negativa entre la DMS con la concentración de FT ( $P < 0.05$ ) y ET ( $P < 0.01$ ).

**Cuadro 4. Correlación entre las variables medidas en las especies no leguminosas forrajeras evaluadas en el estado Trujillo, Venezuela.**

	Cen	TC	PB	DPB	DMS	%Inh	TIA	TIU	FDN	FT	TPP	ET
EB	-0.04	0.33	-0.19	-0.17	-0.48	0.52	0.05	-0.16	-0.12	-0.01	0.36	0.20
Cen		0.01	0.48	0.19	0.09	-0.21	0.42	-0.13	0.05	0.04	-0.16	-0.01
TC			0.07	-0.52	0.12	0.40	0.24	-0.14	-0.22	-0.37	<b>0.92**</b>	-0.08
PB				-0.35	-0.07	-0.25	0.56	0.35	-0.14	-0.10	0.10	0.27
DPB					0.44	-0.29	-0.02	0.16	0.06	-0.17	-0.50	-0.43
DMS						-0.31	-0.15	-0.01	-0.29	<b>-0.63*</b>	0.06	<b>-0.86**</b>
%Inh							-0.12	-0.47	-0.01	-0.33	0.52	0.26
TIA								0.58	-0.07	-0.02	0.24	0.21
TIU									0.06	0.07	-0.07	0.03
FDN										0.28	-0.44	0.23
FT											-0.46	0.56
TPP												0.02

\*( $P < 0.05$ ) \*\*( $P < 0.01$ ).

EB: energía bruta, Cen: cenizas, TC: taninos condensados, PB: proteína bruta, DPB: digestibilidad de la proteína bruta DMS: digestibilidad de la materia seca, % Inhib: % inhibición de tripsina, TIA: actividad de inhibidor de tripsina, TIU: unidades de tripsina inhibidas, FDN: fibra detergente neutra, FT: polifenoles totales, TPP: taninos precipitantes, ET: esteroles totales.

## Discusión

Los valores promedios de las variables evaluadas mediante estadística descriptiva, tanto en las especies leguminosas como las pertenecientes a otras familias botánicas, ponen de manifiesto el elevado valor nutricional de estos forrajes, sin descartar la presencia de algunos grupos químicos que son potencialmente tóxicos o antinutritivos para el ganado [Makkar, 2003]. Sin embargo, la presencia de algunos metabolitos secundarios pro-tóxicos o potencialmente causantes de afectaciones digestivas no presupone que la biomasa presente mala calidad; ya que cuando se encuentran en concentraciones moderadas no causan daños al tracto gastrointestinal y a la salud integral de los animales, fundamentalmente en el caso de los rumiantes [Aerts *et al.*, 1999].

Los resultados en la determinación de los compuestos fenólicos mayoritarios sitúan a las especies evaluadas como plantas cuyos contenidos de FT ( $3.51 \pm 1.54\%$ ) son similares a los de las principales leguminosas empleadas para la producción animal en el Caribe [García, 2003]. Asimismo, los contenidos de TC fueron intermedios ( $4.06 \pm 4.01\%$ ) y constituyen valores que coinciden, de manera general, con las cantidades informadas en la fracción comestible de algunas leguminosas típicas utilizadas en sistemas agrosilvopastoriles en el trópico [Kaitho *et al.*, 1998; García y Medina, 2006]. En este sentido, la concentración de ambas variables fue inferior a la

mínima informada por Makkar [2003] en la cual se comienza a afectar la fermentación en el rumen (FT: 4.0%; TC: 6.0%). Por su parte, los TPP y los ET presentaron valores de  $1.95 \pm 1.37\%$  y  $1.31 \pm 1.22\%$ , respectivamente, concentraciones que se consideran bajas si se comparan con el perfil fitoquímico que exhiben algunas especies que son utilizadas con éxito en la alimentación animal [Baldizán, 2003].

Asimismo, la cantidad de taninos con actividad biológica, expresada como la proporción de polifenoles con características precipitantes (TPP), constituye un elemento positivo a considerar en el caso de todas las especies no leguminosas, ya que presentaron bajas concentraciones ( $0.28 \pm 0.23\%$ ), lo que es muy favorable desde el punto de vista nutricional; considerando que estos compuestos pueden favorecer la actividad productiva de los animales cuando se encuentran en concentraciones adecuadas [García *et al.*, 2005b]. Dicho indicador tiene gran importancia, ya que cuando los niveles de taninos con estas características son adecuados, aumenta la posibilidad de formación de proteína sobrepasante en el rumen, facilitando así la digestibilidad posruminal del nitrógeno; lo cual se traduce en una mayor respuesta animal siempre que los contenidos de TPP sean inferiores a 2.2%, límite establecido en rumiantes en el cual no afectan el buen funcionamiento digestivo [Aerts *et al.*, 1999]. Sin embargo, cuando los niveles son más elevados ocasiona pérdida de nutrientes y mala asimilación de las raciones en rumiantes y toxicidad aguda en animales monogástricos. En este caso, la cantidad de compuestos polifenólicos (FT, TPP, TC) fue inferior a la exhibida por algunas especies de los géneros tropicales de mayor distribución, las cuales presentan niveles superiores a 8% [Abdulrazak *et al.*, 2000].

El otro grupo de metabolito importante de la fracción secundaria, los ET, exhibieron concentración promedio de  $1.27 \pm 1.08\%$ , concentración que también se considera baja si se compara con los resultados obtenidos por García *et al.* [2005a] en el follaje de *Morus alba* L. y por Pizzani *et al.* [2006] en frutos tropicales de los géneros *Caesalpinia*, *Pithecellobium*, *Enterolobium* y *Acacia*; los cuales se emplean exitosamente como fuente suplementaria de proteínas en la época seca en Venezuela. Adicionalmente, se ha comprobado que en las especies forrajeras de distribución tropical la estructura química de este grupo de metabolitos isoprénicos, presenta más importancia que la concentración promedio en la cual se encuentra en la biomasa [García, 2003].

Los sobresalientes valores de PB, EB y minerales, desde el punto de vista nutricional, demuestra el potencial poco documentado, en sentido general, de las especies no leguminosas para la alimentación animal cuando la disponibilidad de material voluminoso es escasa [Baldizán, 2003].

En ambos grupos de especies se observaron elevados valores de PB, mientras que el nivel de la FDN puede considerarse bajo, aspecto que reviste gran importancia nutricional, ya que los follajes más proteicos, en sentido general, presentaron menor cantidad de pared celular. Dichos resultados describen la factibilidad de usar estas

especies en la alimentación no sólo de rumiantes, sino también de algunos monogástricos que requieren elevados niveles de proteínas y baja proporción de fibra en la ración [García *et al.*, 2005b].

El nexa negativo entre la digestibilidad de la materia seca y la proteína con la concentración promedio de todos los tipos de taninos, pone de manifiesto la relevancia antinutricional de estos compuestos, y la importancia de la caracterización fitoquímica de las especies forrajeras, con el objetivo de conocer sus posibles efectos adversos a la fisiología digestiva de los animales [Galindo *et al.*, 2005]. Asimismo, el efecto negativo de los inhibidores de las proteasas en la digestibilidad del nitrógeno quedó descrito por la fuerte correlación negativa entre estas dos variables; aspectos que han sido tratados ampliamente con relación a que estos compuestos disminuyen el aprovechamiento de las proteínas de la dieta, fundamentalmente en animales monogástricos, cuando se suministran forrajes que los contienen en elevadas concentraciones [García *et al.*, 2005b].

Por su parte, la concentración promedio de PB de las leguminosas estudiadas no se relacionó con ninguno de los componentes que agruparon la mayor variabilidad, lo cual demuestra que los niveles de nitrógeno se encuentran en proporción similar en las especies de esta agrupación y que la proteína foliar no es una limitante en estos tipos de forrajes, relacionado —quizá— con la taxonomía intrínseca de *Leguminosae*, en función de los patrones bioquímicos comunes para la síntesis de compuestos nitrogenados [Pineda, 2004].

Por otra parte, en evaluaciones de recursos fitogenéticos, el uso del ACP y del porcentaje de varianza como parámetro estadístico es extremadamente útil, para definir cuáles de las variables cuantificadas presentan la mayor importancia en la caracterización de accesiones con potencial forrajero [Hidalgo, 2003]. En este sentido, el porcentaje de varianza extraído en los primeros componentes, como resultado del ACP, pone de manifiesto el grado de importancia comparativa de las variables que se estudian y permite definir cuáles caracterizan la colección y, a su vez, describe cómo se relacionan entre sí.

Considerando que en el caso de las especies no leguminosas solamente la FDN no se relacionó en ninguno de los tres primeros componentes, se puede señalar que, desde el punto de vista comparativo, no presenta relevancia alguna.

Comparando los resultados del ACP de las especies leguminosas y no leguminosas se observó que las variables EB, TC, TPP, ET, DMS y DPB fueron las que presentaron mayor importancia, ya que aportaron mayor variabilidad en ambos grupos. En tal sentido, en evaluaciones de recursos forrajeros se ha establecido que la concentración de compuestos secundarios y variables asociadas al valor nutritivo, más que otros indicadores funcionales, resultan de vital importancia en la caracterización integral de recursos forrajeros en el trópico [Baldizán, 2003; García *et al.*, 2008a,b].

De las relaciones observadas mediante las correlaciones lineales de las especies leguminosas se deduce que la concentración de los polifenoles presentes en dichos forrajes afectan de manera negativa la digestibilidad de la materia seca; aspecto que ha sido señalado en numerosas investigaciones de evaluación de forrajes, independientemente de la fuente vegetal que los contiene, la naturaleza estructural de los mismos y la concentración en que se encuentren en el tejido vegetal [Makkar, 2003]. Asimismo, la relación positiva entre la TIU con los niveles de FT y entre la DPB con la TIA y la TIU, permite inferir que los inhibidores de enzimas, expresados por su actividad biológica, y algunos fenoles presentes en los follajes evaluados, afectan la degradación de la PB en condiciones *in vitro*; este aspecto de gran significación biológica en el caso de que estos forrajes sean suministrados en elevada proporción en la dieta a animales monogástricos, cuyo metabolismo del nitrógeno es afectado más severamente por estos compuestos [García y Medina, 2006].

La asociación entre los niveles de FT y la actividad de los inhibidores podría constituir una estrategia de defensa de este tipo de plantas; tal aspecto ha sido señalado en investigaciones previas con otros forrajes utilizando diferentes tipos de análisis de datos [García *et al.*, 2008a, b].

En el caso de las correlaciones altamente significativas observadas entre los dos tipos de taninos y la digestibilidad de la materia seca en las especies no leguminosas, pone de manifiesto que resulta equivalente la selección de una de cada grupo de variables para evaluar —de forma general— la composición y la digestibilidad de estos forrajes.

La correlación negativa y significativa entre la DMS con la concentración de FT ha sido también informada por numerosos autores que han estudiado el efecto de los polifenoles en el valor nutritivo de los forrajes usando ensayos *in vitro* e *in vivo* [Kai-tho *et al.*, 1998; Makkar, 2003; Galindo *et al.*, 2005]. Sin embargo, la influencia negativa de los ET en la digestibilidad de la materia seca, no ha sido muy documentada en especies con potencial forrajero. Al respecto, Personious *et al.* [1987] informaron la influencia de algunos esteroides en la preferencia por forrajes y su relación con la aparición de reflejos condicionados relacionados con el olor y el sabor de los forrajes que contienen estos tipos de compuestos. Este aspecto, sobre la influencia de los ET, es particularmente importante en el caso de las especies no leguminosas, considerando la baja concentración promedio de los compuestos de la fracción polifenólica (FT, TPP, TC).

## Conclusiones

Los follajes de las especies leguminosas y las de otras familias botánicas presentan características químicas-nutricionales diferenciadas, en función de la concentración y

la variabilidad interespecífica de nutrimentos primarios, compuestos secundarios y digestibilidad *in vitro*.

Los forrajes leguminosos presentaron un perfil polifenólico y actividad de los inhibidores de tripsina superior, lo cual afectó notablemente la digestibilidad de las fracciones nutritivas. Sin embargo, en las especies no leguminosas, los ET y los FT presentaron la mayor incidencia antinutricional en función de las variables medidas *in vitro*. Comparativamente, las variables químicas de mayor importancia en las leguminosas fueron: EB, FDN, cenizas, TC, TPP, ET, TIA, TIU y la digestibilidad (DMS y DPB). Mientras que en las no leguminosas lo fueron: EB, FT, TC, TPP, % Inhibición, DMS y DPB.

Las correlaciones demostraron que en leguminosas los TPP afectan drásticamente la DMS y la DPB y los inhibidores de proteasas la DPB, mientras que en las no leguminosas son los FT y los ET los que influyen negativamente en el valor nutricional.

Aun cuando las especies estudiadas se diferenciaron en términos de la composición química nutricional, el follaje de todas se sugiere como fuente suplementaria de proteínas y otros nutrimentos en la alimentación animal.

### Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al personal técnico de la Estación Experimental de la Universidad de los Andes, estado Trujillo, Venezuela, por la colaboración prestada en la recolección y el pre-tratamiento de las muestras.

### Literatura citada

- Abdulrazak, S. S.; Fujihara, T.; Ondiek, J. K. and Orskov, E. R. 2000. *Nutritive evaluation of some Acacia tree leaves from Kenya*. Anim. Feed Sci. Technol., 85: 89-98.
- Aerts, R. J.; Barry, T. N. and McNabb, W. C. 1999. *Polyphenols and agriculture: beneficial effect of proanthocyanidins in forages*. Agric. Ecosys. Environ., 75:1-12.
- AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15<sup>th</sup> Ed. Association of Official Agricultural Chemistry. Washington, D.C., USA. 500 pp.
- Ankom. 2005. *In Vitro true digestibility using the DAISY<sup>II</sup> incubator*. Ankom Inc. Macedon, NY, USA. Disponible en línea: [http://www.ankom.com/09\\_procedures/Daisy%20method.pdf](http://www.ankom.com/09_procedures/Daisy%20method.pdf)
- Baldizán, A. 2003. *Producción de biomasa y nutrimentos de la vegetación del bosque seco tropical y su utilización por rumiantes a pastoreo en los Llanos Centrales de Venezuela*. Tesis de Doctorado en Ciencias Agrícolas, Caracas, Venezuela. 288 pp.
- Calsamiglia, S. and Stern, M. D. 1995. *A three-step in vitro procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants*. J. Anim. Sci. 73:1459-1465.
- Galindo, J.; Delgado, D.; Pedraza, R. y García, D. E. 2005. *Impacto de los árboles, los arbustos y otras leguminosas en la ecología ruminal de animales que consumen dietas fibrosas*. Pastos y Forrajes, 28(1): 59-68.

- García, D. E. 2003. *Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de Morus alba* (Linn.). Tesis de Maestría, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Cuba. 97 pp.
- García, D. E. y Ojeda, F. 2004. *Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de Morus alba* (L.). II Polifenoles totales. Pastos y Forrajes, 27: 59-64.
- García, D. E.; Medina, M. G. y Ojeda, F. 2005a. *Efecto de los niveles de fertilización, la variedad y la época en los contenidos de saponinas esteroidales en morera* (Morus alba L.). Rev. AIA II 9(2): 56-64.
- García, D. E.; Medina, M. G.; Soca, M. y Montejo, I. L. 2005b. *Toxicidad de leguminosas forrajeras en la alimentación de los animales monogástricos*. Pastos y Forrajes, 28(4): 279-289.
- García, D. E. y Medina, M. G. 2006. *Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros*. Zootecnia Trop., 24(3): 233-250.
- García, D. E.; Medina, M. G.; Humbría, J.; Domínguez, C. E.; Baldizán, A.; Cova, L. J. y Soca, M. 2006. *Composición proximal, niveles de metabolitos secundarios y valor nutritivo del follaje de algunos árboles forrajeros tropicales*. Arch. Zootecnia, 55(212): 373-384.
- García, D. E.; Wencomo, H. B.; González, M. E.; Medina, M. G. y Cova, L. J. 2008a. *Caracterización de diez cultivares forrajeros de Leucaena leucocephala basada en la composición química y la degradabilidad ruminal*. Rev. MVZ (Córdoba) (en prensa).
- García, D. E.; Wencomo, H. B.; Medina, M. G.; González, M. E.; Noda, Y.; Cova, L. J. y Spengler, I. 2008b. *Evaluación de la calidad nutritiva de siete ecotipos de Leucaena macrophylla* (Benth.) en un suelo ferralítico rojo lixiviado. Rev. Fac. Agron. (LUZ), 25(1): 43-67.
- Goering, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. *Forage Fiber Analyses. Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications*. Agric. Handbook No. 379. ARS-USDA, Washington, D. C.
- Hidalgo, R. 2003. *Variabilidad genética y características de especies vegetales*. En: *Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos filogenéticos*. Franco, T. L. e Hidalgo, T. R. (Eds.). Boletín técnico No. 8. Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. 89 pp.
- Kaitho, R. J.; Umunna, N. N.; Nsahlai, I. V.; Tamminga, S. and van Bruchem, J. 1998. *Nitrogen in browse species: Ruminal degradability and post ruminal digestibility measured by mobile nylon bag and in vitro techniques*. J. Sci. Food Agric. 76 (4): 488-491.
- Makkar, H. P. S.; Dawra, R. K. and Singh, B. 1988. *Determination of both tannin and protein in a tannin-protein complex*. J. Agric. Food Chem., 36: 523-525.
- Makkar, H. P. S. 2003. *Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 102 pp.
- Personious, T. L.; Nwambolt, C. L.; Stephens, J. R. and Keiser, R. C. 1987. *Crude terpenoid influence on mule deer preference for sagebrush*. J. Range Manage. 40(1): 84-88.
- Philippeau, G. 1986. *Comment interpréter les résultats d' une analyse in composants principales*. Service des Etudes Statistiques. ITCF. Lusignan, France 4 pp.
- Pineda, M. 2004. *Resúmenes de Fisiología vegetal*. Servicios de publicaciones de la Universidad de Córdoba, Córdoba, España. 204 pp.
- Pizzani, P.; Matute, I.; Martino, G.; Adelis, A.; Godoy, S.; Pereira, L.; Palma, J. y Rengifo, M. 2006. *Composición fitoquímica y nutricional de algunos frutos de árboles de interés forrajero de los Llanos Centrales de Venezuela*. Rev. Fac. Cienc. Vet., 47(2): 105-113.
- Porter, L. J.; Hrstich, L. N. and Chan, B. G. 1986. *The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin*. Phytochem., 25: 223-230.
- Tilley, J. M. A. and Terry, R. A. 1963. *A two stage technique for in vitro digestion of forage crops*. J. Br. Grassl. Soc. 18: 104-111.

- Torres, A. 2007. *Perspectivas de la producción bovina en el estado Trujillo*. Mundo Pecuario, III (1): 14-16.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. and Lewis, B. 1991. *Symposium: Carbohydrate, methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle, Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition*. J. Dairy Sci., 74: 3583-3597.
- Visauta, B. 1998. *Análisis Estadístico con SPSS para Windows*. En: Estadística Multivariante. Mc-Graw-Hill-Interamericana de España. Madrid, España. 200 pp.

Recibido: Noviembre 5, 2008

Aceptado: Junio 19, 2009



Título: *Una mirada al exterior*  
Autor: Adoración Palma García (2manoS)  
Técnica: Chapopote sobre estireno  
Año: 2009

# Efecto de *Beauveria bassiana*, *Beauveria brongniartii* y la aplicación de gasoil en el control de moscas caseras en galpones avícolas

Effect of *Beauveria bassiana*, *Beauveria brongniartii* and gas oil application on house fly control in poultry sheds

Cova, L. J.;<sup>1</sup> Scorza, J. V.;<sup>1</sup> García, D. E.;<sup>2\*</sup> Cañizales, L. M.;<sup>3</sup> Guedez, C. C.;<sup>3</sup> Avendaño, M. L.<sup>1</sup> y Medina, M. G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Experimentales José Witremundo Torrealba Universidad de los Andes (ULA), Trujillo, Venezuela.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Trujillo, Venezuela.

<sup>3</sup> Laboratorio de Fitopatología Dr. Díaz Polanco, NURR- ULA Trujillo, Venezuela.

\*Correspondencia: dagamar8@hotmail.com

## Resumen

Se realizó un experimento en el estado Trujillo, Venezuela, con el objetivo de evaluar en condiciones de campo la patogenicidad de *Beauveria bassiana* y *Beauveria brongniartii* (cepa: LF-08 y LF-05, respectivamente) en comparación con la práctica común de usar gasoil alrededor de los galpones de cría de pollos, como control temporal de *Musca domestica*. Esporas de *B. bassiana* y *B. brongniartii* nebulizadas en el interior de galpones de cría con siete pollos/m<sup>2</sup>, a dosis de  $9 \times 10^7$  conidias/ml en 15 L de agua para cada 1200 m<sup>2</sup>, redujeron significativamente la densidad de moscas adultas. El porcentaje de reducción poblacional se indujo tras nebulizar *B. bassiana* y *B. brongniartii* una vez por semana, durante tres semanas, en un 80, 81 y 100% y 24, 85 y 95 %, respectivamente; con presión entomocida adicional de 94 y 80% a las tres semanas siguientes, respectivamente. La nebulización con agua y aditivos inocuos, en galpones vecinos arrojó valores de reducción de densidad

## Abstract

An experiment was carried out in the state of Trujillo, Venezuela. The objective was to evaluate the pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii* (strain: LF-08 and LF-05, respectively) in field conditions in contrast with the common practice of using gas oil in poultry sheds against *Musca domestica*. Spores of *B. bassiana* and *B. brongniartii* fogged inside poultry sheds containing 7 chickens/m<sup>2</sup> at a dose of  $9 \times 10^7$  conidias/ml in 15 L of water for each 1200 m<sup>2</sup>, reduced the density of mature flies significantly. The percentage of population reduction was induced after fogging *B. bassiana* y *B. brongniartii* once a week for three weeks, in 80, 81, 100 and 24, 85 and 95%, respectively, with additional entomocida pressure of 94 and 80%, respectively, the three following weeks. Fogging with water and innocuous preservatives in neighboring sheds produced a density reduction value of 67, 94 and 61%, respectively, with additional entomocida pressure of 91%. In the gas oil tried

de moscas de 67, 94 y 61%, respectivamente, con presión entomocida adicional de 91%. En los galpones tratados sólo con gasoil, se registró una densidad de moscas de -55, 70 y -115 %, respectivamente, con presión entomocida adicional de 91%. Los resultados permiten concluir que el uso de ambos hongos entomopatógenos es factible para controlar a *M. domestica* en galpones avícolas, mediante una aplicación semanal durante tres semanas.

### Palabras clave

Control biológico, acción patogénica, hongo entomopatógeno, control químico, gasoil.

sheds, a density of -55, 70 and -115 % were observed, with an additional entomocide pressure of 91%. Results show that the use of both entomopathogenic fungi is feasible for the *M. domestica* control in poultry sheds by applying them weekly for three weeks.

### Key words

Biological control, pathogenic action, entomopathogenic fungi, chemical control, gasoil.

## Introducción

El interés por la investigación de los hongos entomopatógenos, en América, ha sido enfatizado por numerosos autores [Alves *et al.*, 1996]. En este sentido, se ha reportado un grupo con más de 750 especies de casi 100 géneros que pueden infectar insectos [Khachatourians, 1991; Khachatourians, 1996]. Sin embargo, pocos han sido estudiados en profundidad. Entre los más investigados se encuentran: *Beauveria bassiana*, *Beauveria brongniartii*, *Lagenidium giganteum*, *Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*, los cuales han sido utilizados comercialmente [Wraight *et al.*, 1998]. Aunque el control biológico, en el caso de moscas, es a menudo descrito y rara vez practicado, tiene significado en el caso de las polleras, ya que no pueden aplicarse masivamente pesticidas o utilizarse recursos como el ozono [Masten *et al.*, 2002] que demanda tecnología muy cara. Por lo tanto, los hongos entomopatógenos constituyen actualmente una alternativa para el control de insectos transmisores de enfermedades, frente al uso indiscriminado de insecticidas [Pucheta *et al.*, 2006]. El uso extensivo de estos plaguicidas sintéticos no son recomendables en la explotación con animales, donde las intervenciones de control deberían hacerse con medios biológicos, los cuales son más específicos y sin riesgos de contaminación para los productores y consumidores [Cova y Scorza, 2006; Scorza y Cova, 2006].

Georghiou y Mellon [1983] reportan que *Musca domestica* es resistente a casi todos los grandes grupos de insecticidas, los cuales afectan la salud pública. Investigaciones realizadas en las Filipinas revelaron una elevada resistencia en la generación F<sub>1</sub> de moscas colectadas en una granja avícola, contra cuatro insecticidas de uso común

que incluyó un clorado, un fosforado, un carbamato y un piretroide, confirmando resultados que son generales para las moscas sinantrópicas [Nazni *et al.*, 1998].

Por otro lado, el estiércol proveniente de los sistemas de producción animal, es un medio excepcional para el cultivo de larvas de insectos, en especial de *M. domestica* [Moon *et al.*, 2001] y su abundancia en ciertos lugares se debe a la acumulación de larvas en las granjas y su posterior traslado comercial a las zonas agrícolas [Avancini y Silveira, 2000]. Simultáneamente, el aumento de la producción avícola, con excesiva producción de estiércol, ha conducido al incremento poblacional de moscas domésticas en todas las partes del mundo [Axtell y Arends, 1990] y al riesgo de su mayor distribución a distancia por el consumo de la gallinaza como abono en localidades hortícolas [Peter y Zacharda, 1997]. Esta problemática es generalizada y ya Asher [1961], en Israel, lo había destacado advirtiendo la inutilidad del uso de insecticidas sintéticos para el control de las moscas en granjas.

Avancini y Silveira [2000] reportaron que en zonas productivas de Brasil, *M. domestica* integra más del 80% de la población de *Musca* y en los Andes de Venezuela, Cedeño y Añez [2001] han advertido que es inconveniente el uso excesivo de estiércol de pollo o gallinaza como abono en horticultura, por la proliferación de moscas que produce, a la vez que han recomendado la aplicación de sanciones para los usuarios de gallinaza que no cumplan con exigencias sanitarias, tales como su almacenamiento en seco o su mezcla con cal.

No obstante, Steinkraus *et al.* [1990] reportaron, por primera vez, el ataque natural de *B. bassiana* a *M. domestica* en condiciones naturales. El primer reporte en el Neotrópico, de moscas domésticas adultas contaminadas, naturalmente con *B. bassiana* en galpones de pollos, con una prevalencia de 0.4-1.45%; lo informaron Siri *et al.* [2005] en La Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina. Los ensayos de laboratorio con estos hongos mostraron un 94% de mortalidad a los 14 días. Lecuona *et al.* [2005] informaron que de 19 cepas y especies de hongos entomopatógenos que fueron ensayados por su potencial como control biológico de *M. domestica* L. sobre larvas, pupas y moscas adultas machos y hembras, cinco cepas de *B. bassiana* (Bals.) Vuill. fueron, relativamente, las más virulentas. Tres de ellas fueron escogidas por su eficiencia patogénica (90% de mortalidad en 15 días de exposición).

Hay preocupación por una posible contaminación de animales y humanos con estos hongos; sin embargo, se considera a *Beauveria* sp. sin riesgo para humanos y animales, sobre todo para aquellos que consumen alimentos provenientes de campos tratados con estos entomopatógenos; adicionalmente, es considerado muy seguro para el ambiente; de hecho, en Austria se registró a *B. brongniartii*, como controlador sin restricciones para las cucarachas europeas (*M. melonthea* y *M. hipocastani* -Coleoptera: *Scarabaeidae*-), bajo el N° 2582 de la Austrian Plant Protection Product Register [Strasser *et al.*, 2009].

A nivel de laboratorio, y bajo condiciones controladas, fueron desarrollados bioensayos por De la Rosa *et al.* [2002] para evaluar el efecto de ocho cepas de *B. bassiana* contra larvas, pupas y hembras adultas de la mosca Mexicana de la fruta (*Anastrepha ludens*), mostraron que la mortalidad en los estadios inmaduros fue baja, 2-8% en larvas y 0 % en pupas; sin embargo, fue alta en adultos, 100%, 98% y 98% para las tres cepas más virulentas; lo cual demuestra que la acción de los hongos es selectiva y su virulencia está relacionada, entre otros factores, con la especie, el hospedero y su ciclo biológico.

Adicionalmente, Quesada-Moraga y Vey [2003] reportaron que hubo una disminución del efecto tóxico y la virulencia de *B. bassiana*, al replicar cepas en el medio de cultivo Sabouraud dextrosa agar y aumentó en el medio de cultivo con Malta agar. Sin embargo, fue muy superior sobre su huésped original, la langosta marroquí (*Doclostaurus marroccanus*). Lohmeyer y Miller [2006] evaluaron formulaciones en polvo de tres especies de hongos entomopatógenos sobre *Hematobia irritans*. Las moscas fueron tratadas con *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. fumosoroseus* en el laboratorio, para una mortalidad a los siete días de 100, 73 y 33%, respectivamente.

En trabajos recientes [Scorza y Cova, 2006; Cova *et al.*, 2009a] se confirmó la acción patógena de dos cepas de *B. bassiana* y *B. brongniartii* contra adultos de *M. domestica*, capturados en una granja avícola de las cercanías de Isnotú, en el estado Trujillo, Venezuela. En dicha comunicación se reportó que con una dosis de contaminación individual de 6,000 conidias de *B. bassiana* y *B. brongniartii* por imago tratado, el 95% de los adultos perecían en 6 y 9 días, respectivamente. De igual forma, [Cova y Scorza, 2006; Cova *et al.*, 2009b] reportaron un 100% de mortalidad de moscas domésticas con la aplicación de *B. bassiana* y *B. brongniartii*, a la concentración de  $9 \times 10^7$  conidiosporas/ml, durante tres semanas, en galpones de cría de pollos, en la misma localidad de Agua Clara, en Trujillo.

Por tales motivos, el objetivo de esta investigación fue comparar la actividad entomopatógena de *B. brongniartii* (cepa LF-05) y de *B. bassiana* (cepa LF-08), contra el efecto insecticida del gasoil asperjado alrededor de los galpones, como control tradicional utilizado por los productores avícolas en el estado Trujillo, Venezuela.

## Materiales y métodos

### *Ubicación y condiciones del ensayo*

La investigación se realizó en unidades avícolas de Sara Linda y Agua Clara, próximas a la población de Isnotú, en el Municipio Rafael Rangel del estado Trujillo, entre 600 y 800 msnm (09°16'00" de latitud norte y 70°39'30" de longitud oeste), con temperatura media de 25°C, a dos kilómetros de distancia entre sí, y conformadas,

respectivamente, por dos y tres galpones de 10 m de ancho, 120 m de largo y 3.5 m de alto. Los galpones se encontraban separados entre sí por 20 hasta 40 m, tenían piso de tierra pisada recubierta con cáscaras de arroz y techos de zinc, paredes de alambre de gallinero y zócalo de cemento armado de 50 cm de alto. En ambos complejos se criaban, siete pollos de engorde (raza: Cornish)/m<sup>2</sup> hasta los 45 días. Es necesario indicar que en la zona cercana a los galpones de cría de pollos, se ubicaban también trapiches de caña paneleros, creándose así, un nicho ideal para el ciclo reproductivo de *M. domestica*.

Las conidias de *B. bassiana* se obtuvieron a partir de insectos (*Hypothenemus hampei*) contaminados de forma natural y alojados en frutos de café proveniente de una finca en San Cristóbal de las Casas, estado Mérida, Venezuela. Las conidias de *B. brongniartii* (LF-05) formaban parte de la colección del Laboratorio de Fitopatología del Núcleo Universitario Rafael Rangel, de la Universidad de los Andes, Trujillo, Venezuela, la cual provenía inicialmente de Lima, Perú.

Los hongos fueron propagados en medio de cultivo agar-papa-dextrosa y luego en arroz semicruero esterilizado para la propagación en masa. A partir de colonias desarrolladas sobre medio sólido de agar papa con dextrosa durante dos semanas, se utilizaron fragmentos de agar con desarrollo fúngico, suspendidos en agua desionizada con 1:10 000 de Tween-80; luego, se inocularon en arroz descascarado, previamente humedecido al 30% (p/v) y esterilizado dentro de bolsas de polietileno a 115°C durante 15 minutos. El arroz inoculado se incubó a temperatura ambiente (25°C) en penumbra, durante dos semanas. Tamizando el desarrollo fúngico, a través de organdi, se cosecharon las esporas para después recogerlas en envases secos de aluminio esterilizado. Los ensayos de germinación de las esporas se realizaron mediante la técnica de Milner *et al.* (1991); éstos, revelaron más de 90% de eclosión.

A nivel de campo y según el diseño de trabajo (figura 1), en dos grupos de tres galpones (1, 2 y 3) y (7, 8 y 9) de Agua Clara, se aplicaron —en su interior— dosis repetidas de *B. bassiana* y *B. brongniartii*, respectivamente. En otros tres galpones (4, 5 y 6)-(control cercano: 1, 2 y 3) y en los lejanos (A y B) de Sara Linda no se aplicaron hongos en su interior, sino sólo agua con aditivos.

Dado que aplicar insecticidas dentro de los galpones es inconveniente para la salud de los pollos, y debido a la alta densidad de moscas, los productores usan como paliativo de control, el asperjar gasoil alrededor de los galpones, de acuerdo con sus criterios empíricos de alta densidad de moscas. Esto implica la imposibilidad de tener controles sin ningún tratamiento.

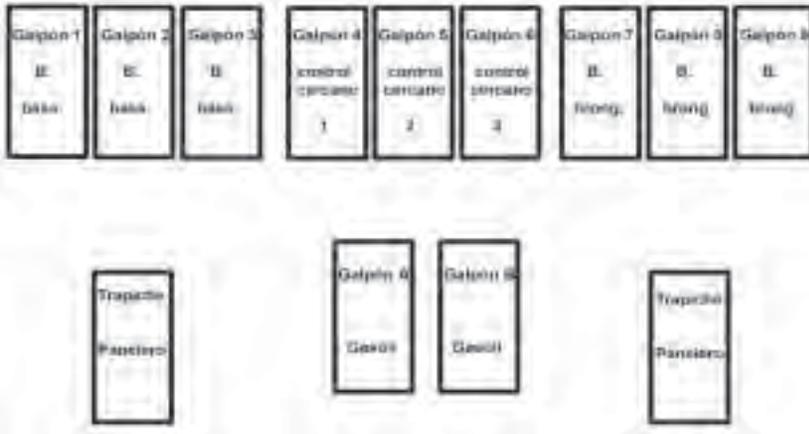
### Aplicación de *B. brongniartii* y *B. bassiana*

A razón de 195 g de arroz en 15 l de agua por cada 1,200 m<sup>2</sup>, la suspensión conteniendo  $9 \times 10^7$  conidias/ml, Tween 80 a 0.1 ml/l y 3 g /l de leche en polvo, se asperjó en los galpones experimentales, rociando toda el área cubierta de cáscaras de arroz, comederos, bebederos, cables, incluso los pollos y la parte interna de los zócalos. En los seis galpones de Agua Clara, se aplicaron los hongos mediante nebulización interna mecánica, con una bomba portátil de espalda con palanca manual de 20 l de capacidad. De igual modo, pero nebulizando solamente agua con Tween 80 a 0.1 ml/l y 3 g /l de leche en polvo, se rociaron tres galpones en Agua Clara y en los dos galpones de Sara Linda. Se hicieron tres aspersiones en cada localidad, una por semana, inmediatamente después del recuento de las moscas.

El recuento de moscas se hizo con tres rejillas de madera, según Scudder [1947] utilizado por Gómez-Núñez [1960], para contar moscas ínter domiciliarias en una localidad urbana al norte de Venezuela.

Se colocaron las tres rejillas, separadas unas de otras —por al menos 3 m— inclinadas verticalmente en uno de los extremos internos de cada galpón, y luego en un extremo externo.

Figura 1. Distribución espacial de los galpones involucrados en la prueba experimental.



Se realizó el recuento de moscas durante un minuto, según la metodología de Scudder [1947]; entre las 9:00 y las 11:00 de la mañana, evitando movimientos bruscos para no alterar el comportamiento de los insectos.

Las mediciones se hicieron cada vez por sextuplicado; las cuales se realizaron contando las moscas en las tres rejillas de afuera y las tres de adentro en cada galpón. La densidad de moscas se midió como promedio de las lecturas u observaciones en los tres y los dos galpones (1, 2 y 3), (7, 8 y 9), (4, 5 y 6) y (A y B). El efecto del tratamiento fue cuantificado calculando el porcentaje de reducción de moscas según la fórmula propuesta por Mulla *et al.* (1971).

$$\% \text{ de Reducción} = 100 - [(C1/C2 \times T2/T1) \times 100]$$

C1 y C2 = Número de moscas en los controles antes (C1)  
y después (C2) del tratamiento.

T1 y T2 = Número de moscas en los galpones tratados antes (T1)  
y después (T2) del tratamiento.

Sin embargo, como no fue posible tener un control absoluto sin tratamiento, dada la práctica del uso del gasoil como control de moscas (en la parte externa de los galpones A y B), además de la cercanía de los galpones 4, 5 y 6 a los galpones tratados, se decidió considerar el término C1/C2 de la ecuación propuesta por Mulla *et al.* [1971] como constante, tomando los valores de densidad de moscas máxima para cada galpón, al inicio de los tratamientos, a despecho de que estos valores sean naturalmente fluctuantes en el tiempo, calculando así solamente el efecto de los tratamientos; es decir, T2/T1, quedando la fórmula como a continuación se indica:

$$\% \text{ de reducción} = 100 - [(1 \times T2/T1) \times 100]$$

En ambas localidades se hizo un primer recuento de moscas dos semanas después de introducidas las camadas de pollitos de quince días de edad; luego, se efectuaron otros tres recuentos, uno cada semana, y un quinto y último, tres semanas después de finalizada la cosecha, para un estudio de las poblaciones de moscas a lo largo de las siete semanas.

## Resultados

Las nebulizaciones semanales por tres veces consecutivas con *B. bassiana* y *B. brongniartii* en los galpones 1, 2, 3 y 6, 7 y 8, redujeron la densidad de moscas adultas en un 80, 81, 100 y 24, 85 y 95%, respectivamente, en un periodo de tres semanas, reduciendo a menos de una mosca promedio por rejilla al final del ensayo, en ambos casos; y con presión entomocida adicional de 94 y 80%, respectivamente, a las tres semanas siguientes (cuadro 1). En comparación, la nebulización con agua y aditivos en los galpones 4, 5 y 6 arrojó valores de reducción de densidad de moscas de 67, 94

y 61 %, respectivamente, reduciendo a menos de una mosca promedio por rejilla, igual que en el caso anterior y con presión entomocida adicional de 91% a las tres semanas siguientes.

En los galpones de Sara Linda (A y B), con un área y población similar de pollos, se registró una densidad de moscas promedio de -55, 70 y -115%, respectivamente, en un periodo de tres semanas, con un promedio de seis moscas por rejilla, durante el ensayo, y con presión entomocida adicional de 49% a las tres semanas siguientes.

En el cuadro 1 se muestran los resultados correspondientes a cada uno de los galpones (4, 5 y 6), los cuales fueron: 91, 90 y 100%; 57, 90 y 80%; y 70, 97 y 0%, en un periodo de tres semanas, con presión entomocida adicional de 89, 90 y 92%, respectivamente, a las tres semanas siguientes.

De acuerdo con los cálculos realizados sobre los datos del experimento, para expresar los porcentajes de reducción, se podría inferir una ligera eficiencia de *B. bassiana* sobre *B. brongniartii*. Sin embargo, en el promedio de moscas por rejilla, al final del ensayo, para cada tratamiento, no se observaron diferencias sustanciales. Igualmente, se observó el mismo comportamiento con el efecto de la vecindad entomocida sobre las poblaciones de moscas en los galpones 4, 5 y 6 (no tratados), considerados teóricamente como controles. Es de hacer notar los valores negativos que se presentan en los porcentajes de reducción en las densidades de poblaciones de moscas en los galpones A y B, tratados en la parte externa con gasoil, lo cual indica un decrecimiento a saltos de la población de moscas en función de la aplicación del gasoil, el cual no tiene efecto epizootico, como los hongos involucrados en el experimento. Finalmente, dado que se observó el efecto de la vecindad entomocida sobre los galpones 4, 5 y 6, se decidió tomar los valores de reducción de la densidad de moscas de forma individual por galpón, para observar cuál de los dos hongos presentó el mayor efecto.

Parece evidente que el mayor efecto de la vecindad entomocida lo presentó el galpón 4 —con *B. bassiana*— que el galpón 6, con *B. brongniartii*. Sin embargo, ocurre el mismo fenómeno anteriormente descrito, observándose menos de una mosca promedio por rejilla al final del ensayo.

Es de resaltar también que, una vez finalizada la cosecha de pollos, tradicionalmente se realiza una limpieza profunda en el piso y zócalo de los galpones, incluso con fuego, proveniente de un soplete con gas a presión; quizá esto pudiera enmascarar las diferencias en los valores de reducción poblacional en los galpones tratados y sus vecinos a las tres semanas siguientes. No obstante, la reducción sí es el doble, comparada con los galpones tratados con gasoil.

Cuadro 1. Medias y porcentajes de reducción de moscas en galpones de cría de pollos nebulizados adentro con *B. bassiana* y *B. brongniartii* (galpones 1, 2 y 3 con *B. bassiana* y 7, 8 y 9 con *B. brongniartii*), con agua (galpones 4, 5 y 6) y con gasoil afuera (galpones A y B).

Tratamiento	Fecha (mes-año)								
	16-Jun	23-Jun	30-6 $\Delta^1$	7-7 $\Delta^2$	14-7 $\Delta^3$	21-Jul	28-Jul	04-Ago	11-Ago
<i>B. bassiana</i>	*1		14.56	2.94	0.56	0	*2	*3	0.83
% RED				80	81	100			94
<i>B. brongniartii</i>	*1		9.94	7.56	1.1	0.06	*2	*3	1.94
% RED				24	85	95			80
Control cercano 1 (GALPÓN 4)	*1	17.17	18.83	1.67	0.17	0	*2	*3	2.00
% RED				91	90	100			89
Control cercano 2 (GALPÓN 5)		1.50	19.17	8.17	0.83	0.17	*2	*3	2.00
% RED				57	90	80			90
Control cercano 3 (GALPÓN 6)	*1	2.67	34.17	10.17	0.33	0.33	*2	*3	2.83
% RED				-55	70	-115			49
Media control cercano % RED				67	94	61			91
GASOIL	*1	17.33	5.67	8.83	2.67	5.75	*2	*3	8.83
% RED				-55	70	-115			49

\*1: Inicio de cría; \*2: Cosecha y limpieza de galpones; \*3: Nuevo ciclo de cría;  $\Delta^1$ : Primera nebulización;  $\Delta^2$ : Segunda nebulización;  $\Delta^3$ : Tercera nebulización; RED: reducción.

## Discusión

En los galpones experimentales tratados con conidias de *B. bassiana* y *B. brongniartii*, a partir de la primera semana de aplicación, fue constante el hallazgo de moscas sobre las paredes de los zócalos de los galpones, casi inmóviles o incapaces de volar y de moscas cubiertas de micelio blanco en el perímetro adyacente. Wu-Chun *et al.* [1991] señalaron que la mosca doméstica exhibe un comportamiento gregario en granjas avícolas y que el tipo de diseño de la pollera se ha relacionado con su abundancia, siendo mayor en aquellas con techos en ángulos y con limpieza poco frecuente, donde las moscas tienden a acumularse en los extremos anterior y posterior de las instalaciones. Asimismo, Horton [1987] reporta que el comportamiento gregario de la mosca doméstica ayuda a la transmisión del hongo entre ellas, aspecto que se corroboró en el presente ensayo, en función de los galpones vecinos a los tratados.

Aunque no hay reportes sobre el comportamiento de *B. bassiana* y *B. brongniartii* en *M. domestica* en galpones avícolas utilizando la metodología propuesta por Scudder [1947], ni tampoco en otras condiciones ambientales, recientemente se han realizado ensayos en galpones avícolas solamente en la parte interior de las unidades experimentales [Cova *et al.*, 2009b,c]; aún con estas salvedades, los datos obtenidos en dichas investigaciones no difieren sustancialmente con los resultados del presente trabajo.

La actividad entomocida o reguladora de la población de moscas, en los galpones tratados, se prolongó durante los dos meses subsiguientes, cuando se restableció la actividad procreadora de estos insectos.

Considerando la proximidad de hogares, escuelas y dispensarios de salud a la unidad de cría de pollos, las moscas pueden actuar como transportadoras y excretoras de bacterias entero hemorrágicas a los humanos que conviven en la comunidad [Avancini y Silveira, 2000; Sasaki *et al.*, 2000]. En este sentido, recientemente se ha demostrado que este transporte no es simplemente por contaminación mecánica, sino también es interno por excreción, como ocurre con *Escherichia coli* [Kobayashi *et al.*, 1999; Sasaki *et al.*, 2000], por lo cual, constituyen un motivo de alarma en salud pública para los pobladores aledaños, dando lugar a alarma permanente en la prensa local.

Aunque no se consideró la posibilidad de una acción epizootica, el registro de una prolongada reducción de la densidad de moscas, hasta tres semanas después de la última nebulización de *B. brongniartii* y *B. bassiana* en los nueve galpones experimentales, sugiere que su acción letal, una vez desaparecida la población de hembras adultas, se prolonga mucho más allá de la duración del ciclo huevo-adulto de la especie, lo cual implica una relativa permanencia en el ambiente, según lo observado en otras especies por Kessler *et al.* [2004], quienes reportan el caso de la sobrevivencia del entomopatógeno *B. brongniartii* y su eficiencia contra la *M. melonthea*, que fue examinado durante 16 meses después de la aplicación del biocontrolador en diferentes tipos de suelos de Suiza. En ausencia de *M. melonthea* en el suelo, la reducción de *B. brongniartii* fue de 90%. En suelos donde *M. melonthea* estaba presente, la sobrevivencia de *B. brongniartii* fue superior. El rápido decrecimiento del entomopatógeno evidencia la alta especificidad hacia ese huésped. Al respecto, Kessler *et al.* [2004], constataron que las larvas de *M. melonthea* causan fuertes daños económicos anuales a la agricultura europea; sin embargo, el control con *B. brongniartii* ha sido exitoso, aunque existe la preocupación referente a la virulencia sobre otros insectos beneficiosos del suelo.

Traugott *et al.* [2008] realizaron ensayos preliminares en el laboratorio, sobre la patogenicidad de *B. brongniartii* en *Nebria brevicollis*, *Amara aulica* y *Pterostichus melanarius*, no encontrando efectos nocivos extremos sobre estas especies. Sin embargo, es seductora la idea de que el pasaje de los entomopatógenos por ciertos medios de cultivo y la aplicación sobre los huéspedes a controlar, aumentan considerablemente su virulencia y toxicidad, la cual decae una vez que disminuye la densidad del huésped en el campo, causada por el efecto patógeno del hongo, volviendo así al equilibrio ecológico elemental predador-presa.

Un elemento importante lo constituye el carácter social del uso de la investigación, que está encaminada a aportar soluciones acordes a las condiciones socioeconómicas de los habitantes de regiones de bajos recursos, donde el manejo de recursos naturales

puede contribuir a disminuir los costos de producción, al tiempo que se fortalece la sustentabilidad de los sistemas productivos del sector.

Otro factor clave consiste en comprometer a los propietarios de las fincas avícolas para ensayar una nueva metodología inocua para el control de moscas dentro de sus instalaciones, con miles de pollos que son fuente fundamental de sus ingresos.

Efectivamente, las repetidas nebulizaciones con conidias de *B. brongniartii* sobre más de ocho mil pollos, han logrado reducir, en tres semanas, entre 95 y 100% las poblaciones de moscas en los galpones y sus alrededores, con el consiguiente alivio para el medio familiar del avicultor y su entorno, quedando sembrada la confianza sobre el uso de este controlador biológico en las unidades de producción. No obstante, se debe difundir intensivamente la información de sus atributos benéficos en el personal docente, donde la cría de pollos en la región Andina Venezolana, y en otras partes de Latinoamérica, constituya el medio de sustento familiar por excelencia de los productores.

## Conclusiones

A lo largo de tres semanas, la densidad de *M. domestica* tratada con  $10^7$  conidias/ml de *B. brongniartii* y *B. bassiana* fue reducida, en prácticamente el 100%, con menos de una mosca promedio por rejilla a las cuatro semanas de haberse iniciado el ensayo. Tres nebulizaciones consecutivas con *B. brongniartii* y *B. bassiana*, una por semana, a la concentración de conidias/ml mencionadas, controlan las poblaciones de moscas adultas por más de siete semanas a partir del inicio del tratamiento, incluidos los galpones vecinos.

En los dos galpones tratados con gasoil en la parte externa, la reducción fue extremadamente fluctuante y la abundancia promedio permaneció en seis moscas por rejilla.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT)-Mérida, Venezuela, por el financiamiento de esta investigación (NURR-C-329-03-09-A). Al Laboratorio de Fitopatología Dr. Carlos Díaz Polanco, del NURR, por el suministro de las cepas utilizadas en el ensayo. A la familia Stanislaio, por facilitarnos los galpones para nuestros ensayos. Al Instituto Nacional de Tierras (INTI) en la persona del T.S.U. Alexander Castro, por su ayuda en el laboratorio y en campo.

## Literatura citada

- Alves, S. B.; Pereira, R. M.; Stimac, J. L. and Vieira, S. A. 1996. *Delayed germination of Beauveria bassiana conidia after prolonged storage at low, above-freezing temperatura*. Biocontrol Sci. and Technol. 6: 575-581.
- Ascher, K. R. 1961. *Houseflies in Israel. III Some observations at breeding sites in rural areas, and considerations about the influence of Israeli mamusa handling methods of houseflies breeding*. Zchr. Angew. Entomol. 48: 115-162.
- Avancini, R. and Silveira, G. 2000. *Age structure and abundance in populations of muscoid flies from a poultry facility in Southeast Brazil*. Mem. Inst. O. Cruz, 95: 259-264.
- Axel, R. C. and Arends, J. J. 1990. *Ecology and management of arthropod pest odd poultry*. Ann. Rev. Entomol. 35: 101-126.
- Cedeño, L. y Añez, B. 2001. *Breve reseña sobre beneficios e inconveniente derivados del uso del estiércol en la agricultura*. Bol. Divulg. IIAP, Mérida. 26: 17-19.
- Cova, L. J. y Scorza, J. V. 2006. *Control temporal de moscas caseras (Musca domestica) en galpones avícolas mediante nebulizaciones con conidias de Beauveria bassiana*. Bol. Malariol. Salud Amb. XLVI (2): 137-142.
- Cova, L. J.; Scorza, J. V.; García, D. E.; Cañizales, L. M.; Guedez, C. C.; Maffey, M. y Medina, M. G. 2009a. *Patogenicidad in vitro de Beauveria brongniartii (Sacc.) Petch en Musca domestica (Linn.) como posible estrategia de control biológico en áreas ganaderas*. Zootecnia Trop. (En prensa).
- Cova, L. J.; Scorza, J. V.; García, D. E.; Cañizales, L. M.; Guedez, C. C.; Maffey, M. y Medina, M. G. 2009b. *Control temporal de moscas caseras (Musca domestica) en galpones avícolas mediante nebulizaciones con conidias de Beauveria brongniartii*. Zootecnia Trop. (En prensa).
- Cova, L. J.; Scorza, J. V.; García, D. E.; Avendaño, M. L.; Castro, A. R. y Medina, M. G. 2009c. *Comparación de Beauveria bassiana y Beauveria brongniartii en el control de moscas (Musca domestica) en condiciones in vitro y en galpones avícolas*. Bol. Malariol. Salud Amb. (En prensa).
- Georghiou, G. R. and Mellon, R. 1983. *Pesticide resistance in time and space*. In: Georghiou, G. P. and Saito, T. (Eds.). Pest resistance to pesticides, Plenum Press, New York. p. 1-46.
- Gómez-Núñez, J. C. 1960. *Índice de densidad de moscas*. Bol. Inf. Div. Malariol. 2: 13-15.
- Horton, D. L. 1987. *Influence of poultry house desing on adult house fly distribution*. J. Agric. Entomol. 4: 61-65.
- Khachatourians, G. G. 1991. *Physiology and genetics of entomopathogenic fungi*. En: Arora, D. K.; Ajello, L.; Mukerji, K. G. (Eds.). Handbook of Applied Mycology Vol. 2: Humans, animals and insects. Dakker. Nueva York, Estados Unidos, pp. 613-661.
- Khachatourians, G. G. 1996. *Biochemistry and molecular biology of entomopathogenic fungi*. En: Howard, D. H.; Miller, J. D. (Eds.). The Mycota VI. Human and animal relationship. Springer. Berlin, Alemania, pp. 331-364.
- Kessler, P.; Enkerl, J.; Schweize, C. and Keller, S. 2004. *Survival of Beauveria brongniartii in the soil after application as a biocontrol agent against the European cockchafer Melontha melontha*. Biocontrol. 49 (5): 563-581.
- Kobayashi, M.; Sasaki, T.; Saito, N.; Tamura, K.; Suzuki, K.; Watanabe, H. and Agui, N. 1999. *Houseflies: Not simple mechanical vectors of enterohemorrhagic Escherichia coli*. Am. J. Trop. Med. Hyg. 61: 625-629.
- Lecuona, R.; Turica, M.; Tarocco, F. and Crespo, D. 2005. *Microbial control of Musca domestica (Diptera: musidae) with selected strains of Beauveria bassiana*. J. Med. Entomol. 42 (3): 332-336.
- Lohmeyer, K. and Miller, J. 2006. *Pathogenicity of three formulations of entomopathogenic fungi for control of adult Haematobia irritans (Diptera: Muscidae)*. J. Econ. Entomo. 99 (6): 1943-1947.

- Masten, S.; Kim-Yang, A.; Walker, E. D.; Roman, H. and Yokoyama, N. 2002. *Toxicity of ozonated animal manure to the house fly, Musca domestica*. J. Environ. Qual. 30: 1624-1650.
- Milner, R.; Huppatz, R. and Swaris, B. 1991. *A new method for assessment of germination of Metarhizium conidia*. J. Invert. Pathol. 57: 121-123.
- Moon, R. D., Hinton, J.; Rourke, S. O. and Schmidt, D. 2001. *Nutritional value of fresh and composted poultry manure for house fly (Diptera: Muscidae) larvae*. J. Econ. Entomol. 94: 1308-1317.
- Mulla, M.; Norland, R.; Fanara, D.; Darwazeh, H. and Menean, D. 1971. *Control chironomid midges in recreational lakes*. J. Econ. Entomol. 64: 300-307.
- Nazni, W.; Ursula, M. H.; Lee, H. and Sadiyah, L. 1998. *Susceptibility of Musca domestica L. (Diptera: Muscidae) from various breeding sites to community used insecticides*. J. Vect. Ecol. 23: 54-60.
- Peter, V. and Zacharda, F. 1997. *Collection, storage and transport of poultry wastes*. In: Animal wastes. Appl. Sci. Publ. London, pp. 3-45.
- Pucheta, M.; Flores, A.; Rodríguez, S. y Torre de la, M. 2006. *Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos*. Interciencia. 31(12): 856-860.
- Quesada-Moraga, E. and Vey, A. 2003. *Intra-specific variation in virulence and in vitro production of macromolecular toxins active against locust among Beauveria bassiana strains and effects of in vitro and in vivo passage on these factors*. Biocontrol Sci. and Technol. Vol. 13: 323-340.
- Rosa de la, W.; López, F. and Liedo, P. 2002. *Beauveria bassiana as a pathogen of the Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) under laboratory conditions*. J. Econ. Entomol. 95 (1): 36-43.
- Sasaki, T.; Kobayashi, M. and Agui, N. 2000. *Epidemiologic potential of excretion regurgitation by Musca domestica (Diptera: Muscidae) in the dissemination of Escherichia coli O157: H2 to food*. J. Med. Entomol. 37: 945-949.
- Scudder, H. 1947. *A new technique for sampling the density of house fly populations*. Publ. Health Rep. 62: 681-686.
- Scorza, J. V. y Cova, L. J. 2006. *Acción patógena de una cepa venezolana de Beauveria bassiana para Musca domestica (Diptera: Muscidae)*. Bol. Malariol. Salud Amb. 46: 119-130.
- Siri, A.; Scorsetti, C.; Dikgolz, V. E. and López, C. 2005. *Natural infection caused by the fungus Beauveria bassiana as a pathogen of Musca domestica in the neotropic*. Biocontrol 50(6): 937-949.
- Steinkraus, D.; Geden, D.; Rutz, C. and Kramer, J. 1990. *First report of the natural occurrence of Beauveria bassiana (Moniliales: Moniliaceae) in Musca domestica (Diptera: Muscidae)*. J. Med. Entomol. 27: 309-312.
- Strasser, H.; Langle, T. Y. and Pernfub, B. 2009. *Beauveria brongniartii (Saccardo) Petch is a safe insecticide to control the European cockchafer*. Actividad de Proyecto BIPESCO (FAIR6-CT98-4105). Disponible en: [http://bipesco.uibk.ac.at/\(rebeca workshops\)](http://bipesco.uibk.ac.at/(rebeca%20workshops)) (Consultado el 20 de febrero de 2009).
- Traugott, M.; Strasser, H. and Priester, U. 2008. *Impact of the entomopathogenic fungus Beauveria brongniartii on non-target carabid larvae representing beneficial invertebrates*. [www.uibk.ac.at / bipesco/proyets/ifoam\\_base1.Pdf](http://www.uibk.ac.at/bipesco/proyets/ifoam_base1.Pdf). (Consultada el 8 de diciembre de 2008).
- Wraight, S.; Carruthers, R.; Bradley, C.; Jaronsky, S.; Lacey, L.; Word, P. and Galaini, W. S. 1998. *Pathogenicity of the entomopathogenic fungi Paecilomyces spp. and Beauveria bassiana against the silverleaf whitefly, Bemisia argentifolii*. Biol. Control 17: 203-217.
- Wu-Chun, T.; Li-Cheng, T.; Mel-Hwa, K. and Hon, R. F. 1991. *The aggregation behavior of the adult house fly (Musca domestica) in a poultry farm*. Entomol. Abstracts. 7: 103-106.

Recibido: Enero 27, 2009

Aceptado: Junio 15, 2009



Título: *Pasado silvestre*

Autor: Adoración Palma García (2manoS)

Técnica: Mixta sobre madera (piroxilina y acrílico)

Medidas: 13.5 x 27cm

Año: 2009

# Crecimiento compensatorio en tilapia *Oreochromis niloticus* posterior a su alimentación con harina de plátano

Compensatory growth in tilapia *Oreochromis niloticus*, after a period of feeding with banana flour

Delgado-Vidal, F. K.;<sup>1\*</sup> Gallardo-Collí, A.;<sup>1</sup> Cuevas-Pérez, L.<sup>1</sup> y García-Ulloa, M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad del Mar, Ciudad Universitaria S/N, Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca, México (C. P. 70902). Tel.: 01 (958) 43049.

<sup>2</sup> Laboratorio de Ciencias Marinas, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Guadalajara, Miguel López de Legazpi 235, Barra de Navidad, Jalisco, México. (C. P. 48987). Tel./Fax: 01 (335) 55130.

\* Correspondencia: fatima@angel.umar.mx

## Resumen

Cuando un organismo acuático en cultivo es sometido a una restricción nutrimental, puede crecer rápidamente una vez que dispone de una dieta apropiada; este fenómeno conocido como crecimiento compensatorio fue el objeto de estudiar en tilapia *Oreochromis niloticus* (0.59 g). Tres grupos de tilapia fueron alimentados con harina de plátano roatán (HPR) verde, durante 1, 2 y 3 semanas; y después alimentados de nueva cuenta con alimento balanceado durante las siguientes cuatro semanas. Para cada tratamiento se valoró semanalmente el peso, tasa específica de crecimiento, consumo de alimento y eficiencia de la conversión alimenticia. Se detectaron descensos en estas variables y diferencias significativas entre grupos durante el suministro de HPR. Después de tres semanas de alimentación con HPR y de reincorporar la dieta comercial, se observó compensación total de peso para el grupo alimentado con HPR, durante una semana; y compensación

## Abstract

Compensatory growth is a phase of unusually accelerated growth, following a period of weight loss caused by under-nutrition. The present paper studies this phenomenon in tilapia *Oreochromis niloticus* (0.59 g). Three groups of fish were fed with unripe banana flour (HPR) for 1, 2 and 3 weeks respectively, and then feed again with a commercial feed to satiation during four weeks. The control group was fed to satiation twice a day throughout the experiment. Specific growth rate, food intake, feed efficiency ratio were evaluated for all treatments every week. Feeding groups shown significant differences in those growth variables, for the HPR feeding period. After feed again with the commercial diet for 3 weeks, the group fed with HPR for one week exhibited total compensatory growth, whereas the rest of groups showed partial capacity for compensatory growth. Proximal compositions of fish were different before and after of the HPR fee-

parcial para los otros dos grupos. La composición proximal de tilapia presentó diferencias significativas al terminar la alimentación con HPR y al final del experimento. Se concluye que el crecimiento compensatorio total para juveniles de *O. niloticus* alimentados con HPR como única dieta, puede presentarse cuando HPR se otorga durante una semana.

### Palabras clave

Alimento suplementario, carbohidratos, realimentación, crecimiento acelerado, composición corporal.

ding period. It is concluded that total compensatory growth for *O. niloticus* juveniles fed with HPR as unique food item, can be presented after one week HPR feeding period.

### Key words

Supplementary feed, carbohydrates, refeeding, fast-growing, body composition.

## Introducción

La producción de tilapia *Oreochromis niloticus* a escala de autoconsumo es común en la acuicultura rural [SAGARPA, 2005], ya que este organismo posee una tasa de crecimiento y conversión alimenticia que favorece su cultivo, además de ser resistente a condiciones adversas en su medio, como variaciones en la temperatura, anoxia, exceso de materia orgánica, aguas duras y periodos de ayuno [Morales, 1991].

Una estrategia empleada para la alimentación de tilapia en la acuicultura rural es la utilización de alimentos suplementarios de bajo costo, como subproductos agrícolas, frutas de temporada, forraje, alimentos para aves de corral y alimentos caseros [De Silva y Anderson, 1995; Moreno-Álvarez *et al.*, 2000; Rojas-Ulloa y Verreth, 2003]. El uso de estos alimentos contribuye a reducir costos alimenticios, pero puede presentar problemas de aceptación y alejarse de los requerimientos nutrimentales de los peces, ocasionando que su tasa de crecimiento disminuya o se detenga y se prolonguen los tiempos de cosecha [Shiau y Huang, 1989; Jover *et al.*, 1998].

Se conoce como crecimiento compensatorio o sostenido en organismos acuáticos [Dobson y Holmes, 1984; Kim y Lovell, 1995; Nicieza y Metcalfe, 1997; Ali *et al.*, 2003], al incremento inmediato de peso que registran los animales después de haber sido sometidos por un cierto tiempo sin afectar su integridad física de manera letal o subletal, a una restricción nutrimental reconocida por la reducción en el consumo de alimento o por suministrar dietas bajas en su calidad. Esta situación puede presentarse cuando, por ejemplo de forma natural, aparecen mareas rojas en una zona de cultivo usando jaulas [Saether y Jobling, 1999], u obligada cuando por el difícil o lejano acceso de áreas rurales de cultivo, se impide la fácil adquisición y disponibilidad de

alimentos comerciales [Delgado *et al.*, 2006]. Una vez que los peces reciben alimento balanceado, pueden recuperar su tasa de crecimiento normal.

Sin embargo, este tipo de crecimiento puede manifestarse en diferentes grados como: sobrecompensación, compensación total, compensación parcial o no compensación [Benschop, 2000; Ali *et al.*, 2003], y cada modalidad dependerá de factores como la especie, la variación ambiental en el cultivo, la interacción social de los organismos, la alimentación, entre otros. El crecimiento compensatorio ha sido evaluado en muchas especies de peces [Ali *et al.*, 2003], ya que un apropiado manejo de esta estrategia alimenticia puede resultar en un incremento de la tasa de crecimiento y una mejor eficiencia de la conversión alimenticia; sin embargo, aún no ha sido examinado en tilapia [Wang *et al.*, 2000; 2005a] usando fuentes alimenticias alternativas de baja calidad. La mayoría de la investigación generada para el estudio de este fenómeno ha propuesto periodos de ayuno que afecten el crecimiento de los organismos para posteriormente realimentarlos y determinar el grado de compensación alcanzado [Miglavys y Jobling, 1989; Wang *et al.*, 2000; Xie *et al.*, 2001 y Tian y Qin, 2003]. Por otro lado, no hay estudios donde la fase de restricción nutricional haya sido causada por el suministro de algún alimento alternativo de baja calidad.

En la acuicultura rural de la región costera de Oaxaca, los pequeños productores emplean —por su abundancia y fácil disponibilidad— harina de plátano como alimento alternativo en el cultivo de la tilapia *O. niloticus*, dado que no siempre cuentan con los recursos económicos para alimentar cotidianamente con alimento balanceado comercial [Cuevas y Delgado, 2007]; el conocimiento empírico de su uso les ha indicado que los peces presentan un crecimiento lento que prolonga los tiempos de cosecha. La información científica sobre el desempeño de la harina de plátano como ingrediente en dietas acuícolas es escasa; Molina y Gómez [2002] reportaron la digestibilidad de los carbohidratos de harina de plátano inmaduro crudo y gelatinizado en camarón blanco. Delgado *et al.* [2006] evaluaron dietas en *O. niloticus* conteniendo cuatro niveles de harina de plátano roatán (10, 20, 30 y 40%) como reemplazo parcial de alimento balanceado; concluyeron que después de 8 semanas de alimentación, la dieta con 10% de harina de plátano presentó los mejores resultados de ganancia en peso, tasa específica de crecimiento e índice de conversión alimenticia. El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento compensatorio en tilapia *Oreochromis niloticus* después de someterla a diferentes periodos de alimentación con harina de plátano roatán como única fuente de alimento, y a una posterior realimentación con alimento balanceado.

## Materiales y métodos

Se utilizaron dos alimentos para el experimento: harina de plátano roatán (HPR) y alimento balanceado (AB). La HPR fue elaborada con frutos verdes de plátano roatán (*Musa sapientum L.*) en grado tres de la escala Von Loesecke [1950], descascarados y cortados en rodajas no mayores a tres mm de grosor; se secaron al sol durante dos días, se molieron con un molino de mano y las partículas se tamizaron a tamaños de 0.5 mm, 0.8 mm, 1.2 mm, 1.8 mm y 2.4 mm. Se empleó AB comercial Tilapia Chow 30% (marca Purina), el cual fue molido y tamizado también, a tamaños de partícula de 0.5 mm, 0.8 mm, 1.2 mm, 1.8 mm y 2.4 mm para facilitar su consumo y homogenizar las partículas de ambas dietas. La composición proximal de estos dos alimentos se determinó por los métodos de AOAC [1999].

Se obtuvieron 2,500 juveniles hormonados de tilapia *O. niloticus*, del centro piscícola de Jalapa del Marqués, Salina Cruz, Oaxaca, de aproximadamente 30 días de nacidos. Los peces se mantuvieron en el laboratorio de Acuicultura de la Universidad del Mar por 15 días, dentro de un tanque ovalado de fibra de vidrio de 3,000 l de capacidad (3.00 x 1.42 x 0.75 m de largo, ancho y alto, respectivamente), el cual fue protegido del sol de forma permanente con un techo de lámina de asbesto. El oxígeno disuelto en el agua se mantuvo encima de 6.0 mg/l introduciendo un difusor de aire en el tanque; se realizaron recambios parciales y limpieza por sifón cada tercer día. Durante la aclimatación, el alimento se proporcionó *ad libitum* dos veces al día (09:00 y 16:00 h) con la dieta AB (tamaño de partícula < 0.5 mm).

Al inicio del experimento se seleccionaron aleatoriamente 600 peces para formar 20 grupos con 30 organismos cada uno ( $0.59 \pm 0.01$  g), los cuales se distribuyeron al azar en jaulas de malla galvanizada inoxidable (60 x 40 x 85 cm de largo, ancho y alto, respectivamente). Las 20 jaulas se colocaron equitativamente dentro de 2 tanques ovalados de fibra de vidrio de 3,000 l de capacidad (3.00 x 1.42 x 0.75 m de largo, ancho y alto, respectivamente), llenados a tres cuartas partes de su volumen (densidad de 6.8 litros/tilapia en cada jaula). Al igual que en el periodo de aclimatación, los tanques se mantuvieron con aireación constante y bajo techo de lámina de asbesto durante todo el experimento.

El ensayo duró ocho semanas y fue dividido en tres tiempos: aclimatación a jaulas (semana 1), alimentación con HPR (semana 2 a la 4) y realimentación con AB (semana 5 a la 8).

Se propusieron cuatro tratamientos de alimentación; los peces denominados T1 recibieron HPR en la semana 4; T2 fue alimentado con HPR en las semanas 2 y 3; T3 fue alimentado con HPR de la semana 2 a la 4; posteriormente estos tres tratamientos fueron realimentados con AB de la semana 5 a la 8. El tratamiento T4

recibió HPR de la semana 2 a la 8. Un grupo control (C) fue alimentado con AB durante las ocho semanas. Al iniciar el ensayo, la alimentación para todos los grupos se proporcionó *ad libitum* dos veces al día (09:00 y 16:00 h), cambiando el tamaño de partícula de las dietas conforme iban creciendo los peces. Se empleó un diseño por bloques (tanques) completamente aleatorizado de dos vías, con un factor tiempo (semanas) y factor tratamiento (estrategia de alimentación), con cuatro niveles y un control, cada uno con cuatro réplicas (dos por bloque).

La temperatura y oxígeno disuelto del agua se registraron diariamente (09:00, 14:00 y 19:00 h) con un oxímetro YSI 55-12 (YSI Inc., Ohio, USA), durante las ocho semanas experimentales. La limpieza de jaulas y tanques se realizó cada semana, efectuando recambios parciales de tres cuartas partes del volumen de agua empleada.

El crecimiento de los peces se evaluó semanalmente mediante las siguientes variables: peso húmedo (precisión de 0.01 g), consumo de alimento (CA), eficiencia de la conversión alimenticia (ECA), tasa específica de crecimiento (TEC) y sobrevivencia (S), aplicando las fórmulas:

$$\begin{aligned}
 CA \text{ (g)} &= (A_m + A_t)_1 + (A_m + A_t)_2 + \dots + (A_m + A_t)_7, \\
 ECA \text{ (\%)} &= (IP / CA_{pp}) \times 100, \\
 TEC \text{ (\% en peso ganado g/día)} &= [ (\ln P_f - \ln P_i) / t ] \times 100, \\
 S \text{ (\%)} &= 100 - [ ( (O_f O_i) / O_i ) \times 100 ]
 \end{aligned}$$

Donde:  $A_m$  y  $A_t$  = alimento (g) consumido por la mañana y tarde; IP = incremento en peso evaluado como la diferencia de pesos observada de una semana a otra;  $CA_{pp}$  = consumo de alimento promedio por pez;  $\ln P_f$  y  $\ln P_i$  = logaritmo natural del peso húmedo final e inicial de cada semana;  $O_f$  y  $O_i$  = número de organismos final e inicial del periodo evaluado;  $t$  = tiempo en días;  $1, 2, \dots, 7$ , = días de la semana.

También se determinó la composición proximal (AOAC, 1999) de los peces antes y después de la etapa de realimentación.

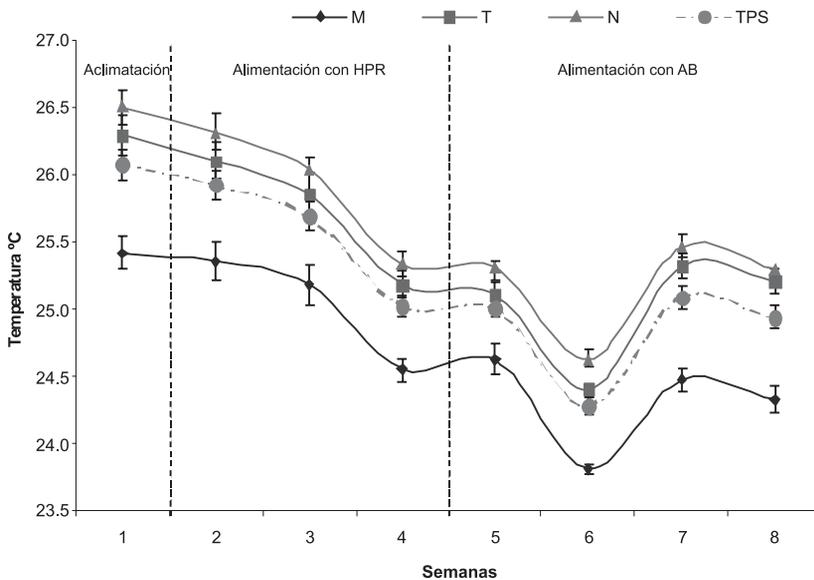
Se realizaron transformaciones a logaritmo, raíz cuadrada y arco-seno para homogenizar las varianzas y normalizar la distribución de los datos según se requirió. Como no existieron diferencias entre bloques ( $P > 0.05$ ), se aplicó un análisis de covarianza de dos vías para evaluar el efecto de los tratamientos a través del tiempo en el peso, CA, ECA, TEC y S con el peso inicial de los peces como covariable. Se utilizó un análisis de varianza de dos vías para determinar diferencias en la temperatura y composición proximal de los peces. Los valores de oxígeno fueron analizados con un análisis de varianza de una vía. Todas las pruebas se evaluaron con un nivel de significancia nominal de 5% (Zar, 1999) con el programa Statistica 6.

## Resultados

La temperatura del agua varió ( $F_{0.05, 2, 312} = 149$ ;  $p < 0.0001$ ) desde  $26.5^{\circ}\text{C}$  al inicio del ensayo, hasta  $24.3^{\circ}\text{C}$ , obtenido en la semana 6 (figura 1).

La composición proximal de las dietas fue: para AB 32.2% de proteína, 5.9% de grasa, 9.7% de humedad, 9.6% de cenizas, 4.1% de fibra cruda y 38.5% de extracto libre de nitrógeno, mientras que para HPR fue: 3.51% proteínas, 1.11% lípidos, 13.71% humedad, 2.68% cenizas, 0.76% fibra y 78.05% extracto libre de nitrógeno.

Figura 1. Comportamiento de la temperatura del agua durante las 8 semanas del experimento.



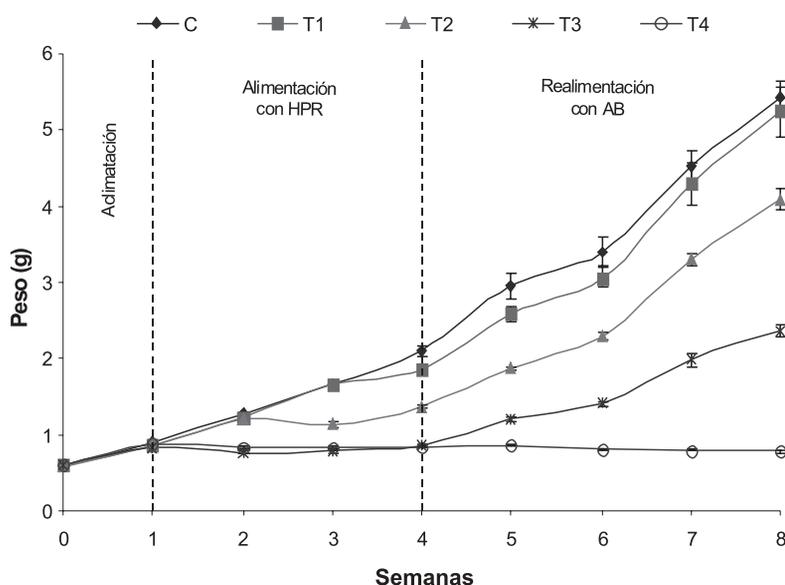
M = temperatura en la mañana. T = temperatura en la tarde. N = temperatura en la noche. TPS = temperatura promedio semanal.

El peso de los peces en los diferentes tratamientos no fue significativo después de la semana de aclimatación a las jaulas ( $F_{0.05, 4, 119} = 0.3406$ ,  $p = 0.8500$ ). Al suministrar HPR durante la semana 2 a los organismos de T3 y T4, el crecimiento se detuvo y su peso disminuyó ligeramente; este comportamiento se repitió para T2 al final de la semana 3 y para T1 al concluir la semana 4. Finalizando la etapa de alimentación con HPR, todos los tratamientos mostraron diferencias en peso respecto al

control C ( $F_{0.05, 4, 119} = 112.40, p < 0.001$ ) (figura 2). El peso de T4 fue en descenso hasta concluir el experimento.

La realimentación con AB de los grupos T1, T2 y T3 favoreció la recuperación de su peso, el cual fue más significativo en T1 al compensarse totalmente respecto a C después de tres semanas; mientras que T2 y T3 sólo compensaron parcialmente su peso, con diferencias entre ambos después de cuatro semanas de realimentación (cuadro 1).

Figura 2. Comportamiento del peso de *O. niloticus* durante las etapas de aclimatación a jaulas, alimentación con HPR y realimentación con AB.



C: Peces control alimentados con AB durante 8 semanas.

T1: Peces alimentados con HPR en semana 4 y realimentados con AB de las semanas 5 a 8.

T2: Peces alimentados con HPR en semanas 3 y 4, y realimentados con AB de las semanas 5 a 8.

T3: Peces alimentados con HPR en semanas 2 a 4, y realimentados con AB de las semanas 5 a 8.

T4: Peces alimentados con HPR de la semana 2 a 8.

Las barras de error Y expresan el error estándar.

La ingesta de HPR por los grupos T1 a T4 sólo representó el 36% del consumo de AB registrado por C en la semana 2, el 45% en la semana 3 y el 50% en la semana 4. El grupo T4 tuvo un consumo promedio semanal de HPR de 6.8 g después de 7 semanas de alimentación. La realimentación de T1 a T3 con AB en la semana 5 produjo un aumento en el consumo de más del 60% respecto a la semana 4, mientras

que C sólo incrementó su CA en 7%. En la semana 6 hubo un menor consumo en todos los grupos con relación a la semana anterior, aunque las diferencias entre éstos se mantuvieron. En la semana 7, los grupos C a T3 aumentaron nuevamente su consumo de AB en más del 60%, sin diferencias significativas entre C, T1 y T2, comportamiento que permaneció en la última semana de experimentación, aun cuando el consumo disminuyó en todos los tratamientos.

**Cuadro 1. Peso húmedo promedio y consumo de alimento (CA) de *O. niloticus* en cada etapa del experimento.**

Aclimatación Semana 1	Alimentación con Harina Plátano Roatán (HPR)			Realimentación con Alimento Balanceado (AB)				
	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	
<b>Peso (g) **</b>								
<b>C</b>	0.89 <sup>a</sup> (0.02)	1.26 <sup>a</sup> (0.04)	1.67 <sup>a</sup> (0.04)	2.10 <sup>a</sup> (0.08)	2.94 <sup>a</sup> (0.17)	3.40 <sup>a</sup> (0.20)	4.52 <sup>a</sup> (0.21)	5.43 (0.19) <sup>a</sup>
<b>T1</b>	0.85 <sup>a</sup> (0.02)	1.21 <sup>a</sup> (0.04)	1.65 <sup>a</sup> (0.05)	1.85 <sup>b</sup> (0.06)	2.58 <sup>b</sup> (0.10)	3.05 <sup>b</sup> (0.13)	4.29 <sup>a</sup> (0.28)	5.23 (0.33) <sup>a</sup>
<b>T2</b>	0.86 <sup>a</sup> (0.02)	1.20 <sup>a</sup> (0.03)	1.13 <sup>b</sup> (0.04)	1.36 <sup>c</sup> (0.02)	1.86 <sup>c</sup> (0.02)	2.28 <sup>c</sup> (0.05)	3.29 <sup>b</sup> (0.09)	4.09 (0.14) <sup>b</sup>
<b>T3</b>	0.83 <sup>a</sup> (0.02)	0.77 <sup>b</sup> (0.02)	0.78 <sup>c</sup> (0.01)	0.86 <sup>d</sup> (0.03)	1.21 <sup>d</sup> (0.02)	1.40 <sup>d</sup> (0.04)	1.97 <sup>c</sup> (0.07)	2.36 (0.09) <sup>c</sup>
<b>T4</b>	0.88 <sup>a</sup> (0.02)	0.83 <sup>b</sup> (0.02)	0.83 <sup>c</sup> (0.01)	0.84 <sup>d</sup> (0.01)	0.86 <sup>c</sup> (0.02)	0.80 <sup>c</sup> (0.01)	0.80 <sup>d</sup> (0.01)	0.77 (0.01) <sup>d</sup>
<b>Consumo de alimento (g) **</b>								
<b>C</b>	11.1 <sup>a</sup> (0.34)	13.0 <sup>a</sup> (0.46)	15.5 <sup>a</sup> (0.54)	15.9 <sup>a</sup> (0.86)	17.0 <sup>ab</sup> (0.78)	14.9 <sup>ab</sup> (0.76)	26.0 <sup>a</sup> (1.43)	20.8 <sup>a</sup> (0.67)
<b>T1</b>	11.7 <sup>a</sup> (0.67)	13.3 <sup>a</sup> (0.30)	16.2 <sup>a</sup> (0.50)	8.3 <sup>b</sup> (0.19)	17.8 <sup>a</sup> (0.98)	15.8 <sup>a</sup> (0.84)	26.5 <sup>a</sup> (0.91)	20.8 <sup>a</sup> (0.30)
<b>T2</b>	11.2 <sup>a</sup> (0.49)	12.5 <sup>a</sup> (0.33)	6.7 <sup>b</sup> (0.10)	8.9 <sup>b</sup> (0.47)	14.9 <sup>bc</sup> (0.92)	13.3 <sup>bc</sup> (0.60)	23.0 <sup>a</sup> (0.72)	18.6 <sup>ab</sup> (0.51)
<b>T3</b>	11.0 <sup>a</sup> (0.45)	4.6 <sup>b</sup> (0.13)	7.2 <sup>b</sup> (0.27)	8.1 <sup>b</sup> (0.07)	13.8 <sup>c</sup> (0.50)	11.5 <sup>c</sup> (1.22)	19.8 <sup>b</sup> (2.11)	17.4 <sup>b</sup> (1.23)
<b>T4</b>	11.8 <sup>a</sup> (0.32)	4.8 <sup>b</sup> (0.34)	7.0 <sup>b</sup> (0.77)	6.6 <sup>c</sup> (0.29)	9.9 <sup>d</sup> (0.23)	7.4 <sup>d</sup> (0.14)	6.24 <sup>c</sup> (0.64)	3.48 <sup>c</sup> (0.49)

C: Peces control alimentados con AB durante 8 semanas.

T1: Peces alimentados con HPR en semana 4 y realimentados con AB de las semanas 5 a 8.

T2: Peces alimentados con HPR en semanas 3 y 4, y realimentados con AB de las semanas 5 a 8.

T3: Peces alimentados con HPR en semanas 2 a 4, y realimentados con AB de las semanas 5 a 8.

T4: Peces alimentados con HPR de la semana 2 a 8.

\* Valores en la misma columna con diferente letra presentan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

\*\* La comparación de los pesos se realizó con la longitud inicial como covariable, mientras que la comparación de CA se realizó con peso inicial como covariable.

Los números en paréntesis indican el error estándar;  $n = 4^*$ .

Se observaron valores negativos en la ECA de los organismos de T1 a T4 durante su alimentación con HPR; sin embargo, en la semana 4 aumentó la ECA para T2

y T3, y sólo T1 y T2 fueron estadísticamente similares a C (cuadro 2). El grupo T4 mantuvo valores negativos en su ECA hasta concluir el ensayo. La realimentación de T1 a T3 con AB en la semana 5 favoreció la ECA, con valores para T1 y T2 superiores al 50%, y con diferencias entre tratamientos. En la semana 6 la ECA disminuyó de manera general pero con semejanzas entre C, T1 y T2; estas similitudes se mantuvieron en las dos últimas semanas del ensayo pero con un aumento de este parámetro.

La TEC mostró una tendencia a disminuir de la semana 1 a la 4, como lo muestra el grupo C, que redujo su valor en 43.9 % (cuadro 2). La alimentación con HPR afectó la TEC para T2, T3 y T4, observándose valores negativos en las semanas 2 y 3; en la semana 4 sólo T2 fue similar a C, mientras que T1 y T3 mantuvieron semejanza estadística y T4 difirió de cualquier grupo. La realimentación con AB de T1, T2 y T3 provocó un incremento de su TEC en la semana 5, sin diferencias entre grupos; esta igualdad permaneció en la semana 6 pero con una disminución general de la TEC. En la semana 7 incrementó la TEC de C, T1, T2 y T3 con diferencias entre tratamientos; en la semana 8 estas diferencias desaparecieron y la TEC disminuyó.

La composición proximal de los peces antes y después de la realimentación fue diferente (Wilks < 0.0001,  $F_{0.05, 20, 54.016} = 201.04$ ,  $p < 0.0001$ ), con porcentajes de humedad y lípidos inversamente proporcionales a la duración de la alimentación con HPR, mientras que las concentraciones de proteína y ceniza tuvieron el efecto contrario. La realimentación de T1 a T3 con AB provocó un aumento de la grasa corporal y se observaron similitudes en los valores de proteína y ceniza, mientras que las concentraciones de humedad y la fibra difirieron estadísticamente (cuadro 3).

**Cuadro 2. Eficiencia de la conversión alimenticia (ECA) y tasa específica de crecimiento (TEC) de *O. niloticus* en cada etapa del experimento.**

Aclimatación	Alimentación con Harina Plátano Roatán (HPR)				Realimentación con Alimento Balanceado (AB)			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
<b>Eficiencia de la conversión alimenticia (%)**</b>								
C	80.2 <sup>a</sup> (2.96)	81.5 <sup>a</sup> (6.30)	75.5 <sup>a</sup> (2.15)	77.4 <sup>a</sup> (7.32)	97.5 <sup>a</sup> (7.38)	60.5 <sup>a</sup> (2.89)	85.5 <sup>a</sup> (2.69)	86.6 <sup>a</sup> (3.81)
T1	65.3 <sup>a</sup> (1.13)	79.9 <sup>a</sup> (6.07)	77.3 <sup>a</sup> (3.55)	68.3 <sup>a</sup> (15.24)	80.6 <sup>ab</sup> (5.12)	60.2 <sup>a</sup> (4.40)	91.0 <sup>a</sup> (8.89)	89.2 <sup>a</sup> (4.51)
T2	72.2 <sup>a</sup> (4.76)	77.8 <sup>a</sup> (11.88)	-30.9 <sup>b</sup> (30.1)	70.8 <sup>a</sup> (13.33)	63.2 <sup>bc</sup> (4.68)	56.6 <sup>a</sup> (4.08)	79.5 <sup>a</sup> (4.05)	77.3 <sup>a</sup> (8.69)
T3	63.6 <sup>a</sup> (9.56)	-38.1 <sup>b</sup> (3.8)	4.9 <sup>c</sup> (1.83)	24.9 <sup>b</sup> (8.96)	45.1 <sup>c</sup> (5.50)	29.6 <sup>b</sup> (3.96)	53.4 <sup>b</sup> (12.63)	39.6 <sup>b</sup> (7.24)
T4	70.8 <sup>a</sup> (4.15)	-30.4 <sup>b</sup> (5.7)	-0.1 <sup>c</sup> (5.38)	0.3 <sup>c</sup> (4.52)	4.6 <sup>d</sup> (2.74)	-11.4 <sup>c</sup> (3.33)	-1.3 <sup>c</sup> (1.60)	-6.9 <sup>c</sup> (2.73)
<b>Tasa específica de crecimiento (% de peso ganado g/día)**</b>								
C	5.76 <sup>a</sup> (0.34)	4.87 <sup>a</sup> (0.36)	4.02 <sup>a</sup> (0.06)	3.23 <sup>a</sup> (0.06)	4.80 <sup>a</sup> (0.22)	2.06 <sup>a</sup> (0.13)	4.08 <sup>a</sup> (0.35)	2.64 <sup>a</sup> (0.11)
T1	5.17 <sup>a</sup> (0.38)	5.01 <sup>a</sup> (0.31)	4.43 <sup>a</sup> (0.23)	1.61 <sup>b</sup> (0.23)	4.70 <sup>a</sup> (0.15)	2.43 <sup>a</sup> (0.22)	4.78 <sup>ab</sup> (0.09)	2.85 <sup>a</sup> (0.29)
T2	5.50 <sup>a</sup> (0.61)	4.69 <sup>a</sup> (0.58)	-0.88 <sup>b</sup> (0.88)	2.73 <sup>a</sup> (0.88)	4.49 <sup>a</sup> (0.44)	2.90 <sup>a</sup> (0.32)	5.24 <sup>b</sup> (0.53)	3.09 <sup>a</sup> (0.40)
T3	4.87 <sup>a</sup> (0.65)	-1.07 <sup>b</sup> (0.1)	0.24 <sup>b</sup> (0.10)	1.32 <sup>b</sup> (0.10)	4.89 <sup>a</sup> (0.25)	2.14 <sup>a</sup> (0.44)	4.88 <sup>ab</sup> (0.16)	2.57 <sup>a</sup> (0.15)
T4	5.67 <sup>a</sup> (0.37)	-0.87 <sup>b</sup> (0.1)	-0.01 <sup>b</sup> (0.32)	0.08 <sup>c</sup> (0.32)	0.47 <sup>b</sup> (0.30)	-1.12 <sup>b</sup> (0.10)	-0.03 <sup>c</sup> (0.16)	-0.40 <sup>b</sup> (0.16)

C: Peces control alimentados con AB durante 8 semanas.

T1: Peces alimentados con HPR en semana 4 y realimentados con AB de las semanas 5 a 8.

T2: Peces alimentados con HPR en semanas 3 y 4, y realimentados con AB de las semanas 5 a 8.

T3: Peces alimentados con HPR en semanas 2 a 4, y realimentados con AB de las semanas 5 a 8.

T4: Peces alimentados con HPR de la semana 2 a 4.

\* Valores en la misma columna con diferente letra presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

\*\* La comparación de ECA y TEC se realizó con peso inicial como covariable.

Los números en paréntesis indican el error estándar;  $n = 4^*$ .

**Cuadro 3. Composición proximal (% en base seca) de *O. niloticus* al concluir la alimentación con harina de plátano roatán (HPR) y después de la realimentación con alimento balanceado (AB).**

Tratamiento	Humedad	Proteína	Grasa	Ceniza	Fibra
<b>Inicial</b>	8.22 (0.03)	53.51 (0.23)	16.68 (0.05)	13.71 (0.01)	0.47 (0.00)
<b>Al concluir la alimentación con HPR**</b>					
<b>C</b>	11.92 <sup>a</sup> (0.16)	49.14 <sup>a</sup> (0.41)	32.85 <sup>a</sup> (0.21)	14.19 <sup>a</sup> (0.13)	0.09 <sup>a</sup> (0.01)
<b>T1</b>	10.61 <sup>b</sup>	52.22 <sup>b</sup>	31.96 <sup>b</sup>	15.80 <sup>b</sup>	0.23 <sup>b</sup> (0.04)
<b>T2</b>	9.23 <sup>c</sup> (0.30)	52.44 <sup>b</sup> (0.20)	21.55 <sup>c</sup> (0.12)	16.41 <sup>c</sup> (0.13)	0.12 <sup>c</sup> (0.00)
<b>T3</b>	8.60 <sup>d</sup> (0.08)	54.62 <sup>c</sup> (0.21)	13.56 <sup>d</sup> (0.23)	18.65 <sup>d</sup> (0.16)	0.46 <sup>d</sup> (0.01)
<b>T4</b>	7.39 <sup>c</sup> (0.01)	55.16 <sup>c</sup> (0.31)	11.81 <sup>c</sup> (0.05)	17.18 <sup>c</sup> (0.06)	0.47 <sup>c</sup> (0.00)
<b>Al concluir la realimentación con AB**</b>					
<b>C</b>	7.26 <sup>a</sup> (0.03)	45.82 <sup>a</sup> (0.50)	34.97 <sup>a</sup> (0.30)	9.12 <sup>a</sup> (0.10)	0.09 <sup>a</sup> (0.00)
<b>T1</b>	7.25 <sup>a</sup> (0.03)	48.46 <sup>b</sup> (0.17)	31.10 <sup>b</sup> (0.10)	9.35 <sup>a</sup> (0.08)	0.28 <sup>b</sup> (0.00)
<b>T2</b>	7.69 <sup>b</sup> (0.10)	47.62 <sup>b</sup> (0.17)	29.81 <sup>c</sup> (0.10)	9.14 <sup>a</sup> (0.13)	0.08 <sup>c</sup> (0.00)
<b>T3</b>	6.15 <sup>c</sup> (0.03)	48.78 <sup>b</sup> (0.01)	29.71 <sup>c</sup> (0.03)	9.33 <sup>a</sup> (0.01)	0.09 <sup>ac</sup> (0.00)
<b>T4</b>	5.10 <sup>d</sup> (0.04)	58.20 <sup>c</sup> (0.36)	7.48 <sup>d</sup> (0.03)	21.85 <sup>b</sup> (0.07)	0.05 <sup>d</sup> (0.00)

C: Peces control alimentados con AB durante 8 semanas.

T1: Peces alimentados con HPR en semana 4 y realimentados con AB de las semanas 5 a 8.

T2: Peces alimentados con HPR en semanas 3 y 4, y realimentados con AB de las semanas 5 a 8.

T3: Peces alimentados con HPR en semanas 2 a 4, y realimentados con AB de las semanas 5 a 8.

T4: Peces alimentados con HPR de la semana 2 a 8.

\* Valores en la misma columna con diferente letra presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

\*\* La comparación de la composición proximal se realizó con la composición proximal inicial como covariable.

Los números en paréntesis indican el error estándar;  $n = 3^*$ .

Al concluir la alimentación con HPR, la sobrevivencia entre grupos disminuyó, pero sólo T4 presentó diferencias significativas con respecto a C ( $C = 95.0 \pm 2.88\%$ ;  $T1 = 93.3 \pm 3.04\%$ ,  $T2 = 89.2 \pm 0.83\%$ ,  $T3 = 85.8 \pm 6.43\%$ ,  $T4 = 74.2 \pm 6.29\%$ ). Al final del experimento, T4 fue el único grupo diferente a C, con el menor porcentaje de sobrevivencia ( $C = 98.75 \pm 1.25\%$ ,  $T1 = 98.75 \pm 1.25\%$ ,  $T2 = 90.00 \pm 2.04\%$ ,  $T3 = 87.50 \pm 6.61\%$ ,  $T4 = 53.75 \pm 9.44\%$ ).

## Discusión

La tilapia, por ser un organismo omnívoro, puede utilizar de manera eficiente carbohidratos complejos como el almidón de maíz, hasta 46% en dietas con 30% de proteína sin que su crecimiento se reduzca [Wang *et al.*, 2005a]. La harina de plátano roatán de este estudio, caracterizada por su contenido elevado de carbohidratos y bajos niveles de proteínas y lípidos, afectó impidiendo el normal crecimiento de juveniles de tilapia después de 1, 2, 3 y 7 semanas de suministro; se observó que durante la alimentación experimental, la dieta HPR no fue atractiva en sabor para la tilapia, por lo que tuvo una escasa aceptación y se presume que su ingesta fue motivada en gran medida por el hambre.

El peso húmedo de tilapia disminuyó conforme aumentó el periodo de alimentación con HPR de 1 a 3 semanas; tendencia que coincide con el patrón de crecimiento observado en diferentes especies de peces al privarlas de alimento en periodos de 1 a 4 semanas [Tian y Qin, 2003; Wang *et al.*, 2005a; Cui *et al.*, 2006; Oh *et al.*, 2007]. Sin embargo, la pérdida de peso en los organismos que recibieron HPR respecto al control (T1 = 11.90%; T2 = 35.23%; T3 = 59.04%), fue menor que el reportado para la tilapia híbrida *O. mossambicus x O. niloticus* después de 1 (29.22%), 2 (52.25%) y 4 (74.22%) semanas de ayuno (Wang *et al.*, 2000); y menor que para la especie de pez reconocida como barramundi al concluir 1 (37%), 2 (68%) y 3 (86%) semanas de ayuno [Tian y Qin, 2003]. Las diferencias en los resultados pueden ser parcialmente atribuibles tanto a la edad experimental de los animales como a las especies usadas.

En la etapa de realimentación con AB, el grupo T1 presentó valores similares en peso húmedo, TEC y ECA comparadas con el grupo control después de 3 semanas, mostrando un crecimiento compensatorio total. Este tipo de compensación obtenido después de 1 semana de ayuno seguido de 3 o más semanas de realimentación fue reportado para *Pagrus pagrus* [Rueda *et al.*, 1998], *Carassius auratus* [Qian *et al.*, 2000]; *Lates calcarifer* [Tian y Qin, 2003]; *Paralichthys olivaceus* [Cho *et al.*, 2006] y *Pagrus major* [Oh *et al.*, 2007]. Los grupos T2 y T3 tuvieron valores de TEC y ECA similares al control pero sólo pudieron compensar parcialmente su peso, por lo que el grado de compensación dependió del periodo de suministro de HPR. Este comportamiento concuerda con otros autores que observaron compensación parcial en la realimentación de organismos después de privarlos de alimento por 2 o más semanas, concluyendo que a periodos prolongados de ayuno corresponde una compensación parcial y a periodos cortos una compensación total [Gaylord y Gatlin III, 2000; Wang *et al.*, 2005a; Tian y Qin, 2003].

En este estudio se observó que la tilapia *O. niloticus* respondió a la depresión del crecimiento causada por una inadecuada alimentación, con una compensación total o

parcial; también se advirtió que su crecimiento podría responder a variaciones ambientales como la temperatura [Wang *et al.*, 2005b; Lovell, 1988; Nicieza y Metcalfe, 1997], ya que el comportamiento de este parámetro, con un menor registro en la semana 6 (24.3° C) y un aumento en la semana 7 (25.1°C), coincidió con el descenso y ascenso del consumo de alimento, de la TEC y la ECA en este periodo. A pesar de las fluctuaciones de temperatura en el agua, los gradientes obtenidos se encuentran dentro del intervalo de cultivo permisible para la especie [Chervinski, 1982]. La sobrevivencia dependió del periodo de alimentación con HPR, ya que T4 obtuvo el menor porcentaje al recibir este alimento por más tiempo.

Cuando los peces sufren ayuno, sus procesos metabólicos esenciales se mantienen de las reservas energéticas acumuladas de glucógeno [Vigliano *et al.*, 2002], de lípidos [Oh *et al.*, 2007; Cho, 2005; Salam *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2000; Quinton y Blake, 1990], o de proteínas [Rueda *et al.*, 1998; Salam *et al.*, 2000], lo que provoca una disminución progresiva del tejido corporal [Salam *et al.*, 2000]. En este estudio la tilapia nilótica mostró un descenso de lípidos y humedad, pero un aumento de proteína y cenizas conforme aumentó el periodo de alimentación con HPR. Estudios con organismos de tilapia híbrida *O. mossambius x O. niloticus* de 4 g [Wang *et al.*, 2000] y de 23 g [Wang *et al.*, 2005b] mostraron el mismo patrón para lípidos corporales, al privarlos de alimento de 1 a 4 semanas; sin embargo, la proteína fue en descenso (tilapia de 4 g) o no tuvo cambio significativo (tilapia de 23 g). Los resultados sugieren que el suministro de HPR estuvo asociado con el catabolismo de lípidos como principal fuente energética, ya que el porcentaje de proteína corporal no disminuyó sustancialmente. La realimentación con AB por 4 semanas favoreció la recuperación de las reservas lipídicas y la estabilización de las cenizas en el cuerpo de la tilapia de T1, T2 y T3. Wang *et al.* [2000 y 2005a] reportaron que la proteína corporal de tilapia híbrida *O. mossambius x O. niloticus* no superó al control después de un ayuno de 1 a 4 semanas y realimentación por 4 semanas más; en este estudio, la proteína corporal de T1 a T3 fue mayor que C después de 4 semanas de realimentación, aunque sólo T1 compensó totalmente su peso. Se recomienda no extender por más de una semana el suministro de HPR como único alimento en juveniles de *O. niloticus* a la edad experimental, a fin de no frenar su crecimiento.

## Conclusiones

La harina de plátano roatán, como única fuente de alimento, afecta el crecimiento de la tilapia *O. niloticus*.

La tilapia *O. niloticus* exhibió el fenómeno de crecimiento compensatorio durante la etapa de realimentación y su magnitud dependió del periodo de alimentación con harina de plátano roatán.

La composición proximal de la tilapia sugirió la utilización de lípidos como principal fuente energética durante el periodo de alimentación con harina de plátano roatán, recuperándolos en la etapa de crecimiento compensatorio, y ganando proteína.

### Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT, a través del proyecto SAGARPA 2003-C01-254.

### Literatura citada

- Ali, M.; Nieceza, A. and Wootton, R. J. 2003. *Compensatory growth in fishes: a response to growth depression*. Fish and Fisheries. 4: 147-190.
- AOAC. 1999. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Association of Official Analytical Chemists. 16th edition. Maryland, USA.
- Benschop, D. 2000. *Compensatory growth in ruminants -an overview*. In: Cant, J. Editor. Proceedings of the 2000 course in ruminant digestion and metabolism. University of Guelph, pp. 1-16.
- Chervinsky, J. 1982. *Environmental physiology of tilapias*. In: R. S. V. Pullin and R. H. Lowe-McConnell (Editors), The Biology and Culture of Tilapias. ICLARM Conference Proceedings. International Centre for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, pp. 119-128.
- Cho, S. H. 2005. *Compensatory growth of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* L. and changes in biochemical composition and body condition indices during starvation and after refeeding in winter season*. Journal of the World Aquatic Society. 36(4): 508-514.
- Cho, S. H.; Lee, S. M.; Park, B. H.; Ji, S. C.; Lee, J.; Bae, J. and Oh, S. Y. 2006. *Compensatory growth of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* L., and changes in proximate composition and body condition indexes during fasting and after refeeding in summer season*. Journal of the World Aquatic Society. 37(2): 168-174.
- Cuevas, P. C. L. y Delgado, V. F. K. 2007. *Manual de cultivo y alimentación de tilapia en la zona rural*. Universidad del Mar. Puerto Ángel, Oaxaca. México. 47 pp.
- Cui, Z. H.; Wang, Y. and Qin, J. G. 2006. *Compensatory growth of group-held gibel carp, *Carassius auratus gibelio* (Bloch), following feed deprivation*. Aquaculture Research. 37: 313-318.
- Delgado, V. F. K.; Piñón, R. D. A. y Cuevas, P. C. L. 2006. *Evaluación de dietas para tilapia (*Oreochromis niloticus*, LINNAEUS 1758) con inclusión de harina de plátano roatán (*Musa sapientum* L.)*. XIV Congreso Nacional de Oceanografía. Manzanillo, Colima, México. Memorias, pp. 504-507.
- De Silva, S. S. and Anderson, T. A. 1995. *Fish Nutrition in Aquaculture*. Chapman & Hall, Londres. 319 pp.
- Dobson, S. H. and Holmes, R. M. 1984. *Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson*. Journal of Fish Biology. 25: 649-656.
- Gaylord, T. G. and Gatlin III, D. M. 2000. *Assessment of compensatory growth in channel catfish *Ictalurus punctatus* R. and associated changes in body condition indices*. Journal of the World Aquaculture Society. 31(3): 326-336.
- Jover, C. M.; Pérez, I. L.; Zaragoza, L. y Fernández, C. J. 1998. *Crecimiento de tilapias (*Oreochromis niloticus*, L.) con piensos extrusionados de diferente nivel proteico*. Archivos de Zootecnia. 47 (177): 11-20.
- Kim, M. K. and Lovell, R. T. 1995. *Effect of restricted feeding regimes on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds*. Aquaculture. 135: 285-293.

- Lovell, T. 1988. *Nutrition and feeding of fish*. Chapman Hall, New York. 163 pp.
- Miglavs, I. and Jobling, M. 1989. *Effects of feeding regime on food consumption, growth rates and tissue nucleic acids in juvenile Arctic charr, Salvelinus alpinus, with particular respect to compensatory growth*. Journal of Fish Biology. 34: 947-957.
- Molina, P. C. and Gómez, M. 2002. *Digestibility of different carbohydrates in the diet of the juvenile Litopenaeus vannamei*. World Aquaculture Society, Beijing, China. Book of Abstracts, 518 pp.
- Morales, D. A. 1991. *La tilapia en México. Biología, cultivo y pesquerías*. A. G. T. Editor S. A., México, D. F. 190 pp.
- Moreno-Álvarez, M. J.; Hernández, J. G.; Rovero, R.; Tablante, A. y Rancel, L. 2000. *Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscaras de naranja*. Ciencia y Tecnología Alimentaria. 3(1): 29-33.
- Nicieza, G. A. and Metcalfe, N. B. 1997. *Growth compensation in juvenile Atlantic salmon: responses to depressed temperature and food availability*. Ecology. 78: 2398-2400.
- Oh, S. Y.; Noh, C. H. and Cho, S. H. 2007. *Effect of restricted feeding regimes on compensatory growth and body composition of red sea bream, Pagrus major*. Journal of the World Aquaculture Society. 38(3): 443-449.
- Qian, X.; Cui, Y.; Xiong, B. and Yang, Y. 2000. *Compensatory growth, feed utilization and activity in gibel carp, following feed deprivation*. Journal of Fish Biology. 56: 228-232.
- Quinton, J. C. and Blake, R. W. 1990. *The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, Oncorhynchus mykiss*. Journal of Fish Biology. 37: 33-41.
- Rojas-Ulloa, J. B. and Verreth, J. A. J. 2003. *Growth of Oreochromis aureus fed with diets containing graded levels of coffee pulp and reared in two culture systems*. Aquaculture. 217: 275-283.
- Rueda, F. M.; Martínez, F. J.; Zamora, S.; Kentouri, M. and Divanach, P. 1998. *Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy, Pagrus pagrus L.* Aquaculture Research. 29: 447-452.
- Saether, B. S. and Jobling, M. 1999. *The effects of ration level on feed intake and growth, and compensatory growth after restricted feeding, in turbot Scophthalmus maximus L.* Aquaculture Research. 30: 647- 653.
- SAGARPA, 2005. *Anuario estadístico de pesca*. Dirección General de Acuicultura y Dirección General de Estadística y Registros Pesqueros. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Base de datos general, p. 1.
- Salam, A.; Ali, M. and Masud, S. 2000. *Effect of various food deprivation regimes on body composition dynamics of thaila, Catla catla*. Journal of Research Science. 11 (1): 26-32.
- Shiau, S. Y. and Huang, S. L. 1989. *Optimal dietary protein level for hybrid tilapia (Oreochromis niloticus X O. aureus) reared in seawater*. Aquaculture. 81: 119-127.
- Tian, X. and Qin, J. G. 2003. *A single phase of food deprivation provoked compensatory growth in barramundi Lates calcarifer*. Aquaculture. 224: 169-179.
- Vigliano, F. A.; Quiroga, M. I. y Nieto, J. M. 2002. *Adaptaciones metabólicas al ayuno y realimentación en peces*. Rev. Ictiol. 10(1/2): 79-108.
- Von Loesecke, H. W. 1950. *Bananas: chemistry, physiology, technology*. 2<sup>nd</sup>. Edition. Interscience publishers. New York. USA. 189 pp.
- Wang, Y.; Cui, Y.; Yang, Y. and Cai, F. 2000. *Compensatory growth in hybrid tilapia, Oreochromis mossambicus x O. niloticus, reared in seawater*. Aquaculture. 189: 101-108.
- Wang, Y.; Cui, Y.; Yang, Y. and Cai, F. 2005a. *Partial compensatory growth in hybrid tilapia Oreochromis mossambicus x O. niloticus following food deprivation*. J. Appl. Ichthyol. 21: 389-393.
- Wang, Y.; Liu, Y.; Tian, L.; Du, Z.; Wang, J.; Wang, S. and Xiao, W. 2005b. *Effects of dietary carbohydrate level on growth and body composition of juvenile tilapia, Oreochromis niloticus x O. aureus*. Aquaculture Research. 36:1408-1413.

Xie, S.; Zhu, X.; Cui, Y.; Wootton, R. J.; Lei, W. and Yang, Y. 2001. *Compensatory growth in the gibel carp following feed deprivation: temporal patters in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition.* Journal of Fish Biology. 58: 999-1009.

Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis.* 4<sup>th</sup>. Edition. Prentice Hall, New Jersey. 663 pp.

**Recibido: Febrero 19, 2009**

**Aceptado: Junio 16, 2009**

## AVANCES EN INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (AIA)

---

### DIRECTOR

José Manuel Palma García CUIDA-U. de C.

### CONSEJO EDITORIAL

Agustín Orihuela Trujillo	FCA-UAEM	Janet Hummel Olivier	FMVZ-U. de C.
José Manuel Palma García	CUIDA-U. de C.	Manuel Valdivié	Instituto de Ciencia Animal
Milagros Milera Rodríguez	E. E. P. F. "Indio Hatuey"		

### COMITÉ EDITORIAL

Alfonso Pescador Rubio	CUIDA-U. de C.	Agustín Orihuela Trujillo	FCA-UAEM
Anesio Mesa Sardiñas	E. E. P. F. "Indio Hatuey"	Elaine Espino Barr	CRIP Manzanillo
Félix Ojeda García	E. E. P. F. "Indio Hatuey"	Esmeralda Long Woo	Instituto de Ciencia Animal
Hilda Machado Martínez	E. E. P. F. "Indio Hatuey"	Humberto Jordán Vázquez	Instituto de Ciencia Animal
Javier Valencia Méndez	FMVZ-UNAM	Jaime Molina Ochoa	FCBA-U. de C.
Miguel Ángel Galina Hidalgo	FES-Cuautitlán UNAM	Manuel García-Ulloa Gómez	LCM-UAG
Salvador Guzmán González	FCBA-U. de C.	Martha Hernández Chávez	E. E. P. F. "Indio Hatuey"
		Octavio Pérez Zamora	INIFAP-Colima

#### **Coordinadora editorial**

Ma. Eugenia Rocha Zamora

#### **Edición**

Alberto Vega Aguayo

#### **Diseño**

Alma Patricia Álvarez González

#### **Montaje**

Pablo César Oliva Brizuela

#### **Fotografía (portada)**

José Manuel Palma García: **Chamizo** (*Casearia corymbosa* H. B. K.) Familia Flacourtiaceae

#### **Traducción al inglés**

Teresita Amezcua Jaeger

REVISTA CUATRIMESTRAL DE INVESTIGACIÓN Y DIFUSIÓN CIENTÍFICA AGROPECUARIA  
(ISSN 0188-7890). **Tiraje: 1,000 ejemplares.**

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

#### **Indizada en las bases de datos:**

- EBSCO (sección "Fuente académica").
- LATINEX: [www.latindex.org](http://www.latindex.org)
- PERIÓDICA: <http://dgb.unam.mx/periodica.html>
- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA: <http://www.citchile.cl/b2c.htm>
- REDALyC: [www.redalyc.org](http://www.redalyc.org)
- REDZOOT: [www.uco.es/redzoot](http://www.uco.es/redzoot)

Los artículos aquí publicados han sido cedidos por sus autores para su reproducción editorial y la información que contienen es responsabilidad exclusiva de los propios investigadores. Certificado de licitud de títulos y de contenido, en trámite. Reserva de derechos de autor en trámite.

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

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

Ma. Eugenia Rocha Zamora: [revaia@uocol.mx](mailto:revaia@uocol.mx) / José Manuel Palma García: [palma@uocol.mx](mailto:palma@uocol.mx)

Av. Gonzalo de Sandoval no. 444. Col. Las Víboras, Colima, Col., C. P. 28045 (MÉXICO) Tel. (312) 3 16 10 00 Ext. 40011

Fax: (312) 3 12 75 81. Apartado Postal No. 22 Colima, Col. (México) <http://www.uocol.mx/revaia>

© 2009. Universidad de Colima

Av. Universidad no. 333 Colima, Col., 28040, México.

*Dirección General de Publicaciones*

[publicac@uocol.mx](mailto:publicac@uocol.mx) / Tels. (312) 31 6 10 81 y 31 6 10 00, ext. 35004

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