

## **Parasitismo por helmintos en rumiantes criados bajo SASP**

**(Sistemas Agro Silvo Pastoriles)**

Gustavo Morales\*; Luz A. Pino\*, Espartaco Sandoval\*\*, Carmen Balestrini \*, Jasmin Florio\*\*\*

- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Sanidad Animal (Parásitología), Av. Las Delicias, Maracay, Venezuela. E-mail : [gmorales@inia.gov.ve](mailto:gmorales@inia.gov.ve)
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro de Investigaciones Agrícolas del estado Yaracuy, Estación Yaritagua, sector La Ermita, San Felipe, Yaracuy, Venezuela e-mail: [esandoval@inia.gov.ve](mailto:esandoval@inia.gov.ve).
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro de Investigaciones Agrícolas del estado Barinas. Estación Experimental “Ciudad Bolivia”, Barinas, Venezuela.

### **Summary**

#### **Helminth parasitism in ruminant reared under AgroSilviPastoral System (ASPS)**

Parasitological studies carried out in ruminants reared under agrosilvipastoral system , showed that the pattern of distribution of parasites within the host population is over dispersed , independently of animal crossbreed (Criollo Rio Limón or Dual Purpose crossbreed) , only few animals harbored high worm burden and the others are negatives or with light or moderate infection level.

The comparison of parasitic fauna between sheep and goats, in spite of variety of plants consumed by the goats (legume and grass) , the structure and composition of helminthes parasitic community resulted similar between both host. Also similar levels of infection for *Eimeria spp.* was observed between sheep grazing pastures with and without trees.

The necropsy of wild ruminant ( *Odocoileus virginianus* ) introduced in pastures with trees and previously grazed for sheep and with a rest period of 6 months , showed a high prevalence and high burden of *Haemonchus contortus* and *Gongylonema pulchrum*. This last parasite requires for its biological cycle an intermediate host as coleoptera or orthoptera insects, both abundant in agropastoral system.

The ecological analysis of soil fauna in ASPS and No-ASPS , evidenced that the structure and composition of the insect communities in both system were similar during the two year periods (rainy or dry) .However , when the proportion of the total numbers of coleoptera between period and systems were compared , this proportion was superior during the rainy period for the system without trees but the worm eggs counts also was increased instead of to be diminished.

### **Resumen**

Estudios parasitológicos realizados en rumiantes bajo el SASP (Sistema Agro Silvo Pastoril) nos indican que la distribución de las cargas parasitarias al interior del rebaño, responde al patrón general de la dispersión de los parásitos en el seno de la población hospedadora, es decir, con la concentración de las mayores cargas en tan solo una pequeña fracción de animales del rebaño y el resto o esta negativo o sus cargas son leves o moderadas, independientemente de que se trate de animales de un grupo racial en particular (Criollo Río Limón) o de mestizos Doble Propósito. Al considerar otras especies de rumiantes, como los ovinos y caprinos, vemos que a pesar de la mayor diversidad de plantas consumidas por los caprinos, entre ellas muchas leguminosas, la estructura y composición de sus faunas parasitarias son muy similares, es decir las especies de parásitos más abundantes presentes en los ovinos también lo son en los caprinos. Con rumiantes silvestres (*Odocoileus virginianus*), introducidos en pastizales con árboles y previamente ocupados por rumiantes domésticos, pero luego de un

descanso de 6 meses, llama la atención la elevada prevalencia e intensidad promedio de *Haemonchus contortus*, así como la elevada prevalencia de *Gongylonema pulchrum*, parásito este último que requiere la presencia de hospedadores intermediarios, entre los cuales han sido identificados una gran variedad de coleópteros y algunos ortópteros como *Blatella germanica*.

En relación a la infección por *Eimeria* spp. en ovinos criados bajo SASP, los niveles de infección son similares a los reportados para ovinos criados en potreros de gramíneas sin presencia de árboles.

Por último, el análisis ecológico de la fauna edáfica presente en SASP y sin árboles, evidenció que la estructura y composición de las comunidades de dicha fauna, presentes en ambos sistemas es muy parecida durante las dos épocas del año, lo cual fue ratificado por los elevados valores del Coeficiente de Similitud de Sorensen. Los valores del Índice de Dominancia de la Comunidad, revelaron la importancia numérica de los coleópteros en ambos sistemas. Sin embargo, al comparar la proporción del total de coleópteros entre sistemas al interior de una misma época, dicha proporción siempre resultó superior y estadísticamente diferente en el SS con respecto al SSA, aunque dicha proporción fue en general más elevada durante la época lluviosa, lo cual nos induce a pensar que si la presencia de una mayor cantidad de coleópteros incide en la disminución del potencial parasitario de las excretas y correspondiéndole al periodo lluvioso la época de mayor abundancia de estos insectos, los riesgos de infección para los animales deberían ser menores, pero es precisamente para ese periodo para el cual la autora refiere los picos de infestación parasitaria.

## **Introducción**

Los sistemas silvo pastoriles (árboles en el pastizal) representan un nuevo concepto dentro de los sistemas de producción de rumiantes, ya que además de las gramíneas

incluye en el potrero diversas especies vegetales, como las leguminosas terrestres, arbustivas y arbóreas, que brinda un esquema multi estrata que permite el desarrollo de la ganadería con un menor impacto ambiental (FAO, 2003). El SASP(Sistema Agro Silvo Pastoril) es considerado como una herramienta complementaria para el control parasitario , al favorecer el desarrollo de una rica y variada fauna edáfica, la cual participa activamente en la descomposición de las excretas (FAO, 2003) y contribuyen de esta manera con la disminución del potencial parasitario de las mismas (Soca,2005) , aunque para Thomas (1982), las lombrices de tierra, insectos y la actividad de los animales de la granja son probablemente responsables de la amplia distribución de las larvas infectantes de los nematodos gastrointestinales.

Según Soca et al, 2002 (citada en FAO, 2003), en bovinos criados bajo SASP, la disminución en el recuento de h.p.g. es mayor que en bovinos criados en potreros de gramíneas, debido a la mas rápida descomposición de la bostas en los sistemas silvo pastoriles.

Esto pudiera tener mayor importancia en el caso de los bovinos cuya materia fecal o “bosta” persiste por mayor tiempo en el pastizal que la materia fecal de los pequeños rumiantes, cuya desintegración es mas rápida (Thomas, 1982)

Sin embargo debemos recordar que los bovinos realizan un pastoreo selectivo y rechazan el consumo de pastos contaminados con heces, lo cual puede ser parcialmente responsable de las diferencias entre las cargas parasitarias de animales bajo diferentes cargas animales en el potrero (Morley y Donald, 1980).

Con el fin de analizar la problemática de la infección por helmintos criados bajo SASP, presentaremos algunos ejemplos de rumiantes y los niveles de infección parasitaria bajo dichos sistemas con datos personales, así como producto del análisis crítico de información aportada por otros investigadores.

## **Caso 1. Estación Experimental “Ciudad Bolivia”, municipio Pedraza (Barinas)**

### **Características del SASP del Campo Experimental Ciudad Bolivia**

La superficie y uso actual de la tierra en el Campo Experimental Ciudad Bolivia, se corresponde con la racionalidad de un SASP, en la cual el área de pastos es (55,2%), la de los árboles y cultivos 11,25 ha (12,2%) y 20,7 ha de bosque de galería como barrera protectora de dos caños que cruzan el Campo Experimental. Este arreglo espacial permite lograr un uso más eficiente del espacio y permite utilizar recursos locales como fuentes alimenticias para el rebaño (Salazar et al., 2006). La precipitación promedio anual es de 1840 mm, la temperatura promedio es de 26,5°C, evaporación máxima de 249 mm y la humedad relativa alcanza 84% en el periodo de lluvias y 78% en los meses secos (Morales et al, 2006).

### **Arreglos y Asociaciones Establecidos**

□ □ Asociación de caoba (*Swietenia macrophylla*): 200 plantas con pasto

Estrella (*Cynodon nlemfuensis*).

□ □ Cercas Vivas: Melina (*Gmelina arborea*): 45; Teca (*Tectona grandis*): 4;

Caoba (*Swietenia macrophylla*): 38

□ □ Árboles en potreros: Samán (*Pithecelobium saman*): 12; Cañafístola

(*Cassia moschata*): 5; Caro Caro (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq.

Grises): 6

□ □ Bancos de proteína: Leucaena (*Leucaena leucocephala*); Mata Ratón

(*Gliricidia sepium*).

□ □ Bancos de energía: 3 Has. de Caña de Azúcar forrajera.

□ □ Asociación de Cultivos: Maíz (*Zea mays* L.), Pasto Estrella (*Cynodon*

*nlemfuensis*) y Leucaena (*Leucaena leucocephala*)

□ □ Asociación: Cacao (*Theobroma cacao*) – Musáceas (*Mussa spp.*) –

Saman (*Pithecelobium saman*).

Pastos :Yaragua (*Hypparrhenia rufa*) ; Pasto alemán (*Echinochloa polystachia*) , Brizanta (*Brachiaria brizantha*) ,Decumbens (*Brachiaria decumbens*) ; Guinea (*Panicum maximum*)

### **Distribución de las cargas parasitarias y del valor del Hematocrito en bovinos Criollo Río Limón criados en un SASP (E.E. Ciudad Bolivia)**

CUADRO 1. Distribución de los niveles de infestación y comparación del valor hematocrito correspondiente, en bovinos Criollo Río Limón discriminados por su nivel de infestación.

Nivel de Infestación	n	CHpg (media)	Hematocrito (%)	Letras
Negativos	19(45,2%)	0	36,4 (25-46)	A
Leves	12(28,6%)	133	36,3(28-44)	A
Moderados	3(7,14%)	533	35,7(30-39)	A
Altos	8(19,04%)	1875	33(29-39)	B

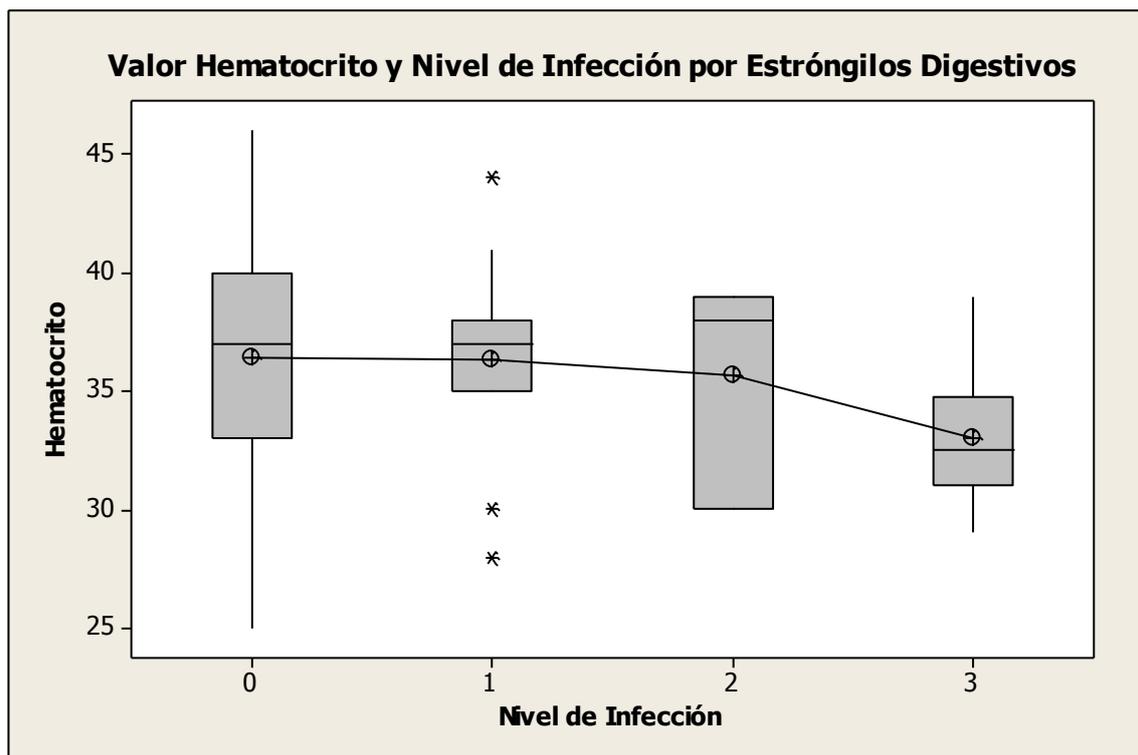
N: número de bovinos

CHpg: Conteo del número huevos de estróngilos digestivos por gramo de heces

Letras distintas indican la existencia de diferencias estadísticamente significativa entre los valores hematocrito ( $P < 0,05$ ).

En el cuadro 1, se observa la concentración de las cargas elevadas en el 19% del total de los animales examinados, mientras que el resto del rebaño, en su mayoría están negativos (45,2%), seguidos por el lote con infección leve (28,6%) y luego los bovinos

con cargas moderadas (7,1%), lo cual es común en los animales infectados en condiciones naturales y que refleja la heterogeneidad de la resistencia frente a la infección parasitaria al interior del rebaño, aunque se trata de animales de la misma raza (Morales et al, 1998, 2002, 2006; Pino y Morales, 2004)



**Figura 1. Comparación del valor hematocrito en bovinos discriminados por su nivel de infección por estróngilos digestivos establecido en base al recuento de h.p.g. mediante la técnica de McMaster.**

En cuanto al valor hematocrito, observamos una gran variabilidad (Fig.1), es debido a que en muchos casos su valor es afectado por causas diferentes a las parasitarias, como es posible inferir de los animales negativos y a la presencia de animales resilientes, en el caso de los animales con infecciones altas. El patrón de distribución de las cargas

parasitarias en este rebaño, criado bajo condiciones de SASP, no es diferente al encontrado en animales criados bajo sistema de pastoreo en potreros sin árboles.

**Caso 2.** Bovinos Doble Propósito criados bajo SASP en el Sector San Antonio de la Parroquia Ciudad Bolivia del municipio Pedraza (Barinas).

En esta explotación ganadera, el control parasitario se basa en el empleo de quimioterapicos comerciales y se tratan los becerros con Levamisol, 4 veces al año y los adultos con Doramectina, 2 veces al año. La dosis es establecida por estimación visual del peso de los animales.

**Cuadro 2.** Distribución de los niveles de infestación y comparación del valor hematocrito correspondiente, en bovinos Doble Propósito discriminados por su nivel de infestación.

<u>Nivel Infección</u>	<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>Mín</u>	<u>Máx</u>	
<u>Mediana</u>						
Alto	HPG	13	1723,08	800,00	4300,00	1100,00
Alto	HTO	13	29,77	19,00	38,00	29,00
Leve	HPG	21	126,19	50,00	200,00	100,00
Leve	HTO	21	33,24	27,00	43,00	33,00
Moderado	HPG	12	445,83	250,00	600,00	450,00
Moderado	HTO	12	30,17	19,00	40,00	30,00
Negativo	HPG	19	0,00	0,00	0,00	0,00
<u>Negativo</u>	<u>HTO</u>	<u>19</u>	<u>31,21</u>	<u>22,00</u>	<u>39,00</u>	<u>30,00</u>

En esta explotación vemos que el 29,23% de los animales resultaron negativos y los leves y moderados representaron el 50,77%, correspondiéndole a los animales con infestación alta un 20%, valores que en líneas generales podemos considerar similares a los observados en el caso anterior, que eran bovinos Criollo Río Limón, mientras que aquí tenemos, Acebuados (11/65); ½ Bos taurus x Bos indicus (27/65) y dominante Bos taurus (27/65). El aspecto a destacar es la existencia de infección parasitaria con una distribución de los niveles de infección que responde al patrón general de las infecciones por estróngilos digestivos bajo condiciones naturales.

**Caso 3.** Ovinos y caprinos infectados en condiciones naturales en zonas áridas del estado Lara (Venezuela).

**Comparación entre las comunidades de nematodos parásitos de ovinos y caprinos criados en zonas áridas de Venezuela (Morales et al, 1986)**

Composición y estructura de las comunidades de nemátodos parásitos de ovinos y caprinos infectados en condiciones naturales y provenientes de zonas áridas del Estado Lara, Venezuela.

Especies	Ovinos	R	Caprinos	R
<i>Trichostrongylus colubriformis</i>	60.893	8	80.990	8
<i>Trichostrongylus axei</i>	32198	7	9458	6
<i>Haemonchus contortus</i>	9.263	6	11.927	7
<i>Cooperia curticei</i>	568	5	1.193	4
<i>Bunostomum trigonocephalum</i>	72	1	0	1
<i>Oesophagostomum columbianum</i>	549	4	629	3

<i>Trichuris globulosa</i>	205	2	273	2
<i>Skrjabinema ovis</i>	515	3	3.030	5

Rho = 0,90 (P<0,05)      Coeficiente de Correlación de Rangos de Spearman

Css = 93,33%              Coeficiente de Similaridad de Sorensen

R = rangos

Las cabras consumen plantas que a otras especies incluso les resultan tóxicas (B.N.A, 1971), llegando a ser consideradas por algunos autores como omnívoros, debido a que consumen prácticamente todas las plantas disponibles en un área determinada, tal como lo demostraron Duran y García (1981), quienes lograron identificar 24 especies diferentes de plantas apetecidas por los caprinos criados en el Valle de Baragua del Estado Lara, mientras que los ovinos son estenofágicos y rutinarios en su alimentación (Duran y García, 1981, Speeding ,1968), pudiéramos entonces pensar que la estructura y composición de las comunidades de parásitos deberían ser diferentes , sin embargo los resultados obtenidos indican que las especies de parásitos mas abundantes en los ovinos también lo son en los caprinos y que la comunidad de parásitos de un hospedador es muy similar a la del otro ,lo cual permite inferir que la estabilidad del tracto gastrointestinal de ambos hospedadores es muy parecida.

#### Caso 4.

#### Helmintos gastrointestinales de *Odocoileus virginianus* (Texas Edwards Plateau)

Vegetación dominante: *Quercus* spp (Roble) y *Juniperus asheii* (Enebro) Waid y cols,1985.

Prevalencia, intensidad y abundancia en 86 hembras adultas de *O. virginianus*

Especies	N.I	N.E	%	Intensidad	Rango	Abundancia
<i>Haemonchus contortus</i>	53	86	62	105	1-1062	64,60
<i>Ostertagia ostertagi</i>	4	86	5	1	1	0,05
<i>Apteragia odocoilei</i>	9	86	11	13	1-47	1,30
<i>Cooperia</i> spp.	1	86	1	2	2	0,02
<i>Oesophagostomum venulosum</i>	24	86	28	7	1-27	1,80
<i>Gongylonema pulchrum</i>	74	86	86	13	1-79	11
<i>Moniezia</i> spp.	1	86	1	1	1	0,01
<i>Taenia hydatigena</i>	6	86	7	1	1-3	0,09

Nota: Superficie: 22400 Ha., Precipitación promedio anual: 63.5 cm, con picos en mayo y septiembre. Vegetación dominada por *Quercus* spp. y *Juniperus asheii*. Además de *Odocoileus virginianus*, también están presentes *Cervus nipón*, *Axis axis*, *Dama dama*, *Ammotragus lervia* y *Antílope cervicapra*. Los lotes de rumiantes domésticos representados por caprinos y bovinos fueron removidos del área de estudio 6 meses previos al inicio del proyecto para permitir una adecuada regeneración de los pastizales. *Gongylonema pulchrum*: se desarrolla en el hemocele de los escarabajos del estiércol y en cucarachas.

**Hospedadores intermediarios:** Escarabajos de los siguientes géneros han sido señalados como hospedadores intermediarios de *Gongylonema pulchrum* (Anderson ,

1992) : *Amphimallon*, *Aphodius*, *Blaps*, *Chironitis*, *Copris*, *Dermestes*, *Geotrupes*, *Gymnopleurus*, *Onoticella*, *Onitis*, *Onthophagus*, *Pentodon*, *Scarabeus* y *Sisyphus*.

Otros: *Blatella germanica*

**Resultados:** el análisis de los resultados presentados en esta tabla nos indica que pese a la desocupación previa de los potreros y existiendo la presencia de árboles en los mismos, los pastizales permanecieron contaminados y con alta prevalencia y abundancia de *Haemonchus contortus*, parásito muy patógeno de ciclo directo y cuyos huevos no embrionados son sensibles a la desecación (Waller y Donald, 1970) y de *Gongylonema pulchrum*, que si bien no destaca por su patogenicidad, si requiere para su transmisión de coleópteros o de ortópteros (Anderson, 1992).

### Caso 5.

Epidemiología de Coccidias (Protozoa: Eimeriidae) en ovinos en sistemas de silvopastoreo

Valenzuela, G.; Quintana, I.; González, E.

Instituto de patología Animal y Farmacología, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Explotación	Pastos	Asociación	Animales/Ha.	Ooquistes/g	Ooquistes/g
				< 1 año	> 1 año
<b>Las Trancas</b>	<b>Naturales</b>	<b>Pinus radiata, Castanea sativa y Pseudotsuga menziesii</b>	6 animales por Ha	10.474 o.p.g	1600 o.pg
<b>Huape Tres Esteros</b>	<b>Naturales</b>	<b>Pinus radiata</b>	6 animales por Ha	8.187 o.p.g	1.485 o.p.g

Los análisis coproscópicos (Técnica de McMaster) fueron realizados sobre los mismos animales durante 25 meses en “Las Trancas” y 13 meses en “Huape Tres Esteros”. Durante estos periodos no se realizaron tratamientos contra coccidias.

**Conclusión:** Los autores señalan que la tendencia de la eliminación de ooquistes de *Eimeria spp* , en ovinos criados bajo un sistema silvopastoril es similar a lo reportado por otros autores , pero con ovinos criados en pastizales sin árboles.

## **Caso 6**

### **Análisis ecológico de la comunidad faunística edáfica en un sistema silvopastoril y en un sistema sin árboles (datos Dra. Mildrey Soca P, 2005)**

La información contenida en el cuadro que presentamos a continuación fue utilizada para la realización de los cálculos aquí presentados.

**Cuadro 3.1.3. Comportamiento de la fauna edáfica en los sistemas en estudio  
(individuos por metro cuadrado)**

Orden	Época Poco Lluviosa		Época Lluviosa	
	Sistema Silvopastoril	Sistema sin Árboles	Sistema Silvopastoril	Sistema Sin Árboles
Diplopoda(milpiés)	101	158	38	38
Haplotaxida(lombrices)	199	101	218	248
Coleoptera(adultos)	386	216	1936	752
Coleoptera(larvas)	332	233	252	150
Isopoda(cochinilla)	73	51	51	26
Quilopoda(ciempiés)	21	7	51	38
Araneae (araña)	2	0	0	0
Orthoptera (cucarachas)	2	0	0	0
Total(individuos/m2)	1116	766	2546	1252
IDC	64,34%	58,62%	85,94%	79,87%
Fauna dominante	Larvas y adultos de coleópteros	Larvas y adultos de coleópteros	Adultos y larvas de coleópteros	Adultos de coleópteros y lombrices

Época poco lluviosa	Época lluviosa
Rho= 0, 95(P<0,001)	Rho=0, 92 (P<, 001)
Css = 85, 71%	Css= 100%

Comparación entre las proporciones de la población de coleópteros			
SS = 0,64	SSA=0,58	SS=0,86	SSA=0,72
P< 0,01		P<0,01	

**Resultados:** La estructura y composición de la comunidad faunística (ordenes) presente en el Sistema Silvo Pastoril con respecto al Sistema Sin Árboles, tanto en la época poco lluviosa como en la lluviosa resultaron muy similares, es decir las abundancias de los diferentes taxones se distribuyen en forma muy parecida en ambas épocas y sistemas. Los elevados valores del Índice de Similitud de Sorensen , nos indican que la similitud de la composición faunística (ordenes), entre ambos sistemas y épocas es muy similar durante la época poco lluviosa e idéntica durante la lluviosa. Sin embargo, al comparar la proporción del total de coleópteros entre sistemas al interior de una misma época, dicha proporción siempre resultó superior y estadísticamente diferente en el SS con respecto al SSA , lo cual nos induce a pensar que si la presencia de una mayor cantidad de coleópteros incide en la disminución del potencial parasitario de las excretas y correspondiéndole al periodo lluvioso la época de mayor abundancia de estos insectos , los riesgos de infección para los animales deberían ser menores , pero es precisamente para ese periodo para el cual la autora refiere los picos de infestación parasitaria. Por demás esta decir que el efecto favorable de la precipitación y la humedad sobre las formas de vida libre de los estróngilos digestivos es un hecho conocido y bien documentado en parasitología (Waller y Donald,1970 ; Donald,1973 , Levine ,1963 ) , razones por las cuales los periodos de mayor disponibilidad hídrica , representan los mayores riesgos de infección por trichostrongilidos (Uriarte y cols ,1984).

Sin embargo, debemos destacar que el coleóptero *Onthophagus gazella* , ha sido señalado en Australia (Bryan,1973) por su importante rol en mantener los pastizales libres de la materia fecal acumulada de los bovinos y por su contribución en la fertilización del suelo , además de contribuir con el control de los nematodos gastrointestinales al reducir la cantidad de larvas que logran sobrevivir en la materia

fecal , debido a que cuando los escarabajos atacan la materia fecal los huevos y las larvas presentes quedan expuestos al aire y a la radiación solar y aún cuando el desarrollo de los huevos puede continuar , la posibilidad de sobrevivencia de las larvas se ve limitada. Consideramos de importancia evaluar la eficacia de diferentes especies de escarabajos en el control biológico de las formas de diseminación de los nematodos gastrointestinales , ya que existen evidencias de la eficacia limitada de algunas especies(Bryan,1973) , además de incluir el tipo de pasto y del suelo en donde se realicen los ensayos.

### Conclusiones

Los SASP , desde el punto de vista de reducción de los riesgos de contaminación ambiental con las formas de diseminación de los parásitos no parecieran tener un fuerte impacto , ya que los niveles de infección por parásitos gastrointestinales en rumiantes criados bajo estos sistemas presentan un patrón de distribución de las cargas parasitarias al interior de la población hospedadora que es el comúnmente observado en infecciones en condiciones naturales.

Es conveniente prestar cuidadosa atención a la dinámica poblacional de la fauna edáfica presente, debido al papel de hospedador intermediario de coleópteros y ortópteros para los Spiruroidea y de los ácaros Oribatidos (los cuales abundan en terrenos húmedos, ricos en humus y con abundante vegetación, ya que su sobrevivencia es limitada en medios secos) para los cestodos Anoplocephalidae , principalmente del genero *Moniezia*.

En el caso específico de los coleópteros, además de evaluar la eficacia de diferentes especies, ya que existen reportes que señalan a unas especies como mas eficientes que

otras, se debe considerar la densidad de árboles en el potrero y el tipo de pasto , prestando especial atención a la información microclimática.

Además de algunas especies de lombrices de tierra (*Eisenia foetida* , *Helodrilus caliginosus* , *Lumbricus terrestris* ) , las cuales han sido inculpadas como hospedadores transportadores de parásitos del genero *Syngamus* (aves) , pertenecientes a la misma familia del genero *Mammomonogamus* , cuya presencia fue reportada en bovinos de Venezuela , pero para el cual no se han identificado sus posibles hospedadores invertebrados , pero se piensa que su ciclo evolutivo puede ser similar al de *Syngamus traquea* de las aves , que puede ser directo o mediante la presencia de un hospedador transportador como las lombrices de tierra ,caracoles y babosas (Power,1984) .

## BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, R. C (1992). NEMATODO PARASITES OF VERTEBRALES. THEIR DEVELOPMENT AND TRANSMISSION. C.A.B INTERNATIONAL, U.K , 578 PP.

BRYAN ,R.P (1973).THE EFFECT OF DUNG BEETLE ACTIVITY ON THE NUMBERS OF GASTROINTESTINAL HELMINTH LARVAE RECOVERED FROM PASTURE SAMPLES. AUSTRALIAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH , 24: 161-168.

DONALD , A (1973). BIONOMICS OF THE FREE LIVING STAGES OF GASTROINTESTINAL NEMATODES OF SHEEP IN RELATION TO EPIDEMIOLOGY. UNIVERSITY OF SIDNEY,J.D. STEWART COURSE PROC. N° 19, PAGES.107 – 119. AUSTRALIA.

DURAN, G.; GARCÍA, I. (1981). LA ESPECIE CAPRINA Y EL ECOSISTEMA PASTIZAL ESPINAR EN EL VALLE DE BARAGUA, ESTADO LARA. VETERINARIA TROPICAL, 6:9-22.

F.A.O. (2003). RESISTENCIA A LOS ANTIPARASITARIOS .ESTADO ACTUAL CON ÉNFASIS EN AMÉRICA LATINA. ESTUDIO FAO, PRODUCCIÓN Y SANIDAD ANIMAL N° 157, ROMA, 51 PP.

LEVINE, N (19639, WEATHER, CLIMATE, AND THE BIONOMICS OF RUMINANT NEMATODO LARVAE. ADV.VET.SCI ; 8:216 – 261.

MORALES, G.; PINO, L. A.; ALDANA, E.; PERDOMO, L.; MOLINA, E. (1986). COMPARACIÓN ENTRE LAS COMUNIDADES DE NEMATODOS PARÁSITOS DE OVINOS Y CAPRINOS CRIADOS EN ZONAS ÁRIDAS DE VENEZUELA. MEM. INST. OSWALDO CRUZ, RIO DE JANEIRO, 81(2):185 – 190.

MORALES, G.; PINO, L. A.; SANDOVAL, E.; MORENO, L. (1998). IMPORTANCIA DE LOS ANIMALES ACUMULADORES DE PARASITOS (WORMY ANIMALS) EN REBAÑOS DE OVINOS Y CAPRINOS NATURALMENTE INFECTADOS. ANALECTA VETERINARIA; 18:1-6.

MORALES, G.; PINO, L. A.; LEON, E.; GUILLEN, A.; RONDON, Z.; BALESTRINI, C.; SILVA, M. (2002). NIVELES DE INFECCIÓN PARASITARIA EN OVINOS DE REEMPLAZO NATURALMENTE INFECTADOS. VETERINARIA TROPICAL; 27(2):123 – 135.

MORALES, G.; PINO, L. A.; SANDOVAL, E.; FLORIO, J.; JIMÉNEZ, D. (2006). NIVELES DE INFESTACIÓN PARASITARIA, CONDICIÓN CORPORAL Y VALORES DE HEMATOCRITO EN BOVINOS RESISTENTES, RESILIENTES Y ACUMULADORES DE PARÁSITOS EN UN REBAÑO CRIOLLO RIÓ LIMÓN. ZOOTECNIA TROPICAL; 24(3): 333 – 346.

MORLEY, F.; DONALD, A. (1980). FARM MANAGEMENT AND SYSTEMS OF HELMINTH CONTROL. VETERINARY PARASITOLOGY; 6:105 – 134.

PINO, L. A.; MORALES, G. (2004). CARACTERÍSTICAS DEL PARASITISMO POR NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN RUMIANTES DOMÉSTICOS DE VENEZUELA. REDVET. REVISTA ELECTRÓNICA VETERINARIA [.http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n01104.htm](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n01104.htm)

POWER, L (1984). NEMATODOS PARÁSITOS DE LOS ANIMALES DOMESTICOS DE VENEZUELA. TRABAJO DE ASCENSO A LA CATEGORÍA DE PROFESOR TITULAR. FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS , UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA , MARACAY , VENEZUELA , 266 PAGES.

SALAZAR , M , FLORIO ,J , PEREZ ,N ; LUGO , M ,GUERRERO ,R ; SANCHEZ , LINARES ,T ; ALVARADO ,A ; MORILLO , A (2006). AVANCES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO AGROSILVOPASTORIL EN EL PIEDEMONTE BARINÉS. SIMPOSIO – TALLER. EXPERIENCIAS EN AGROFORESTERIA EJECUTADAS O EN PROCESO POR EL INIA, MARACAY, VENEZUELA; PAGES. 29 – 35.

SOCA, M. (2005). LOS NEMATODOS GASTROINTESTINALES DE LOS BOVINOS JÓVENES. COMPORTAMIENTO EN LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES CUBANOS. TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL GRADO CIENTÍFICO DE DOCTOR EN CIENCIAS VETERINARIAS. UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA, LA HABANA (CUBA).

SPEEDING, C.R.(1968). PRODUCCIÓN OVINA. EDITORIAL ACADEMIA , LEÓN , ESPAÑA , PAGES.130 – 155.

THOMAS, R. J. (1982). THE ECOLOGICAL BASIS OF PARASITE CONTROL:NEMATODOS. VETERINARY PARASITOLOGY, 11: 9 – 24.

URIARTE , J ; TANCO , A; GUILLEN , A ; MARCO , M (1984). EVOLUCIÓN Y SUPERVIVENCIA DE LOS ESTADOS LIBRES DE LA FAMILIA TRICHOSTRONGYLIDAE EN LOS SECANOS DE LA PROVINCIA DE ZARAGOZA, . ANALES DEL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRARIAS ( ESPAÑA) , SERIE GANADERA ,20(1): 11 – 23.

VALENZUELA, G.; QUINTANA, I.; GONZÁLEZ, E. (1985 ?). EPIDEMIOLOGÍA DE COCCIDIAS (PROTOZOO: EIMERIIDAE) EN OVINOS EN SISTEMAS DE SILVOPASTOREO. FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS, UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, VALDIVIA, CHILE. MIMEOGRAFIADO, 12 PP.

WAID, D.; PENCE, D.; WARREN, R. (1985). EFFECTS OF SEASON AND PHYSICAL CONDITION ON THE GASTROINTESTINAL HELMINTH COMMUNITY OF WHITE TAILED DEER FROM THE TEXAS EDWARDS PLATEAU. JOURNAL OF WILDLIFE DISEASES, 21(3): 264 – 273.

WALLER , P ; DONALD, A (1970). THE RESPONSE TO DESSICATION OF EGGS OF TRICHOSTRONGYLUS COLUBRIFORMIS AND HAEMONCHUS

CONTORTUS(NEMATODA:TRICHOSTRONGYLIDAE). PARASITOLOGY,61:195

– 204.

## Respuesta animal en sistemas silvopastoriles en un Modelo de Granja Integral en Yaracuy, Venezuela

Jhony Salaverría<sup>1</sup>, Carlos Ruiz-Silvera<sup>1</sup>, Héctor Fabio Messa<sup>1</sup>, Eduardo Escalante<sup>2</sup>, Alirio Piñuela<sup>3</sup>, Carlos Valles<sup>4</sup> y Carlos Benavides<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fundación Empresas Polar, Programa ATS, Yaracuy, Venezuela  
Email: [jhony.salaverria@fpolar.org.ve](mailto:jhony.salaverria@fpolar.org.ve)

<sup>2</sup>ULA, Trujillo, Venezuela. Email: [escalan3e60@yahoo.com](mailto:escalan3e60@yahoo.com)

<sup>3</sup>Fundación Danac, Proyecto Forestal, San Javier, Venezuela. Email: [alirio.pinuela@danac.org.ve](mailto:alirio.pinuela@danac.org.ve)

<sup>4</sup>Ejercicio libre, San Felipe, estado Yaracuy

### RESUMEN

Los sistemas silvopastoriles forman parte de un modelo de granja integral sostenible desarrollado por Fundación Empresas Polar en Yaracuy, Venezuela, en zona de bosque seco tropical. Se pueden identificar en la granja sistemas para el manejo de bovinos doble propósito en producción de leche (SSPBL), con 10 años de funcionamiento, para hembras bovinas de reemplazo (SSPBH) y aprovechamiento forestal, con 1 año de funcionamiento, y para el manejo de gallinas criollas (SSPGA), con 5 años de funcionamiento. El SSPBL consta de 10 ha en una asociación de pastos con leguminosas arbustivas con predominio de *Cynodon nlemfuensis* y *Leucaena leucocephala*, una carga animal promedio en pastoreo de 2,75 UA.ha<sup>-1</sup>, e incorpora 2 ha de cultivo para la obtención y elaboración de suplementos. El SSPBH consta de 4,4 ha en un diseño multiestrata y multiespecífico de *Panicum maximum*, *Leucaena leucephala*, *Prosopis juliflora*, *Cassia moschata*, *Acrocomia aculeata*, *Albizia saman*, *Tectona grandis*, *Cordia thaisiana*, *Tabebuia roseae* y *Swietenia macrophylla*., con una carga animal promedio en el primer año de 1,5 UA.ha<sup>-1</sup>. El SSPGA ocupa un área de aproximadamente 1.000 m<sup>2</sup>, con un arreglo de frutales arbóreos y gramíneas, y la ocupación con una parvada de 30-50 gallinas mestizas de cuello desnudo (gen Na) como fenotipo predominante, bajo la modalidad de manejo semilibre (búsqueda-recolección y suplementación). Los resultados productivos obtenidos en cada unidad se resumen en una productividad de leche de 3.295,1 kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, parición anual de 74,6%, peso del becerro al nacer de 32,7 kg y una GDP de los becerros a los 120 días de 421 g.día<sup>-1</sup> en el SSPBL en los últimos cinco años; productividad de carne de 613 kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, una GDP promedio de 637 g.día<sup>-1</sup>, peso y edad al primer servicio de las novillas de 343,4 kg y 20,3 meses, respectivamente, en el SSPBH; 96 huevos.gallina<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> con un peso promedio de 47,7 g y un 25,6% de gallinas en postura por mes en el SSPGA. Los resultados obtenidos, constituyen una referencia de la respuesta animal asociando sistemas silvopastoriles con el aprovechamiento de recursos adaptados a las condiciones locales, y se presentan como una alternativa para la reconversión ganadera en la Región Centroccidental de Venezuela.

**Palabras clave:** Ganadería sostenible, Sistema silvopastoril, Silvopastoril con gallinas criollas, silvopastoril multiestrata.

### Abstract

The silvopastoral systems as a part of a sustainable model of integrated farm developed by Fundación Empresas Polar in the dry tropic forest of Yaracuy State, Venezuela. In the farm it can be identified the livestock milk production management of double purpose cows in a integrated silvopastoral system with 10 years of grazing and the managing of the replacing heifer in one year established agrosilvopastoral system, also the rearing and management of a

small flock of Creole hens for five years. The silvopastoral grazing system is on an area of 10 hectares with the association of gramíneas *Cynodon nlemfuensis* and arbustive legumes *Leucaena leucocephala*, with carrying capacity on pasture of 2,75 AU per hectare, also there are two hectare of cultives to obtain and elaborate the nutritional supplements. The design of the agrosilvopastoral area of 4.4 hectares with a multi-strata and multi-specific vegetation of *Panicum maximum*, *Leucaena leucocephala*, *Prosopis juliflora*, *Cassia mochata*, *Acrocomia aculeata*, *Albiza saman*, *Tectona grandis*, *cordia thaisiana*, *Tabebuia roseae* y *Swietenia macrophylla*., with a carrying capacity of 1,5 AU.hectare in the first year of stablishment. The rearing and management of the Creole hens is on an area of 990 m<sup>2</sup> with fruits trees, medium size plants, pastures and ground vegetation. The flocks are 30-50 Creole naked neck hens and 02 naked neck cocks in a semi free-range rearing with access to scavenging and feed supplementation. The productive performance results are., for milk production with a partial-suckling calve 3.295 kg per lactation, 74,6 % of calving, calf birth weight 32,7 Kg., weaning weight of the calf 421 g /day in 120 days. In the last five years the production of meat is of 613 Kg per hectare/year, with a gain weight daily of 637 g., weight and age at first services 343, 4 Kg and 20, 3 month. The hens production is of 96 Eggs/hen/year., with an egg weight of 47, 7 g and 25, 6% hens production per month. The results obtained from this agrosilvopastoral system is a reference for the productive performance of the animals and plants species and it can be an alternative to managed more efficient the livestock of the Central occidental region of Venezuela

**Keywords:** sustainable livestock, silvopastoral system, Silvopastoral system for Creole hens, multistrata silvopastoral system.

## Introducción

En América Latina y Venezuela, se impone la necesidad de incrementar la productividad de los sistemas de producción animal, su compatibilidad con el uso de la base de los recursos naturales, y su contribución a mejorar la calidad de vida de las familias. La incorporación de especies vegetales leñosas perennes en la producción animal, puede ser considerada en condiciones tropicales por su potencial contribución con la reducción de los impactos ambientales negativos, con el incremento de la diversidad y la generación de nuevos productos e ingresos, y con el aprovechamiento óptimo del recurso suelo.

Los sistemas silvopastoriles, en los cuales es posible asociar bajo un manejo integral especies leñosas perennes (arbustivas o arbóreas) con especies herbáceas y el componente animal, son la representación de un modelo deseable que puede generar beneficios económicos, sociales y ambientales. También es importante generar información de referencia que permita conocer el

potencial de los sistemas silvopastoriles, así como los arreglos más idóneos para obtener la mejor respuesta del recurso animal presente.

En las zonas rurales y peri urbanas de Venezuela, el ave de corral representa una tradición en los patios para contribuir con la seguridad alimentaría local, por su aporte de proteínas de alto valor biológico, al reciclaje de desperdicios de alimentos y residuos de cosechas, y el control biológico de invertebrados (Guevara 2000). En los planes de desarrollo rural, es importante valorar los sistemas avícolas locales que puedan adaptarse a las condiciones ambientales y culturales predominantes, y que por su potencial, sean considerados en programas de mejoramiento de las parvadas presentes en las comunidades.

Este trabajo se realizó con el objetivo de caracterizar la respuesta productiva de bovinos doble propósito y gallinas criollas, establecidos en modelos de sistemas agrosilvopastoriles, con factibilidad de aplicación en otras zonas de la Región Centroccidental de Venezuela.

## **Materiales y métodos**

### **Características del área de estudio**

Los sistemas agrosilvopastoriles forman parte de un modelo de granja integral sostenible desarrollado por Fundación Empresas Polar (Arias et al 2001), en Yaracuy, Venezuela, 10°21'45" N y 68°39'00" W, correspondiente a Bosque Seco Tropical (Holdridge 1987), a 107 msnm, con temperatura media mensual de 27°C, precipitación media anual de 1296 mm, evaporación media mensual de 177 mm, y un período de lluvias definido entre los meses de mayo y noviembre.

Los suelos predominantes corresponden a la clase III por su capacidad de uso, con limitaciones de profundidad efectiva, salinidad potencial y exceso de humedad por períodos frecuentes o durante todo el año (CALTEC 1986). Se ha determinado la presencia de un

estrato con carácter de fragipan, que incrementa los riesgos de erosión hídrica del suelo, recomendando su cobertura en forma continua durante el año (UCV-Danac 1999).

### **Agrosilvopastoril para el manejo de bovinos en producción de leche (SSPBL)**

El SSPBL está constituido por una asociación de pasto estrella *Cynodon nlemfuensis* con leguminosas arbustivas (leucaena *Leucaena leucocephala*), establecidas estas últimas en hileras dobles distanciadas a 5 m y a 1 m x 1 m entre hileras y plantas, bajo un sistema de pastoreo rotativo, en unidades de 0,25 ha, delimitadas mediante cercas electrificadas, con un tiempo de ocupación de 2 días y 74 días de descanso. El SSPBL ocupa 10 ha y recibe una carga animal promedio en pastoreo de 2,75 UA.ha<sup>-1</sup>, e incorpora 2 ha de cultivo para la obtención y elaboración de suplementos.

### **Agrosilvopastoril para el levante de hembras bovinas para reemplazo (SSPBH)**

El SSPBH consta de 4,4 ha en un diseño multiestrata y multiespecífico, constituido por cuatro estrados: 1) *Panicum maximum* como oferta nativa de forraje; 2) *Leucaena leucephala* para suministrar forraje de alto contenido proteínico y fijación de nitrógeno atmosférico; 3) *Prosopis juliflora* y *Cassia moschata* como árboles forrajeros para el suministro de frutos de alto contenido de proteínas, y 4) estrato arbóreo superioro de *Albizia saman*, *Acrocomia aculeata*, *Tectona grandis*, *Cordia thaisiana*, *Tabebuia roseae* y *Swietenia macrophylla*, que proveerán sombra y frutos apetecibles al ganado, y madera de valor comercial.

El SSPBH fue diseñado para el pastoreo rotacional y levante de hembras bovinas (becerras destetadas, mautas y novillas) y recibir una carga animal inicial de 1-1,5 UA/ha/año.

### **Agrosilvopastoril para el manejo de gallinas criollas (SSPGA)**

Se dispuso de una superficie aproximada de 1.000 m<sup>2</sup> cercada para el manejo zootécnico de las gallinas criollas, dividida en: Área de galpon 18 m<sup>2</sup>. Área de cafetería 64 m<sup>2</sup> constituido por bebederos y comederos para el suministro de alimentos como lombrices, follaje de lemna, naranjillo, morera, frutos de palma africana, tallos repicados de caña de azúcar, pulpa de tapara. Área de estanque para plantas acuáticas con una superficie de 4 m<sup>2</sup>. Área de compostero: contiene bagazos de caña de azúcar y excreta de bovinos en descomposición, con una superficie de 163 m<sup>2</sup>. Área de árboles para sombra y consumo de frutos, flores y semilla 4 de nim. *Azadirachta indica*, 2 de semeruco. *Malphigia glabra*, 2 de tamarindo chino. *Averrhoa carambola*, 2 de onoto *Bixa orellana*, 1 de mamón. *Melicocca bijuga* y 1 de taparo. *Crescentia cujete*; con una superficie de 201 m<sup>2</sup>. Área de cobertura de porte bajo: donde incluye cepas de caña de azúcar, y otras gramíneas

### **Recurso genético animal y manejo**

En el SSPBL se evaluaron vacas mestizas (*Bos taurus* x *Bos indicus*), con predominio de mestizaje europeo. Las vacas se suplementan (animales en ordeño o próximos a parto) con silaje con 4 % de urea (con base en la materia seca) y bloques multinutricionales elaborados en la finca, y otros recursos forrajeros. La labor de ordeño se realiza en forma manual, dos veces al día (a las 0600 y 1530 horas), con amamantamiento restringido de los becerros durante 25 minutos luego de cada ordeño. El destete se hace efectivo a partir de los cuatro meses de edad. El manejo sanitario del rebaño se aplica de acuerdo con un programa de control preventivo basado en prácticas convencionales

Las hembras bovinas en levante introducidas en el SSPBH, se manejan bajo pastoreo rotacional y son suplementadas con sal y minerales *ad libitum*.

En el SSPGA se utilizan gallinas mestizas de cuello desnudo (gen Na) como fenotipo predominante, con predominio de los colores de plumaje blanco, negro, marrón y combinaciones de éstos. La alimentación de las gallinas se basa en la búsqueda y recolección, suministro de tallos repicados de caña de azúcar *Saccharum* sp., frutos de palma aceitera *Elaeis guineensis* y lacto suero o suero verde como fuentes de energía; las plantas acuáticas (*Azolla* sp. y *Lemna* sp.), follaje de naranjillo *Trichanthera gigantea* o morera *Morus* sp., y lombriz roja (en forma eventual), como fuentes de proteína. El manejo sanitario consiste en la aplicación de desparasitaciones internas con productos comerciales y externas periódicas de la parvada. El manejo reproductivo mantiene una relación gallina: gallo de 15-20:1. La parvada de gallinas adultas evaluadas tuvo una composición de edad heterogénea, esto es, constituida por aves entre uno y tres años de edad.

### **Evaluación de la Respuesta Animal**

La producción de leche vendible se registró diariamente en la sala de ordeño, y la fracción consumida por el becerro se determinó una vez por semana a través del método de doble pesaje (antes y después del amamantamiento). Los becerros fueron pesados al nacimiento y una vez por semana hasta el destete, con ayuda de una balanza digital portátil.

Las hembras en levante se pesaron cada dos semanas, después del destete, a partir del ingreso al SSPBH y hasta el inicio de la gestación. En la unidad se prevé la exposición al servicio de las hembras levantadas al lograr al menos 310-320 kg de peso y una edad de 20-22 meses. Se estimó el peso al momento del primer servicio y la edad correspondiente, así como la edad al primer parto.

Se realizó seguimiento del comportamiento productivo de las gallinas entre los años 2003 y 2005. El promedio de gallinas adultas por año se determinó promediando el inventario de los meses del año correspondiente. Se cuantificó la producción de huevos en el período 2003-2005, mediante recolección diaria a las 11:30 horas y a las 15:30 horas. Para estimar la tendencia del peso de los huevos, se registró el peso en balanza electrónica (Mettler-Toledo, modelo PG 5002-S), con capacidad de 0.001-5.100 g y apreciación de  $\pm 0.0005$  g. Los registros de peso se realizaron con los huevos puestos durante tres días consecutivos, en la primera semana de cada mes de los años 2004 y 2005. Para estimar la producción de huevos por gallina por año, se dividió la producción total de huevos en el año entre la población promedio de adultas.

Con los datos de peso de los animales, se determinaron las medias y desviación estándar de los valores correspondientes a las variables bajo estudio. La ganancia diaria de peso (GDP) de los becerros y las hembras levantadas se determinó por regresión lineal (Steel y Torrie 1989).

## Resultados y Discusión

### Respuesta Animal en el SSPBA

En el SSPBL los resultados productivos en los últimos cinco años, se resumen en promedio en una productividad de leche de 3.610,9 kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>(considerando 12 ha), parición anual de 83,2%, peso del becerro al nacer de 32,7 kg y una GDP de los becerros a los 120 días de 421 g.día<sup>-1</sup> (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Respuesta animal en un silvopastoril de gramíneas y leguminosas arbustivas asociadas con bovinos adultos y becerros en cría. Período 2003-2007.**

Año	Producción de leche (kg)		Respuesta de becerros		Vacas* (No)	Partos (No)
	Vendible	Consumida por Becerro	Peso al nacer (kg)	GDP a los 120 días (g)		
2003	33.897,3	7.175,0	31,8	310	18	14

2004	35.603,0	8.750,0	34,1	362	21	21
2005	31.446,7	7.626,5	31,5	454	25	19
2006	46.189,5	8.358,0	33,0	511	19	18
2007	44.063,1	8.543,5	33,3	469	24	17

\*Se contabilizan las vacas del inventario inicial más los ingresos (cambios positivos) ocurridos en el año correspondiente.

### **Respuesta Animal en el SSPBH**

Para efectos de lograr mayor homogeneidad, las hembras bovinas en levante se discriminaron en grupos en función del un ámbito de peso al ingreso al SSPBH, quedando definidos tres grupos: igual o mayor a 200 kg de peso, entre 150 y 200 kg, y entre 100 y 150 kg de peso vivo (Cuadro 2). Se obtuvo una GDP promedio de 637 g.día<sup>-1</sup> por hembra en levante.

**Cuadro 2. Respuesta de las hembras bovinas levantadas en un SSPBH para reemplazo. Año 2007.**

<b>Grupo</b>	<b>Peso al nacer (kg)</b>	<b>Peso al ingreso al SSPBH (kg)</b>	<b>GDP reg. lineal (g)</b>	<b>No animales</b>
<b>&gt; 200 kg</b>	30,0 ± 4,5	229,5 + 25,5	676 ± 45*	3
<b>150-200 kg</b>	35,2 ± 4,2	170,8 + 14,0	708 ± 74	6
<b>100-150 kg</b>	32,2 ± 4,0	132,3 + 23,0	528 ± 71	7
		<b>Promedio</b>	<b>637,3</b>	

\*Promedio ± desviación estándar

Tomando en cuenta el total de hembras que ingresaron al SSPBH en el año 2007, que sumaron 17 animales, se obtuvo una productividad de carne de 613 kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>. Los animales que entraron en gestación, convirtiéndose en hembras de reemplazo fueron 7, las cuales en promedio mostraron un peso y edad al primer servicio de las novillas de 343,4 kg y 20,3 meses, respectivamente (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Indicadores asociados con el levante de hembras bovinas para reemplazo en el primer año de funcionamiento del SSPBH. Año 2007.**

Indicadores	Unidad	Valor obtenido
<b>Productivos y reproductivos</b>		
Animales considerados	Número	7
Peso al ingreso al SSPBH	kg de PV	174,7 ± 32,8*
Peso al primer servicio	kg de PV	343,4 ± 24,5*
Edad al primer servicio	Meses	20,3 ± 2,0*
Edad al primer parto	Meses	
<b>Productividad</b>		
Animales considerados	Número	17
Carga animal promedio	UA/ha	1,5
Carne acumulada	kg de PV	2697,0
Productividad	kg/ha/año	613,0

\*Promedio ± desviación estándar

### Respuesta Animal en el SSPGA

Los resultados de la postura promediaron los 96 huevos.gallina<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> con un peso promedio de 47,7 g y un 25,6% de gallinas en postura por mes en el SSPGA.

**Cuadro 4. Producción y peso de huevos por gallinas de corral en un sistema silvopastoril y suplementadas con recursos alternativos, periodo 2003-2007.**

Año	Producción total (No de huevos)	Adultas (No)	Gallinas en postura por mes (% promedio)	Postura (Huevos/ave/año)	Peso del huevo (Prom. ± D.S.)
2003	1.859	18	ND	103,3	ND
2004	2.583	24	27,9	107,6	49,3 ± 5,9
2005	2.908	30	26,7	98,6	46,0 ± 4,9
2006	2.949	37	21,9	80,3	48,1 ± 2,4
2007	2.704	28	26,1	98,4	48,0 ± 2,9

ND=No determinado

En sistemas libres, las gallinas criollas pueden presentar un ciclo reproductivo de aproximadamente 90 días de duración, que incluye las actividades de postura ( $\pm 20$  días), cloquez o incubación ( $\pm 21$  días), eclosión ( $\pm 1$  día), cría ( $\pm 40$  días) y descanso o muda ( $\pm 8$  días por ciclo de postura). Se considera que con el manejo de la actividad reproductiva (reducción del tiempo de cloquez y de cría), se puede lograr un potencial de producción de hasta 132 huevos/ave/año (Proyecto ATS, estimaciones propias), habiéndose alcanzado en este caso un 76% del potencial estimado.

En el sureste de Senegal, Missohou *et al* (2002), caracterizaron la producción y la productividad de la avicultura rural, obteniendo un peso del huevo de  $37.5 \pm 2.9$  g. Fayeye *et al* (2005) evaluaron en Nigeria, las características de los huevos de las gallinas eco tipo Fulani, obteniendo un peso del huevo de  $40.73 \pm 4.07$  g. Este eco tipo de zona seca, se consideró producto de cruces entre aves nativas y de la raza Rhode Island Red, utilizadas en programas de introducción previos.

En México, Juárez y Pérez (2003) evaluaron las aves de corral, cuyo peso corporal ( $1.75 \pm 0.10$  kg) las mostró como similares a las aves comerciales semipesadas. Entre los indicadores productivos y reproductivos se documentó el número de huevos por gallina por mes en  $11.6 \pm 3$  y un peso promedio del huevo de  $55 \pm 7$  g. Los autores reconocieron que los valores obtenidos, comparativamente altos para estos indicadores, posiblemente fueron resultado de la presencia de gallinas de estirpes comerciales de reciente introducción en la región.

Con base en las experiencias documentadas para las variables de peso y producción de huevos, se obtuvieron resultados favorables en esta evaluación, considerando que la parvada de gallinas adultas tuvo una composición de edad heterogénea (aves desde uno hasta tres años de edad), por lo cual una caracterización del fenotipo deberá incluir la evaluación técnica del ciclo o proceso de puesta en lotes homogéneos.

Una alternativa para el mejoramiento de la postura de gallinas criollas, la constituye el cruzamiento con material genético de razas comerciales, a partir de la cual se proyecta una producción de gallinas con el uso de alimento tradicional y posturas superiores a los 120 huevos por año. La base del cruce sería conjugar alta rusticidad, alta capacidad de búsqueda de alimento y el no encluecamiento al menos por 8 meses.

La documentación de la respuesta de aves criollas adaptadas a propuestas de manejo alternativo, constituyen la base para la conservación de dicho recurso y para cuantificar los aportes a la seguridad alimentaría rural que presta este componente animal.

Los resultados obtenidos, constituyen una referencia de la respuesta animal asociando sistemas silvopastoriles con el aprovechamiento de recursos adaptados a las condiciones locales, y se presentan como una alternativa para la reconversión ganadera en la Región Centroccidental de Venezuela.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen a la comunidad de Guarataro, estado Yaracuy, por haber facilitado el pie de cría inicial para el establecimiento de la unidad de producción avícola, a la Fundación Danac y Fundación Empresas Polar por el financiamiento aportado para la realización de la investigación.

### **Literatura citada**

**Arias K, Ruiz-Silvera C and Messa H 2001** Almacenamiento de carbono por *Gliricidia sepium* en sistemas agroforestales de Yaracuy, Venezuela. *Livestock Research for Rural Development* (13) 5: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/5/ruiz135.htm>

**Badubi S, Rakereng M and Marumo M 2006** Morphological characteristics and feed resources available for indigenous chickens in Botswana (en línea). *Livestock Research for Rural Development*. Volume 18, Article #1: from <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd18/1/badu18003.htm>

**Banderella F and López J 1996** Caracterización y desarrollo de un sistema de avicultura alternativa para familias campesinas. *Aplicación de Conocimientos II*. UNELLEZ, Guanare, VE.

**Fayeye T, Adeshiyan A and Olugbami A 2005** Egg traits, hatchability and early growth performance of the Fulani-ecotype chicken. *Livestock Research for Rural Development* Volumen 17, Article # 8. Consultado 25 abr. 2006, from <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/8/faye17094.htm>

**Guevara J 2000** Descripción de un sistema integrado Compostero-Aves de Corral. Trabajo de Aplicación de Conocimientos II. UNELLEZ, Guanare, VE. 35 p.

**Holdridge L 1987.** Ecología basada en zonas de vida. IICA, San José, CR. Serie de Libros y Materiales Educativos No. 34.

**Juárez A and Pérez J P 2003** Comportamiento de la parvada de gallinas criollas en condiciones naturales del medio rural. *Ciencia Nicolaitia* No. 35:73-80.

**León M and Angulo I 1989** Materias primas alternativas para la producción de alimentos concentrados para animales en Venezuela. I. Fuentes Energéticas. FONAIAP Divulga no. 31: 2-5

**Michelangeli C 1999** Usos y efectos de la incorporación de grasas y aceites en dietas para cerdos. Consultado 03 nov. en <http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/producerdos/articulo6.htm>

**Missohou A, Dieye P N and Talaki E 2002** Rural poultry production and productivity in southern Senegal. *Livestock Research and Rural Development* (14) 2: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd14/2/miss142.htm>

**Océano 1999** Avicultura: gallinas y pollos. Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. Océano, Barcelona, ES. p. 913-928

**Preston T 1992** Alternative non-cereal diets for poultry. *Livestock Research and Rural Development*. (4) 3: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd4/3/preston.htm>

**Rashid M, Chandra B and Assaduzzaman 2004** Chemical composition of crop contents of local scavenging chickens. *Pakistan Journal of Nutrition* 3(1):26-28 <http://www.pjbs.org/pjnonline/fin172.pdf>

**Salaverría J, Ruiz-Silvera C and Messa H 2006** Alimentación alternativa y Sostenible de las Aves de Corral. Fundación Empresas Polar, Caracas, VE. Cartilla Divulgativa. 8 p.

**Vries H de 1999** Observaciones sobre el comportamiento y el consumo de gallinas de patio en Muy Muy, Departamento de Matagalpa, Nicaragua (en línea). Consultado 27 feb. 2005. Disponible en [http://www.ringadvies.nl/uploads/spaanse\\_2.pdf](http://www.ringadvies.nl/uploads/spaanse_2.pdf)

Ruiz-Silvera C, Salaverría J, Valles C, Yépez Y y S Herrera. 2008. Comportamiento de gallinas criollas (gen Na) en un sistema semi-libre y alimentadas con recursos alternativos en Yaracuy, Venezuela. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 20, Article #66. Retrieved June 3, 2008, from <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/5/ruiz20066.htm>

ADEBOWALE, E. 1992. Maize residues as ruminant feed resources in Nigeria. *World Animal Rebién*, 73:24-30.

ARREDONDO, B. 1993. Influencia del uso de *Gliricidia sepium* y los bloques multinutricionales sobre la producción de bovinos doble-propósito a pastoreo. Tesis de Maestría. UVC. Maracay, Venezuela. 88 p.

BIRBE, B.; CHACÓN, E.; TAYLHARDAT, L.; GERMENDIA, J.; MATA, D. 1994. Aspectos físicos de importancia en la fabricación y utilización de bloques multinutricionales. *In*: Alardoso y B. Vibre. (Vds.). Bloques multinutricionales. I Conferencia Internacional. UNELLEZ, Guanare, Venezuela. pp. 1-14.

CALTEC, 1986. Estudio agroecológico a nivel semidetallado en 346,9 ha ubicadas en la Hacienda Naranjal. Municipio San Javier, Distrito San Felipe, Estado Yaracuy, Venezuela. Informe.

CAMERO, L. 1994. Poro (*Erythrina poeppigiana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*) como suplementos proteicos en la producción de leche. *Agroforestería en las Américas*, 1(1):6-8.

CHADHOKAR, P. y LECAMWASAN, A. 1982. Effect of feeding *Gliricidia maculata* to milking cows a preliminary report. *Tropical Grasslands*, 16:46-48.

COMBELLAS, J. 1993. Suplementación con bloques multinutricionales en bovinos de carne. **In:** D. Plasse, N. Peña de Borsotti y J. Arango (Eds). IX Cursillo sobre Bovinos de Carne. U.C.V., Maracay, Venezuela. pp. 71-95

COMBELLAS, J. 1998. Alimentación de la vaca de doble propósito y de sus crías. Fundación Inlaca, Caracas, Venezuela. 196 p.

DOMÍNGUEZ, C.; HERRERA, P.; BIRBE, B.; MARTÍNEZ, N. 1998. Impacto de la suplementación estratégica con bloques multinutricionales en vacas de doble propósito. **In:** C. González-Stagnaro, N. Madrid-Bury, E. Soto-Belloso (Eds). Mejora de la Ganadería Mestiza de Doble Propósito. Astro Data. Maracaibo, Venezuela. pp. 347-379.

EDMONSON, A.; LEAN, I.; WEAVER, L; FARVER, T; WEBSTER, G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:68-78.

ESCOBAR, A. 1989. Principios y estrategias para la suplementación alimenticia de los rumiantes. UCV, Maracay, Venezuela. 65 p.

ESCOBAR, A.; ROMERO, E.; OJEDA, A. 1996. El Mata ratón *Gliricidia sepium*: un árbol multipropósito. Fundación Polar/Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 78 p.

ESCOBAR, A. 1998. Los árboles en los sistemas silvopastoriles. **In:** R.Tejos, C. Zambrano, L. Mancilla, W. García, M. Camargo, (Eds). Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal (Barinas, Venezuela). UNELLEZ, Barinas, Venezuela. pp. 1-14

FUNDACIÓN CIPAV. 1997. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en la alimentación animal como fuente proteica. 2. ed. Fundación CIPAV, Cali, Colombia. 147 p

GYS, A.; SANSOUCY, R.; LEVIEUX, G. 1990. Guidelines for the manufacture and utilization of molasses-urea blocks. FAO, Rome, Italy. 17 p.

HERRERA, G. 1993. Utilización del follaje de mata ratón (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de becerros en crecimiento predestete. Tesis de Grado. Maracay, Venezuela. 65 p.

HOLDRIDGE, L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. IICA, San José, Costa Rica. Serie de libros y materiales educativos No. 34

INSTITUTO DE EDAFOLOGÍA-FACULTAD DE AGRONOMÍA U.C.V./FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA DANAC (UCV-Danac). 1999. Proyecto Caracterización de suelos para el establecimiento de una línea base de información según el tipo de utilización de la tierra y colección de suelos representativos (macromonolitos) en la Fundación para la Investigación Agrícola Danac. Informe. 75 p.

MATA, D. y COMBELLAS, J. 1992. Influencia de los bloques multinutricionales sobre el consumo y la digestión ruminal de bovinos estabulados consumiendo heno de *Trachypogon*. En: Informe Anual IPA 90-91. UCV, Maracay, Venezuela. pp. 59-60.

MESSA, H.; RUIZ-SILVERA, C.; ESCOBAR, A. 1998. Establecimiento y evaluación de un Modelo Físico de Agricultura Tropical Sostenible. **In:** Taller Internacional Agricultura Tropical Sostenible: Experiencias y Desafíos para el Tercer Milenio (San Javier, Yaracuy, Venezuela. 27-29 de Octubre de 1998) Fundación Polar – Fundación Danac.

MONTENEGRO, J. 1992. Algunas consideraciones sobre el circuito agroalimentario de la leche y el comportamiento del mercado en el período 1970-1990. **In:** M. Clavijo y Vaccaro, L. III Ciclo de Conferencias sobre Producción de Leche (27-28 de julio de 1992). UCV, Maracay, Venezuela. pp. 1-28

MORALES, J. 1995. Integración de Mata Ratón (*Gliricidia sepium*) y batata (*Ipomoea batata* L. Lam) en la alimentación de becerros lactantes doble propósito. Tesis de Grado. Maracay, Venezuela. 57 p.

OJEDA, A. y ESCOBAR, A. 1997. Manejo de vacas doble-propósito en potreros con asociación entre gramíneas y *Gliricidia sepium*. Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia, Maracaibo. 14: 641-648.

PRESTON, T. y LENG, R. 1990. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. 2da. Condit, Cali, Colombia. 314 p.

SANSOUCY, R. 1995. Tropical Animal Feeding. A manual for research workers. FAO. Rome, Italy. *Animal Production and Health*. Paper 126. 283 p.

WOOD, P.J.; BURLEY, J. 1995. Un árbol para todo propósito: Introducción y evaluación de árboles de uso múltiple para Agroforestería. IICRAF-IICA, San José, Costa Rica. Colección Investigación y Desarrollo IICA, no. 27, 180 p.

## **USO DE IMÁGENES SATELITALES DE ALTA RESOLUCIÓN PARA EVALUAR PARCELAS EXPERIMENTALES EN ENSAYOS SILVOPASTORILES**

**Ovalles, F.A, M.F Rodríguez, Y. Espinoza, A. Cortéz, M.J. Pérez, E. Cabrera, J.L. Gil, N. Obispo. INIA-CENIAP, Venezuela.**

*Av. Casanova Godoy, Zona Universitaria UCV, Edificio 01, Recursos Agroecológicos, Maracay, estado Aragua, 2103. fovalles@inia.gob.ve.*

### **RESUMEN**

Los sistemas agroforestales son una alternativa para lograr el uso sustentable de la tierra. El paso inicial en la investigación en sistemas agroforestales es la selección de los sitios experimentales, los cuales deben ser caracterizados de forma tal que se pueda evaluar adecuadamente las relaciones entre los componentes del sistema. Este estudio tiene como objetivos usar una imagen satelital para i) delimitar las parcelas experimentales y ii) evaluar el patrón espacial de la cobertura arbórea. Para ello se utilizó una imagen Ikonos y un sistema de información geográfica (SIG); mediante el SIG se delimitó los lotes experimentales, se determinó la superficie de la copa de cada árbol y la distribución espacial del estrato arbóreo en los lotes del área de estudio. Adicionalmente, se determinó el porcentaje de sombra, copa promedio, distribución en cada parcela y estadísticos descriptivos. Se realizó un análisis exploratorio de datos y un análisis de cuadrícula (quadrat análisis). Utilizando la imagen y un SIG se delimitaron cuatro parcelas de 7,31 ha, 5,45 ha, 6,58 ha y 8,60 ha respectivamente. Se determinaron tres densidades de copas, que pueden ser consideradas para efecto de este trabajo como alta ( $> 30\%$ ), media (20-30%) y baja ( $< 10\%$ ). Se tienen tres parcelas con cobertura arbórea importante y solo una donde predomina la cobertura herbácea. Se estableció la ocurrencia de dos patrones espaciales de árboles, uno aleatorio y otro en conglomerado.

**Palabras clave:** silvicultura, imagen Ikonos, patrón espacial, análisis de cuadrícula, diseño de muestreo.

## **SUMMARY**

Agroforestral systems are an alternative to obtain a sustainable land use. The initial step in research in agroforestral systems is the selection of the experimental sites, which must be very well characterized in order to evaluate the relationships among the components of the system. The objective of this study was to use an Ikonos satellite imagery to i) delimit the experimental plots and ii) evaluate the spatial pattern of the arboreal cover. An Ikonos image and a SIG were used to delimit the experimental plots, to obtain the area of each crown tree in the plots delimited, and the spatial distribution of the arboreal strata. The percentages of shade, the crown average, the spatial distribution of trees in each parcel were determined. An exploratory data and a quadrat analyses were employed. Using the Ikonos image and a SIG four plots of 7.31 ha, 5.45 ha, 6.58 ha, and 8.60 ha were delimited. Three densities of arboreal cover were determined, that can be considered for effect of this work, as large (30%), medium (20-30%) and low (<10%). It was established three plots with important arboreal cover and one where herbaceous cover predominates. It was established three plots with important arboreal cover and one where herbaceous cover predominates. It was settled down the occurrence of two spatial patterns, one random and another one cluster.

**Key words:** silviculture, Ikonos imagery, spatial pattern, quadrat analysis, sampling design

## INTRODUCCIÓN

Venezuela presenta una serie de ecosistemas frágiles relacionados con las condiciones de relieve, humedad disponible (precipitación), drenaje y fertilidad de los suelos (Comerma y Paredes, 1978; Marín, 1999), en los cuales se han desarrollado sistemas de producción agrícola que han acelerado los procesos de degradación (Pla, 1989; Pla, 2005; Mogollón y Comerma, 1994; Ovalles *et al.*, 2005). Ante esta situación se plantea a los sistemas agroforestales como una alternativa para lograr el uso sustentable de la tierra. El desafío con estos sistemas es enfrentar las realidades y contribuir por medio de la generación de tecnología al desarrollo agropecuario de tal forma que sea capaz de mantener altos niveles de productividad minimizando los riesgos ambientales (Vera, 1999). Como valor agregado, se considera que la agroforestería juega un papel importante en el ciclo del carbono y por ende en la mitigación del cambio climático (Infante, 2004). El paso inicial en la investigación en sistemas agroforestales es la selección de los sitios experimentales, donde su adecuada representatividad y caracterización permitirán la correcta interpretación y extrapolabilidad de los resultados de los experimentos (Ovalles y Comerma, 1991). La investigación en sistemas agrosilvopastoriles a diferencia de la investigación en cultivos de ciclo corto, en pastizales o en suelos *per se*, presenta complejidades adicionales que exigen complementar y compatibilizar resultados obtenidos mediante investigación en componentes individuales del sistema (Amézquita, 1999).

En consecuencia, los sitios experimentales deben ser caracterizados de tal forma que se pueda evaluar los procesos que influyen en las relaciones entre los componentes del sistema. La caracterización de las condiciones iniciales es importante, en particular la distribución espacial de los árboles, debido a que ella resulta de la acción de los factores

bióticos y abióticos sobre las plantas actuales y predecesoras y se relaciona con los componentes morfológicos, fisiológicos, ambientales y ecológicos de las especies arbóreas (Kershaw y Looney, 1985; Hutchings, 1997), las cuales en presencia de pastizales desempeñan un papel relevante en la productividad de las fincas ya que proveen productos y funciones valiosas como madera y sombra, y son fuente de alimento para el ganado (Villanueva *et al.*, 2003).

En este sentido, las imágenes satelitales de alta resolución han demostrado ser útiles en la evaluación agroforestal (Arroyo-Mora *et al.*, 2003; Nugroho *et al.*, 2002; Hurtt *et al.*, 2003), debido a que constituye la base para la evaluación a escala muy detallada del estado de las sucesiones, la heterogeneidad de la vegetación, así como el uso y el cambio del uso de la tierra. Este estudio tiene como objetivos usar una imagen Ikonos para i) delimitar las parcelas experimentales y ii) evaluar el patrón espacial de la cobertura arbórea.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El área de estudio se ubica en la finca Rancho Alegre, Marín, Estado Yaracuy (Figura 1). La misma se caracteriza por tener suelos moderadamente bien drenados, fértiles, profundos, con texturas medias a ligeramente finas que fluctúan entre franco arenosa, franca y franco arcillosa. En la zona predominan los Alfisoles e Inceptisoles (Rodríguez y Rey, 2004), la zona de vida corresponde a un bosque seco tropical (Rodríguez *et al.*, 2007).

Se utilizó una imagen Ikonos del año 2006, orto rectificadas (CPDI, 2006) con precisión cartográfica correspondiente a 1:25.000, con resolución espacial que permite trabajar a escala 1:5.000, en proyección UTM, datum PSDA 56 (La Canoa), Huso 19. El satélite Ikonos ofrece imágenes de alta resolución espacial de 1m en modo pancromático y 4 m en

el multiespectral, con una ortocorrección que para ciertas condiciones puede garantizar una exactitud menor 1,3 m (Guevara y Reyes, 2003).

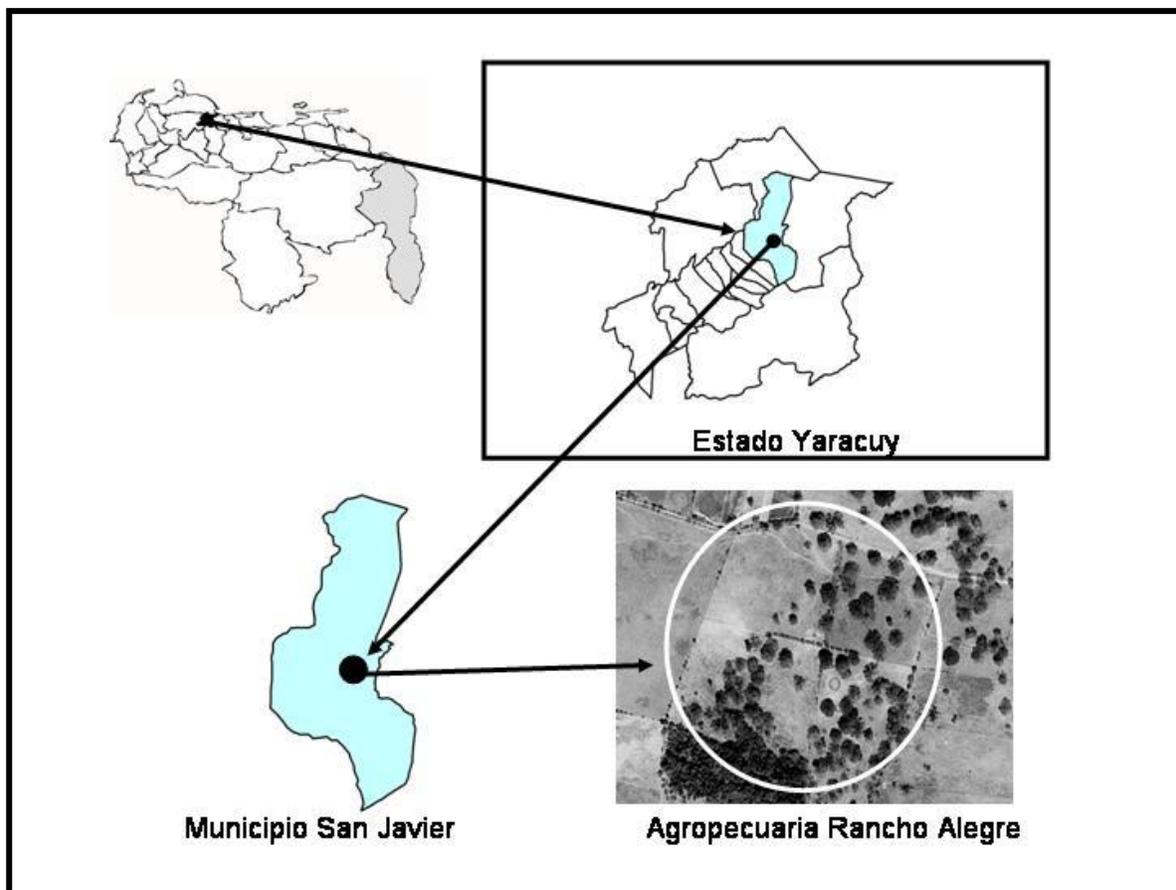


Figura 1. Ubicación del área de estudio

Para el análisis e interpretación de la información se utilizó el ArcView 3.2 (ESRI, 1996), mediante este programa se delimitó los lotes experimentales y se determinó la superficie de la copa de cada árbol en los cuatro lotes delimitados en el estudio y la distribución espacial del estrato arbóreo.

Se realizó un análisis exploratorio de datos (AED), determinándose los valores lejanos y muy lejanos con relación a la media (Lobo *et al.*, 2006). Se utilizó el programa estadístico InfoStat (Grupo InfoStat, 2006) para el análisis de las copas de los árboles: Se determinó el

porcentaje de sombra, copa promedio, distribución en cada parcela y estadísticos descriptivos. Se empleó un análisis de cuadrícula (quadrat análisis) (Thomas, 1979) para establecer el patrón de distribución espacial de los árboles.

El análisis en cuadrículas evalúa el patrón local que reflejan las observaciones de campo, dividiendo la región en celdas o cuadrículas (Ovalles, 1999). La metodología se basa en comparar la distribución observada contra la distribución esperada o teórica, para ello el análisis tiene dos etapas: 1) generación de la distribución teórica y 2) comparación de la distribución observada vs la teórica, a objeto de establecer el tipo de patrón presente (aleatorio, regular, agregado). Para generar la distribución teórica se utilizó las distribuciones binomial y binomial negativa, la primera asume un patrón aleatorio y la segunda un patrón en conglomerado. La distribución binomial se calculó de acuerdo a:

$$P_m = \binom{r}{m} p^m (1-p)^{r-m} \quad [1]$$

$$\binom{r}{m} = \frac{r!}{(r-m)!m!} \quad [2]$$

donde:  $P_m$  = probabilidad de tener alguna observación en un número predeterminado de cuadrículas.

$r$  = número total de observaciones.

$m$  = número de observaciones en una cuadrícula.

$p$  = probabilidad de éxito en cualquier intento (tener al menos un árbol en la cuadrícula).

$$p = \frac{1}{n} \quad 0 \leq m \leq r \quad [3]$$

n = número de cuadrículas.

La distribución binomial negativa se calculó según:

$$P_{(m)} = \frac{(k + m + 1) \frac{p}{1 + p}}{m} P_{(m-1)} \quad [4]$$

k es una medida del grado de aglutinación.

Las distribuciones, la observada y la esperada, se compararon utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov:

$$D = \text{máx. } |C_O - C_E| \quad [5]$$

donde  $C_O$  = Proporción acumulada observada.

$C_E$  = Proporción acumulada esperada.

Las hipótesis a considerar son:

$H_0$ : la distribución es aleatoria

$H_a$ : la distribución no es aleatoria.

El uso de la distribución binomial se basa en que la distribución es aleatoria, por ello interesa aceptar  $H_0$ , en este caso Rao *et al.* (1979) recomiendan utilizar  $\alpha = 0,20$  con el fin de evitar el error tipo II (aceptar una  $H_0$  falsa).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El análisis de la imagen de satélite mediante un sistema de información geográfica (SIG) permitió delimitar los lotes experimentales y realizar la evaluación de la sombra, por una parte, y el patrón que ella presenta, por otra. Para ello se procedió a dividir el área total disponible en función de la distribución de la copa de los árboles, observándose una clara diferencia en el patrón de distribución, densidad y cobertura de las copas.

Un primer análisis permitió delimitar los lotes, así como determinar el área de cada uno y el total de árboles presentes en las parcelas seleccionadas para los ensayos. El área se dividió en cuatro lotes, basándose en las cercas establecidas en la finca; los lotes fueron numerados como I, II, III y IV. El total de árboles fue de 117, distribuidos como sigue: 37 en el lote I de 7,31 ha, 24 en el lote II de 5,45 ha, 17 en el lote III de 6,58 ha y 39 en el lote IV de 8,60 ha (Figura 2), lo cual deriva en una densidad de 5 árboles en los lotes I y IV, 4 en el lote II y de 3 en el lote III, en este último los árboles se ubican hacia los bordes del área.

Seguidamente se delimitó el perímetro de cada copa, estableciéndose con esta información el porcentaje de sombramiento en cada parcela, el cual es mayor en el lote I (35,5%) y menor en el lote III (5,5%), en los otros fue de 22,5% (lote IV) y 30,7 (lote II). El promedio de la copa fue de 648,1 m<sup>2</sup>, 696,6 m<sup>2</sup>, 214,8 m<sup>2</sup> y 495,1 m<sup>2</sup> en los lotes I, II, III y IV respectivamente, los estadísticos mas importantes son presentados en el Cuadro 1. Los lotes I y IV limitan con un caño con agua estacional, mientras que los lotes II y III lo hacen con un camino de penetración. Estos últimos tienen un menor número de árboles, una menor

superficie total de copas y una mayor variación en los tamaños de copa (CV de 144,9% y 171,2%), lo que puede ser indicativo de una mayor intervención en estos sectores.

Por otra parte, puede establecerse distintos niveles de sombramiento, dos lotes (I y II) donde son  $> 30\%$ , otro (lote IV) donde el sombramiento es cercano al  $20\%$  y un último (lote III), donde el sombramiento es  $< 10\%$ ; es decir existen tres niveles de sombra, alto ( $> 30\%$ ), medio (alrededor de  $20\%$ ) y bajo ( $< 10\%$ ).



Figura 2. Parcelas delimitadas en el área de estudio

Cuadro 1. Parámetros más importantes de los valores de la superficie de la copa de los árboles en los lotes evaluados.

Parámetros	Área total	Lote I	Lote II	Lote III	Lote IV
Numero de árboles	117	37	24	17	39
Superficie del lote (ha)	27,94	7,31	5,45	6,58	8,60
Densidad (árbol/ha)	4	5	4	3	5
Superficie total copas (m <sup>2</sup> )	65.602,79	25.923,90	16.717,34	3.651,14	19.310,41
Promedio copa (m <sup>2</sup> )	560,7	700,7	696,6	214,8	495,1
% de sombra	23,5	35,5	30,7	5,5	22,5
Varianza	287.396,66	197.301,39	673.709,9	121.212,45	103.619,22
CV (%)	102,5	69,4	144,9	167,1	65,9
Mínimo	6,16	41,59	6,16	26,15	38,20
Máximo	3.285,72	1.750,6	3.285,7	1.281,23	1.407,69
Q <sub>1</sub>	114,13	276,88	69,38	35,77	240,88
Q <sub>3</sub>	775,66	1.087,6	927,66	152,29	728,85
Asimetría	1,91	0,62	1,86	2,57	0,82
Curtosis	5,64	-0,57	3,24	5,74	0,29
CV = coeficiente de variación					
Q <sub>1</sub> = primer cuartel					
Q <sub>2</sub> = tercer cuartil					

Los histogramas de los árboles en cada una de las parcelas indican una distribución marcadamente asimétrica (Figura 3), con la ocurrencia en los lotes I y III de distribuciones claramente bimodales. También se observa la predominancia de copas con bajo porcentaje de cubrimiento en los lotes II y III, mientras que el lote I presentó las copas de mayor diámetro. Mediante el AED se estableció en la parcela II dos árboles cuya superficie es

mayor a 2.215,1 m<sup>2</sup>, lo que representa valores lejanos con relación a la media; mientras que en la parcela III, se presentaron dos árboles con una copa mayor a 501.9 m<sup>2</sup>, magnitud que los cataloga como muy lejanos, estos dos últimos son considerados como atípicos.

No obstante, esta información no es suficiente para establecer diferencias entre las parcelas tal como lo indica la imagen satelital. En la cual se aprecia lotes con distintos patrones de distribución de la sombra.

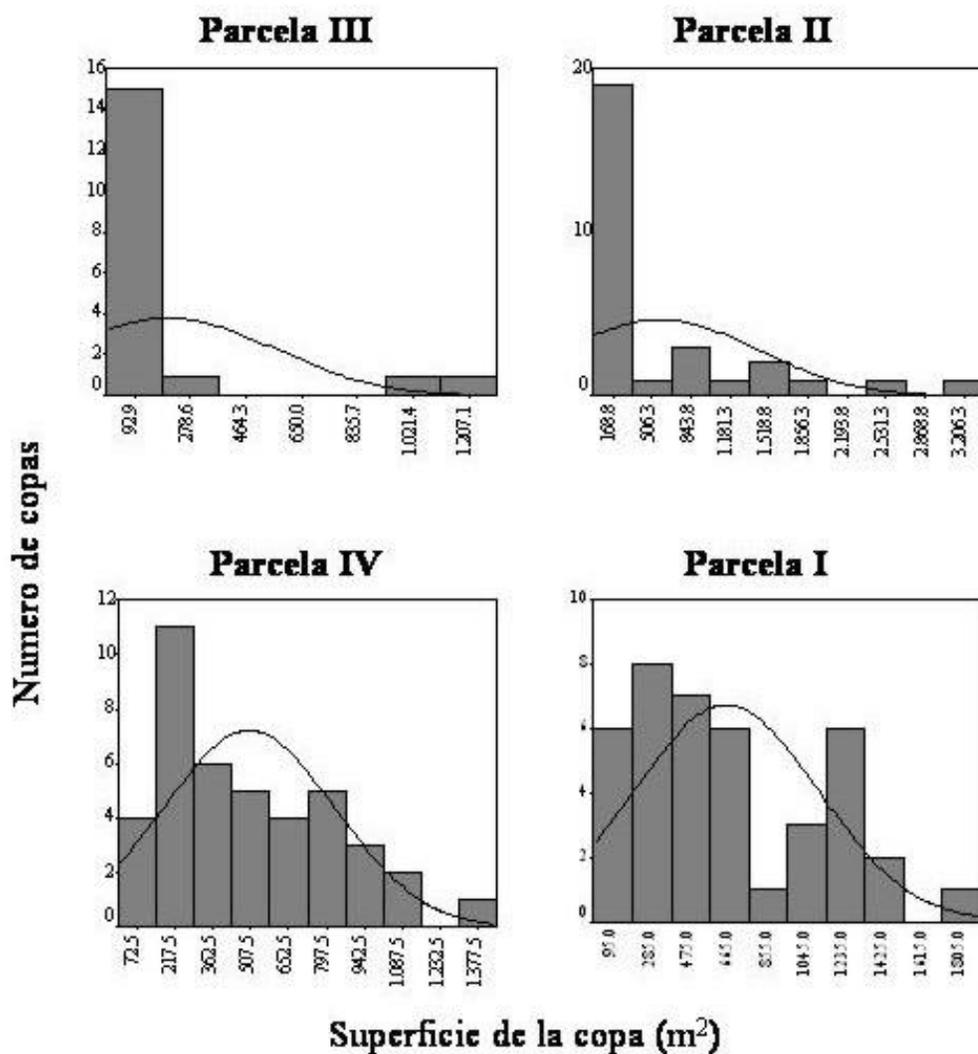


Figura 3. Histogramas de la distribución de las copas de los árboles según la ubicación de cada parcela en el campo.

La evaluación de cubrimiento por la copa de los árboles indicó distinta densidad de sombramiento en cada uno de los cuatro campos evaluados, de igual forma en cada uno de ellos se aprecia la posible ocurrencia de distintos patrones de distribución espacial de los árboles. En consecuencia, se procedió a la evaluación del patrón de distribución de los árboles en cada parcela.

El análisis de Kolmogorov-Smirnov indicó que el  $D$  calculado ( $D_c$ ) para los lotes I y II fue 0,02 y 0,05 respectivamente, mientras que el  $D$  tabulado ( $D_t$ ),  $\alpha= 0,20$ , fue 0,182 y 0,190 en cada caso, lo que lleva a la aceptación de  $H_0$ ; en consecuencia, en estos lotes la distribución espacial de los árboles se corresponde a un patrón aleatorio (Cuadro 2).

En el lote III,  $D_c$  fue 0,07 y  $D_t$  0,182, lo que conduce a la misma conclusión anterior; no obstante, la gran mayoría de los árboles se encuentran en el perímetro de la parcela, predominando en su mayoría la ausencia de vegetación arbórea.

En el lote IV,  $D_c$  fue 0,28 y  $D_t$  0,17, es decir  $D_c > D_t$ , por consiguiente  $H_0$  es rechazada y aceptada la ocurrencia de un patrón distinto al aleatorio, que por el valor alcanzado por  $D_c$  es en conglomerado.

Estos resultados indican la presencia de tres densidades de copas ( $> 30\%$ ,  $20-30\%$  y  $< 10\%$ ) y dos patrones de distribución (aleatorio y conglomerado); adicionalmente, del análisis de la imagen se estableció que existen tres parcelas donde la cobertura arbórea es importante (lotes I, II y IV) y una donde predomina en su casi totalidad la cobertura herbácea. En consecuencia, el uso de la imagen permitió realizar una división del área de estudio en cuatro parcelas, lo cual fue acertado ya que permitió separar áreas con distinta cobertura y distribución espacial arbórea.

**Cuadro 2.** Distribución de los árboles en las parcelas evaluados

<b>Distribución Binomial</b>							
<b>Parcela I</b>							
<b>m</b>	<b>DE</b>	<b>Prop</b>	<b>Pac</b>	<b>DO</b>	<b>Prop</b>	<b>Pac</b>	<b>D</b>
0	12	0,34	0,34	11	0,32	0,32	0,02
1	12	0,37	0,71	13	0,38	0,70	0,01
2	7	0,20	0,91	7	0,21	0,91	0,00
3	2	0,07	0,98	2	0,06	0,97	0,01
4	1	0,02	1,00	1	0,03	1,00	0,00
<b>Parcela II</b>							
0	13	0,45	0,45	12	0,40	0,40	0,05
1	11	0,37	0,82	14	0,46	0,86	0,04
2	4	0,14	0,96	2	0,07	0,93	0,03
3	1	0,04	1,00	2	0,07	1,00	0,00
<b>Parcela III</b>							
0	22	0,63	0,63	24	0,70	0,70	0,07
1	10	0,30	0,93	6	0,18	0,88	0,05
2	2	0,07	1,00	2	0,06	0,94	0,06
3	0	0,00	1,00	2	0,06	1,00	0,00
<b>Distribución Binomial negativa</b>							
<b>Parcela IV</b>							
0	31	0,73	0,73	19	0,45	0,45	0,28
1	9	0,23	0,96	10	0,24	0,69	0,27
2	2	0,03	0,99	10	0,24	0,93	0,06
3	0	0,01	1,00	3	0,07	1,00	0,00
m = numero total de observaciones en una cuadrícula DE = distribución esperada Prop = proporción Pac = proporción acumulada DO= distribución observada D= estadístico de Kolmogorov-Smirnov							

Un valor agregado en el uso de la imagen satelital, tiene que ver con la orientación sobre el muestreo de suelos necesario para la caracterización edáfica del sitio experimental. La determinación de distintas densidades de copas y patrones espaciales de los árboles conlleva a la necesidad de utilizar un diseño de muestro único que garantice la cobertura uniforme de toda el área en cada lote; en consecuencia, un muestreo sistemático sería el mas adecuado. Por otra parte, basándose en la superficie de cada parcela determinada

mediante el SIG y en trabajos previos (Henríquez y Vitoria, 1999; Ovalles y Rey, 1995), donde se establece el número mínimo de muestras adecuadas para realizar la evaluación de la variabilidad espacial de los atributos del suelo, el cual puede fluctuar entre 60 y 66 muestras; se recomienda tomar muestras cada 30 m. En consecuencia se puede recomendar un muestreo sistemático en cuadrículas de 30 x 30 m.

## **CONCLUSIONES**

El uso de la imagen Ikonos permitió dividir el área en cuatro parcelas, lo que a la luz de los resultados obtenidos fue lo más acertado. Mediante el empleo de la imagen y un SIG se estableció que cada una de ellas presenta condiciones muy particulares en cuanto al porcentaje de sombra y el patrón de distribución espacial del estrato arbóreo. Se determinaron tres densidades de copas, que pueden ser consideradas para efecto de este trabajo como alta ( $> 30\%$ ), media (20-30%) y baja ( $< 10\%$ ).

Con relación al patrón de distribución espacial de la cobertura arbórea, se estableció la ocurrencia de dos patrones, uno aleatorio en los lotes I, II y III y otro en conglomerado en el lote IV; sin embargo, en el lote III la gran mayoría de los árboles son de copa pequeña y se ubican hacia los bordes de la parcela. Consecuencia de lo anterior, se determinaron dos situaciones, una con cobertura arbórea (parcelas I, II y IV) y otra con predominio de cobertura herbácea (parcela III).

El uso de la imagen satelital y el SIG permite considerar en el ensayo silvopastoril tres factores: 1) el porcentaje de sombra, 2) el patrón de distribución espacial del estrato arbóreo y 3) presencia de parcelas con diversidad de estrato arbóreo y parcelas con predominio de cobertura herbácea, lo cual no hubiese sido posible sin el uso de las herramientas antes señaladas.

Adicionalmente, los resultados del análisis, puede orientar decisiones sobre el muestreo de suelos con la finalidad de establecer relaciones entre los componentes del sistema silvopastoril.

## **BIBLIOGRAFIA**

Amézquita, M.C. 1999. Planeación y diseño de ensayos agropastoriles. En: E. P. Guimaraes, J. I. Sanz, I.M. Rao, M.C. Amézquita y E. Amézquita (Eds.). 1999. Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina. CIAT-EMBRAPA, Publicación CIAT No. 313. pp 65-77

Arroyo-Mora, P, A. Sanchez-Azofeifa, B. Rivard y J.C. Calvo. 2003. Integrating very high and high resolution imagery for detecting secondary growth in a neotropical dry forest ecosystem: a vegetation indices approach. Anais XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 2655 - 2662.

Comerma, J. y R. Paredes. 1978. Principales limitaciones y potencial agrícola de las tierras en Venezuela. Agron. Trop. 28(2): 71-85.

CPDI. 2006. Informe Técnico: Orto-rectificación de imágenes de satélite IKONOS correspondiente a la carta 1:25.000 6447-II-SO. Centro de Procesamiento Digital de Imágenes, Fundación Instituto de Ingeniería para el Desarrollo Tecnológico-MCT. 6p

ESRI. 1996. ArcView 3.2, The Geographic Information System for Everyone. Producto ID 825921104087.

Guevara V. y A. Reyes. 2003. Precisión en la Ortorectificación de Imágenes del Satélite IKONOS en Áreas Urbanas. Centro de Procesamiento Digital de Imágenes (CPDI), Fundación Instituto de Ingeniería para el Desarrollo Tecnológico-MCT. 17p.

Grupo InfoStat. 2006. Software estadístico InfoStat. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Henríquez, M. y J. Vitoria. 1999. Número de observaciones para estimar semivariogramas de algunas propiedades de suelo y distancias de muestreo. *Agron. Trop.* 49(1): 5-17.

Hutchings, M.J. 1997. The structure of plant populations. En: *Plant ecology*. Crawley M.J. Ed. Blackwell, Oxford. Pp 325-358

Hurt, G., X. Xiao, M. Keller, M. Palace, G.P. Asner, R. Braswell, E.S. Brondízio, M. Cardoso, C.J.R. Carvalho, M.G. Fearon, L. Guild, S. Hagen, S. Hetrick, B. Moore III, C. Nobre, J.M. Read, T. Sá, A. Schloss, G. Vourlitis y A.J. Wickel. 2003. IKONOS imagery for the Large Scale Biosphere–Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA). *Remote Sensing of Environment* 88: 111-127.

Infante, A. 2002. Sistemas agroforestales y el mecanismo de desarrollo limpio. *Rev. Fores. Latino.* 17 (31): 79-99.

Kershaw, K.A y J.H. Looney. 1985. Quantitative and dynamic plant ecology. Edward Arnold, London. 282p

Lobo, D., D. Gabriels, F. Ovalles, F. Santibáñez, M.C. Moyano, R. Aguilera, R. Pizarro, C. Sangüesa y N. Urra. 2006. Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y el Caribe. UNESCO-CAZALAC. Documentos Técnicos del PHI-LAC, No. 3. pp 13-21

Marín, R. 1999. Disponibilidad de tierras agrícolas de Venezuela. Fundación Polar, Caracas. 53p.

Mogollón, L. y J. Comerma. 1994. Suelos de Venezuela. Gerencia Corporativa de Asuntos Públicos – Palmaven, PDVSA. 313p

Nugroho, M., D.H. Hoekman y R. de Kok. 2002. Analysis of the Forests Spatial Structure using SAR and Ikonos Data. ForestSAT Symposium Heriot Watt University, Edinburgh, August 5 th -9th of August 2002

Ovalles, F. A. y J.A. Comerma. 1991. Metodología para la selección y caracterización de sitios experimentales agropecuarios. Maracay, Ven. FONAIAP - Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Instituto de Investigaciones Agrícolas Generales. Departamento de Evaluación de Tierras. SERIE B. No. 18. 44 p

Ovalles, F.A.y J.C. Rey. 1995. Determinación de superficies optimas de muestreo con fines de diagnóstico de fertilidad. Informe final Proyecto 02-21-04026, Gerencia de Investigación, FONAIAP, Maracay. 121p.

Ovalles, F.A. 1999. Caracterización cuantitativa de suelos pedregosos. En: Suelos Pedregosos, R. López y F. Delgado (Eds.), CIDIAT, Serie Suelos y Clima SC-74, pp 53-69.

Ovalles, F., E. Cabrera-Bisbal, A. Cortéz, M. F. Rodríguez, M. C. Núñez, J. C. Rey y J. Comerma. 2005. Aproximación a los Escenarios de Adaptación al Cambio Climático del Sector Agrícola. Proyecto Ven/00/G31 - Apoyo a la Primera Comunicación en Cambio Climático de Venezuela, Formulación de Lineamientos Generales para un Programa de Adaptación a los Posibles Impactos de los Cambios Climáticos sobre el Sector Agrícola en Venezuela, considerando tres escenarios (2015, 2040 Y 2060). INIA-MARNR-PNUD. 223 p

Pla , I. 1989. Desarrollo de Índices y Modelos para el Diagnóstico y Prevención de la Degradación de Suelos Agrícolas en Venezuela. Publicación Especial Banco Consolidado, Caracas. 58p

Pla, I. 2005. Física de Suelos e Hidrología en América Latina. En: Lobo, D., D. Gabriels y G. Soto (Eds.). 2005. Evaluación de Parámetros y Procesos Hidrológicos en el Suelo. Documentos Técnicos en Hidrología del PHI, No. 71. Unesco, Paris. pp 1-5.

Rao, P. V., P. S. C. Rao, J. M. Davidson, and L. Hammond. 1979. Use of goodness-of-fit test for characterizing the spatial variability of soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43:274-278.

Rodríguez, M.F., A Cortéz, J. Rey, M. Nuñez y F. Ovalles. 2007. Proyecto: Integración Espacial de los Datos Agroecológicos del INIA al Norte del Orinoco de Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) – (FONACIT- S1: 2002000147). Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Laboratorio de Sistemas de Información en Recursos Agroecológicos.

Thomas, R. W. 1979. An introduction to quadrat analyses. CATMOG 12. Study Group in Quantitative Methods, Institute of British Geographers, London. 41p

Vera, R. R. 1999. Investigación en Sistemas Agropastoriles: Antecedentes y Estrategias. En: E. P. Guimaraes, J. I. Sanz, I.M. Rao, M.C. Amézquita y E. Amézquita (Eds.). 1999. *Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina*. CIAT-EMBRAPA, Publicación CIAT No. 313. pp 1-8

Villanueva, C., M. Ibrahim, C. Harvey y H. Esquivel. 2003. Topologías de fincas con ganadería bovina y cobertura arbórea en pasturas en el trópico seco de Costa Rica. *Agroforesteria en las Américas* 10 (39-40): 9-16

# **Algunas consideraciones de la interrelación entre los metabolitos secundarios del follaje de árboles y arbustos con la fisiología digestiva de los rumiantes**

Redimio M. Pedraza Olivera

Centro de Estudios para el Desarrollo de la Producción Animal (CEDEPA)

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey

Circunvalación Norte km 5.5, Camagüey 74650. Cuba.

E-mail: redimio.pedraza@reduc.edu.cu

## **Resumen**

El uso del follaje de arbustos y árboles en la alimentación de los rumiantes es una importante alternativa para el desarrollo de una producción animal sostenible; sin embargo, presentan compuestos secundarios con actividad antinutricional, que actúan como mecanismos de defensa contra microorganismos, insectos y depredadores. No obstante algunos de ellos pueden ser beneficiosos para los animales. Existen varios miles de estos compuestos, los que se agrupan según las sustancias químicas que los constituyen; los más relevantes para la nutrición de rumiantes son los compuestos fenólicos (principalmente taninos), toxinas nitrogenadas (alcaloides, glicósidos cianogénicos, aminoácidos tóxicos, lectinas e inhibidores de las proteasas) y terpenos (fundamentalmente saponinas). Las estrategias para el empleo follajes que contienen compuestos secundarios con actividad antinutricional deben conjugar las habilidades naturales de los rumiantes para capear el efecto adverso de estos compuestos con las prácticas zootécnicas adecuadas para neutralizarlos, lo que incluye facilitar a los animales las condiciones apropiadas para su correcta relación con los follajes y otros alimentos y/o el empleo de métodos físicos, químicos y biológicos. En este trabajo se realizan algunas consideraciones de la interrelación entre los metabolitos secundarios del follaje de árboles y arbustos con la fisiología digestiva de los rumiantes.

## **Summary**

The use of the foliage of bushes and trees in ruminant feeding is an important alternative for the development of a sustainable animal production; however, it present secondary compounds with

antinutritional activity, which act as defense mechanisms against microorganisms, insects and predators. Nevertheless some of them can be beneficial for the animals. Exist several thousands of these compounds, it can be grouping according to the chemical substances that constitute them; the most relevant for the ruminants nutrition are phenolic compounds (mainly tannins), nitrogen toxins (alkaloids, cyanogenic glycosides, toxic amino acids, lectins and proteases inhibitors) and terpenoids (fundamentally saponnins). The strategies for the use of foliages that contain secondary compounds with antinutritional activity should conjugate the natural ruminant abilities to cope its adverse effects with the adequate husbandry practices to neutralize them, which includes to facilitate the animals the appropriate conditions for their correct relationship with the foliages and other foods and/or the employment of physical, chemical and biological methods. In this work are carried out some considerations of the interrelation between the secondary metabolites of the foliage of trees and bushes with the ruminant digestive physiology.

## **Introducción**

El uso del follaje de arbustos y árboles en la alimentación de los rumiantes representa una importante e incuestionable alternativa para el desarrollo de una producción animal sostenible basada en pastos y forrajes. A excepción de algunas zonas áridas, el follaje de arbustivas no es utilizado como único alimento durante todo el año, en la práctica su uso fundamental es como suplemento para mejorar el consumo y utilización de los demás alimentos voluminosos de la dieta, generalmente de bajo valor nutritivo. Como la demanda de follajes de árboles en los sistemas de alimentación generalmente se debe a la pobre calidad de los forrajes bases disponibles, las estrategias de suplementación deben ser tales que se promueva el consumo y la digestibilidad de estos (Singh *et al*, 2005; Ku – Vera *et al*, 2006); sin embargo, la presencia en las arbustivas de compuestos secundarios con actividad antinutricional influye en su valor nutritivo. Así D'Mello (1992) los considera como la mayor limitante para incrementar el uso de las leguminosas tropicales en la nutrición animal. No obstante, en algunos casos la presencia de tales sustancias puede ser beneficiosa para el animal, especialmente en los rumiantes (Preston y Leng, 1987; Rosales *et al*, 1989; Díaz *et al*, 1995; Ørskov, 2005; Galindo *et al*, 2005). Los efectos perjudiciales, e incluso beneficiosos, en la producción animal de los factores antinutritivos dependen de muchos aspectos, en su mayoría estrechamente interrelacionados, como son: el tipo específico de sustancia química, y su concentración en la digesta, composición de la dieta,

especie y categoría animal, adaptabilidad del animal, procesamiento y manejo de los alimentos, etc. (Pedraza, 1996); sin embargo, sus mecanismos de toxicidad y de efectos promotores de la salud en dietas para animales y humanos no están bien establecidos (McSweeney *et al*, 2003).

Los compuestos secundarios actúan como mecanismo de defensa contra microorganismos, insectos y depredadores, como los herbívoros; también, en relaciones de mutualismo con insectos y otros animales y como respuesta ante el estrés (Hardborne, 1993; Makkar, 1993; Woodward y Coppock, 1995; Vadivel y Janardhanan, 2001).

Los términos fitoquímicos, metabolitos secundarios y xenobioticos vegetales, también compuestos secundarios, se han utilizado para describir un diverso grupo de moléculas involucradas en la adaptación de las plantas al ambiente y que no son parte de las vías metabólicas primarias del crecimiento y la reproducción celular (McSweeney *et al*, 2003).

Existen varios miles de estos compuestos (Krueger *et al*, 2003), los que suelen ser agrupados según las sustancias químicas que los constituyen en: compuestos fenólicos (taninos, fitoestrógenos y cumarinas); toxinas nitrogenadas (alcaloides, glicósidos cianogénicos, glucosinolatos, aminoácidos tóxicos, lectinas e inhibidores de las proteasas); terpenos (lactonas sesquiterpénicas, glicósidos cardíacos, saponinas); hidrocarburos poliacetilénicos y oxalatos (Ramos *et al*, 1998).

### **Compuestos fenólicos: Taninos.**

Varios investigadores (Galindo *et al*, 1989; D'Mello, 1992; Onwuka, 1992; Jackson *et al*, 1996; GinerChavez *et al*, 1997; McSweeney *et al*, 2003) coinciden en señalar, entre los compuestos fenólicos, a los taninos como la mayor limitante para el uso del follaje de arbustivas en la alimentación de rumiantes.

Los taninos son sustancias amorfas que con el agua forman coloides de reacción ácida y sabor muy acre. Suelen ser solubles en alcohol y en acetona: Se definen como compuestos polifenólicos de estructura química variada, que se encuentran ampliamente distribuidos en el mundo vegetal. Los mismos son de alto peso molecular (500-3000 Daltons) y se localizan en vacuolas combinados con alcaloides y proteínas, desempeñando una función defensiva frente a insectos y hongos (Kumar, 1993; Makkar, 1993; Peris, 1995; Makkar y Goodchild, 1996).

Se clasifican de forma genérica en hidrosolubles y no hidrosolubles; generalmente los árboles y arbustos contienen ambos tipos. Los taninos hidrolizables o hidrosolubles (pirogalotánicos), son

compuestos de un polihidroxi-alcohol esterificado entre glúcidos y fenoles ácidos, que se escinden por tanasas específicas, ácidos o álcalis. Esta hidrólisis da como resultado un azúcar, un poli alcohol y ácidos fenolcarboxílicos. Dentro de este grupo se distinguen los taninos gálicos que por su hidrólisis producen osas y ácido gálico (Makkar, 1993; Peris, 1995). Los taninos no hidrosolubles o condensados (pirocatecólicos), tienen estructura similar a la de los flavonoides y carecen de osas en su molécula. Los taninos condensados se pueden determinar entre otros por un método químico en el cual las proantocianidinas son oxidativamente despolimerizadas en una mezcla de n-butanol - ácido clorhídrico, formando antocianidinas (Peris, 1995; Makkar y Goodchild, 1996). También por el color que producen al reaccionar con la vainillina (Martínez, 2004).

Clauss y Varro (1989) destacan que los taninos poseen acción astringente, su carácter más notable es el precipitar las proteínas; forman dispersiones coloidales y compuestos insolubles con ciertos tejidos animales, precipitan el alcaloide de sus soluciones, así como los colorantes orgánicos de carácter básicos y la albúmina; en soluciones alcalinas absorben fácilmente oxígeno y se oscurecen, son bastante solubles en alcohol diluido, pero poco solubles en alcohol deshidratado, son no cristalizables y por ello difíciles de separar las mezclas polifenólicas.

Los taninos condensados se asocian a diversos efectos biológicos, entre los que se encuentra la inhibición microbiana y enzimática provocada por un exceso de ácido tánico en la dieta (Jung y Fahey, 1984). Los taninos también provocan carcinogénesis y algunos, como los de *Pteridium aquilinum*, se relacionan con el cáncer de la vejiga urinaria en ratas (Pamukau *et al*, 1980); en bovinos se ha encontrado hematuria enzootica y carcinoma de las porciones superiores del tracto digestivo con el consumo prolongado de esta planta (Marrero *et al*, 1999), pero estos autores lo atribuyen al glicósido ptaquilosido.

Los efectos de los taninos hidrolizables y condensados en rumiantes alimentados con especies arbustivas han sido estudiados por Reed (1995), quien enuncia que los primeros son más tóxicos que los segundos, ya que algunos productos de su degradación provocan hepatotoxicidad y nefrotoxicidad; mientras que los taninos condensados no se absorben, aunque están asociados a lesiones de la mucosa. Clausen *et al* (1990) sugieren que los taninos condensados son degradados en el tracto gastrointestinal y Barahona *et al* (2001) plantean que tanto los taninos hidrolizables como los condensados pueden ser absorbidos a través de las paredes del intestino luego de su hidrólisis.

El CIAT (1998) obtuvo un grupo de resultados al evaluar distintas leguminosas tropicales que se pueden resumir de la siguiente manera: se encontraron diferencias en la habilidad de los taninos solubles (TS) y condensados (TC) extraídos de las leguminosas para inhibir la fermentación por los microorganismos del rumen, los TC afectan negativamente el consumo voluntario, la digestión y la utilización del nitrógeno por los rumiantes; existen diferencias entre especies en la proporción de TS y taninos enlazados, así como en la proporción de cianidina, delfinidina, pelargadinina y fisetinidina; los TC enlazados a los forrajes tuvieron un mayor efecto en la digestión que los TC solubles. También la adición de TC enlazados resultaron en una disminución de la producción de gas *in vitro* y afectaron la producción de los ácidos grasos volátiles; se notó también influencia diferente entre los TC solubles y enlazados en los ácidos grasos volátiles. En muchos casos los TC enlazados fueron más efectivos como inhibidores de las celulasas y proteasas microbianas que los TC solubles.

Los taninos condensados tienen una acción más profunda en la reducción de la digestibilidad, mientras que los hidrolizables causan variadas manifestaciones tóxicas debido a los compuestos que se liberan en el rumen (Makkar, 1993; Tanner *et al*, 1995; Reed, 1995; McSweeney *et al*, 2003).

La liga de taninos a las proteínas salivares y al epitelio bucal hacen poco palatable el alimento y deprimen el consumo voluntario, se aprecia una correlación negativa entre los niveles de taninos presentes en el alimento y su consumo, aunque algunas plantas ricas en taninos son fácilmente ingeridas por algunos mamíferos herbívoros; estas diferencias pueden deberse a la diferente naturaleza de los taninos presentes en las plantas (Clausen *et al*, 1990). Los taninos pueden afectar el consumo de los alimentos por:

1. Disminución de la digestión del alimento, retardando así la velocidad de paso y, como resultados están, el llenado y distensión del rumen (Makkar, 1993; Getachew *et al*, 2002).
2. Estimulación de los receptores heméticos en el centro del cerebro, provocando esto una condición de antipatía y reduciendo así su consumo (Distel y Provenza, 1991).
3. Cambios en los niveles hormonales que puedan alterar el consumo del alimento (Silanikove *et al*, 2001).

Durante la masticación, las proteínas y taninos forman complejos, pudiendo también ocurrir la hidrólisis de taninos a ácidos libres, por acción de las hidrolasas de la planta (Woodhead y Cooperdriver, 1979).

Los fenoles que se liberan como resultado de la hidrólisis de taninos por acción de las hidrolasas de las plantas durante la masticación, y/o por su degradación en el rumen pueden afectar la digestión ruminal (Martin y Akin, 1988). Algunos compuestos fenólicos provocan descenso en la digestibilidad de celulosa, hemicelulosa y almidón (Varel y Jung, 1984; Makkar *et al*, 1995; McSweeney *et al*, 2003).

El pH casi neutro del rumen permite la formación de complejos enzima-taninos-proteínas insolubles, inactivando las enzimas; entre las enzimas del rumen que se inactivan están la ureasa, proteasa, glutamato deshidrogenasa y glutamato piruvato transaminasa (Horigome *et al*, 1988). Los complejos taninos-proteína involucran tanto enlaces de hidrógeno como interacciones hidrofóbicas, de ahí que el grado de precipitabilidad de dichos complejos dependa, en gran medida, de su peso molecular, el pH del medio y la fortaleza iónica (Makkar y Singh, 1995; Wiegand *et al*, 1995). En este sentido, los taninos con peso molecular muy elevado pueden ser tan insolubles que pierden su capacidad de precipitar las proteínas (Kumar, 1993).

Por otra parte la formación de complejos indigeribles tanino-proteína, tanino-celulosa y tanino-almidón (Mueller-Harvey, 1989), contribuyen a disminuir la digestibilidad de la materia seca, proteínas y carbohidratos (Reed *et al*, 1990); esto se debe en buena medida, a la unión con las proteínas y a la inhibición de las proteasas del rumen (Tanner *et al*, 1994). Los enlaces de la unión proteína-tanino son en gran medida de hidrógeno e hidrófobos (Silanikove *et al*, 2001). Algunos minerales son atrapados en el complejo tanino-proteína y se hacen inaccesibles al animal (Khanal y Subba, 2001).

El complejo tanino-proteína formado en el rumen se rompe en el abomaso por la acidez del pH de esta parte del sistema digestivo, y la proteína liberada pudiera digerirse; el tanino que se libera puede interferir en la digestión del tracto digestivo inferior (Kumar, 1993; Makkar, 1993). Estos compuestos reaccionan con las proteínas en la capa celular exterior de la mucosa intestinal reduciendo así la permeabilidad para los nutrientes (Nastis y Malechek, 1981). Los mismos quizás provocan pérdida de mucus, daño en el epitelio mucoso, endotelio y epitelio tubular renal, irritación, ruptura del tejido del canal alimenticio y gastroenteritis (Kriaa *et al*, 1999).

Los taninos también causan toxicidad a los microbios del rumen probablemente por ligamiento a las paredes de las células, deteriorando así la permeabilidad de su pared celular (Silanikove *et al*, 2001); también, deprimen la producción ruminal de ácidos grasos volátiles, así como la síntesis de proteínas, ácido desoxirribonucleico y ácido ribonucleico microbiano, además afectan la

utilización de fosfatos por los microbios del rumen (Makkar, 1993; McSweeney *et al*, 2001). Se ha demostrado la degradación que sufren los compuestos fenólicos por la acción de los microbios del rumen (Orpin, 1984; Kumar, 1993); se conoce que las bacterias del rumen *Eubacterium limosum* (Jung y Fahey, 1983) y *Selenomonas ruminantium* (Skene y Brooker, 1995) utilizan los compuestos fenólicos como fuente de energía.

Murdiati y Mahyudin (1985) refieren que la capacidad del rumen para degradar taninos no es tan alta como la capacidad de dichas sustancias antinutritivas para disminuir la utilización de los nutrientes en los alimentos que las contienen. La toxicidad de los compuestos fenólicos se debe a un aumento en su concentración respecto a la capacidad del hígado para su destoxificación (Makkar, 1993). A pesar de ello, Ramos *et al* (1998) consideran que el medio ruminal representa un lugar eficiente de destoxificación para un amplio rango de compuestos secundarios.

Los animales monogástricos crean condiciones para dietas ricas en taninos, incrementando el tamaño de las glándulas salivares y produciendo más proteínas ricas en prolina (PRP), las cuales tienen gran afinidad por los taninos y constituyen la primera línea defensiva contra los taninos del alimento (Burrit *et al*, 1987; Mehansho *et al*, 1987). Este mecanismo defensivo también puede ocurrir en rumiantes puesto que se ha comprobado la presencia de PRP en la saliva de algunos animales (Mole *et al*, 1990; Baxter, 1997). Distel y Provenza (1991) sugieren que las cabras pueden tener habilidad para destoxificar taninos o sus productos metabólicos; Kumar (1993) y Makkar (1993) plantean que la producción de una tanasa activa y las altas cantidades de proteínas ricas en prolina pueden ser las responsables de la tolerancia en estos animales, que consumen grandes cantidades de forrajes ricos en taninos.

La presencia de proteínas ricas en el aminoácido prolina en la saliva (Robbins *et al.*, 1987) favorece la formación de complejos solubles tanino-proteína (Pérez- Maldonado *et al.*, 1995), lo contribuye a anular o disminuir el efecto negativo en el consumo de forrajes ricos en taninos por especies animales como el venado y las cabras, lo que sugiere una adaptación de esos animales (Harborne, 1993). Se piensa que en el venado este complejo tanino proteína es estable en todo el tracto digestivo (Austin *et al*, 1989).

Un exceso de taninos en la dieta causa incremento de la excreción del nitrógeno endógeno, glucosaminas, mucoproteínas, calcio y sodio en las heces fecales (Shahkhalili *et al*, 1990). La hipersecreción de mucus es la causa principal del exceso de nitrógeno fecal (Makkar, 1993).

Aunque son mayoritarios los estudios que explican el efecto negativo de los taninos, existe consenso en la literatura que estos tienen un grupo de atributos positivos para la nutrición de los rumiantes. Está establecido que los taninos en bajas concentraciones en la dieta aumentan la eficiencia de la digestión del nitrógeno (Cumming, 1985; Kaitho *et al*, 1997; McSweeney *et al*, 2003, entre otros), así Mangan (1988) y Waghorn (1990) asumen que niveles bajos de taninos (3 – 6 % MS) pudieran no causar problemas y quizás ser ventajoso; sin embargo, no solo de la concentración de taninos determina su actividad biológica, la que depende también su estructura química.

La unión de los taninos a las proteínas pueden traer efectos beneficiosos en la prevención del timpanismo (Waghorn, 1990) y fundamentalmente en la protección de las proteínas de las plantas de la degradación ruminal (Barry, 1989; Jackson *et al*, 1996; Norton, 1999; Min *et al*, 2003). Barry y McNabb (1999) plantean que la concentración ideal de taninos condensados en el forraje de las leguminosas debe oscilar entre 2 y 4 % en la MS, con lo que se puede proteger a las proteínas del ataque microbiano en el rumen y contribuir así con una mayor cantidad de proteínas dietéticas que llegan al intestino delgado.

Los taninos condensados pueden favorecer la disminución de los parásitos intestinales (Kahn y Díaz-Hernández, 2000; Thi Mui Nguyen *et al*, 2005). Este control puede ser indirecto, por una mejora en el status nutricional y la respuesta inmune de los animales por los efectos positivos ya mencionados, o directo, por interacciones directas de los taninos con los parásitos; Butler *et al* (2000) y Molan *et al* (2002) demuestran interacciones que afectan la fisiología de los parásitos y la incubabilidad de sus huevos.

Waghorn *et al* (2002) mostraron en que ovejas y bovinos alimentados con forrajes que contienen taninos condensados ocurre una menor producción de metano por unidad de materia seca digestible, lo que Tavendale *et al* (2005) atribuyen al probable efecto indirecto de los taninos condensados en la reducción de la producción de hidrógeno en el rumen y directamente a su acción inhibitoria sobre los microorganismos ruminales productores de metano.

### **Toxinas nitrogenadas: Alcaloides, glicósidos cianogénicos, aminoácidos tóxicos, lectinas e inhibidores de las proteasas.**

Los alcaloides son álcalis orgánicos que contienen aminas secundarias, terciarias o cíclicas (McSweeney *et al*, 2003), entre cuyos precursores se encuentran varios aminoácidos; según el

estado químico del nitrógeno, se definen cuatro grupos: aminas secundarias y terciarias (alcaloides tipo), aminas cuaternarias y N-óxidos (Ramos *et al*, 1998). Son básicos en reacción, mientras forman sales en la presencia de ácidos, generalmente son insolubles en el agua pero solubles en solventes orgánicos. Una característica de muchos grupos de alcaloides presentes en las plantas forrajeras es su sabor amargo, que posiblemente constituye la base para su identificación y consiguiente rechazo de la planta por los herbívoros (Harborne, 1993).

Los alcaloides son un grupo diverso de compuestos que causan problemas fisiológicos y neurológicos en los mamíferos, al acumularse en el hígado y causar problemas a largo plazo; pueden causar fallos hepáticos si se consumen en suficientes cantidades (Molyneux y Ralphs, 1992). Los alcaloides, en dependencia de su tipo, pueden provocar estreñimiento, meteorismo, vómito, muerte por fallo respiratorio, etc.; también, asociados con esteroides producen salivación, vómitos, postración, actividad cardíaca deprimida, disnea y muerte; aborto o efectos congénitos (Merck, 1983). A pesar de esto muchos alcaloides son ampliamente utilizados por tener propiedades farmacológicas muy útiles. En ocasiones la toxicidad por alcaloides está asociada a micotoxinas presentes en algunos forrajes, más que por acción directa de las plantas; sin embargo, están presentes en algunas plantas como *Crotalaria sp* y del género *Erythrina*. En la familia *Leguminosae* se encuentran los alcaloides derivados del aminoácido lisina denominados quinolizidinas, distribuidos en varias tribus (*Genisteae*, *Podalyrieae* y *Sophoreae*) de la subfamilia *Papilionoideae* (Ramos *et al*, 1998).

Los glicósidos cianogénicos, presentes en muchas especies de plantas, liberan cianuro por hidrólisis enzimática o ácida (McSweeney *et al*, 2003). La cianogénesis es la capacidad que tienen algunas plantas, junto con otros organismos como bacterias, hongos y artrópodos, de liberar ácido cianhídrico (también llamado ácido prúsico: CNH, su ión CN<sup>-</sup> es el cianuro), una molécula tan simple como letal, que actúa inhibiendo a la citocromo oxidasa, enzima de la cadena respiratoria, impidiendo la respiración celular; las moléculas que son portadoras de esta toxina son los glicósidos cianogénicos, en las cuales entra a formar parte un glúcido, el cual estabiliza, mediante un enlace glicosídico, la molécula de ácido cianhídrico (Ramos *et al*, 1998). Para la rotura del enlace glicosídico, y subsiguiente liberación de la molécula de ácido cianhídrico, es necesario el concurso de la enzima β-glicosidasa, que las propias células vegetales poseen, estando, por tanto, glicósido y enzima compartimentalizados (Poulton, 1990). Algunas especies de *Accacia* los contienen, al igual que las hojas y raíces de yuca (*Manihot sculenta*); su

acción aguda se relaciona con fallos en la cadena respiratoria y su efecto crónico, por la ingestión prolongada de bajas dosis, con la posible generación de bocio.

El ejemplo clásico de aminoácido tóxico relacionado con el empleo de los follajes de árboles y arbustos en la alimentación de rumiantes es la mimosina, presente en el follaje de *Leucaena leucocephala* y otros árboles de la familia *Leguminosae* y la subfamilia *Mimosoideae*. Este aminoácido tóxico también está presente en *Crotalaria* y especies de *Acacia* (McSweeney *et al*, 2003). Su efecto tóxico se produce por su analogía estructural con los aminoácidos esenciales, al ser incorporados por error en la formación de proteínas enzimáticas o neurotransmisores; este tipo de aminoácidos se encuentra, sobre todo, en las leguminosas y los géneros tropicales (*Leucaena*, *Indigofera* y *Canavalia*), pero también en crucíferas y liliáceas (D'Mello, 1989). El aminoácido tóxico mimosina es un análogo de los aminoácidos aromáticos, que sufre activación por las bacterias ruminales convirtiéndose en un agente bociógeno; sin embargo, los animales habituados a esta leguminosa desarrollan una resistencia frente al tóxico que proviene de la adaptación y subsiguiente destoxificación por las mismas bacterias del rumen (Hegarty, 1982; D'Mello, 1989). Su ingestión por los animales causa pérdida reversible de pelo al inhibir la conversión de metionina en cisteína (D'Mello, 1989; Rosenthal, 1991). La mimosina se metaboliza a 3-hydroxy-4(1H)-pyridone (3,4-DHP) en el rumen, este metabolito se excreta en la orina (Hegarty, 1982); se ha encontrado en varias regiones del mundo, incluida Cuba (Galindo *et al*, 2005), que los rumiantes tienen microorganismos ruminales capaces de realizar esta transformación; en Australia y en otras regiones ha resultado exitosa la inoculación de estos microorganismos, o el líquido ruminal, como vía de eliminar los efectos negativos de la mimosina.

Las lectinas son proteínas capaces de unirse de forma reversible a fragmentos glicídicos de glicoconjugados, a pesar de su naturaleza no inmunológica, y que han recibido el nombre de fitohemoaglutininas por su efecto en la coagulación de los eritrocitos (Harborne, 1993). Estas sustancias provocan inhibición en el crecimiento y reducción en la ingestión; afectando a enzimas y hormonas gastrointestinales como la colecistoquinina, y a la absorción intestinal al unirse con las células epiteliales de las microvellosidades (Ramos *et al*, 1998). Se encuentran en semillas de leguminosas y de angiospermas en general, por ejemplo la euforbiácea *Ricinus communis*, ricino (Harborne, 1993) y en el follaje de *Acacia saligna* (Salem *et al*, 2004).

En muchas plantas, y particularmente en las semillas de leguminosas, se presentan los inhibidores de las proteinasas, entre los cuales están los inhibidores de la tripsina y quimotripsina, que reducen el valor nutritivo de las semillas y la disponibilidad de los aminoácidos sulfurados, provocando depresión del crecimiento e hipertrofia del páncreas; al contrario de las lectinas, la inactivación de los inhibidores de las proteasas parece ocurrir de forma muy lenta y no completa en el rumen (Dixon and Hosking, 1992).

### **Terpenos: Saponinas.**

Entre los terpenos se encuentran las lactonas sesquiterpénicas, los glicósidos cardíacos y las saponinas. Tienen funciones casi universales en las plantas, como hormonas (giberelinas) o, de modo más restringido, como atrayentes de polinizadores, otros, como las piretrinas, son potentes insecticidas (Harborne, 1993; Ramos *et al*, 1998). De todos ellos los que tienen mayor relevancia en el empleo del follaje de árboles y arbustos en la alimentación de los rumiantes son las saponinas.

Algunas saponinas son sustancias tóxicas al animal, Basu y Rastogi (1967), citados por Bondi y Alumot (1987), manifiestan que el efecto tóxico general de las saponinas se debe a su tendencia a alterar la permeabilidad de la pared celular, lo que sucede también en la pared intestinal; esto puede provocar hemólisis de las células sanguíneas (Merck, 1983). Algunas saponinas causan desórdenes fisiológicos severos como gastro-enteritis, parálisis y muerte (McSweeney *et al*, 2003); sin embargo, se han utilizado con éxito como agente defaunante en rumiantes, tal es el caso del uso del pericarpio de la semilla de *Sapindus saponaria* reportado inicialmente por Díaz *et al* (1995).

Las saponinas se han empleado como detergentes naturales ya que son sustancias que rebajan la tensión superficial y producen espuma al contacto con el agua; la mayoría de las plantas que contienen saponinas no tienen un sólo compuesto sino una mezcla compleja, con diferencias en la aglicona o en la longitud y composición de la cadena glicídica, lo que influye en sus propiedades (Ramos *et al*, 1998).

Existe información contradictoria acerca de su efecto sobre la fermentación ruminal, digestibilidad, etc. (Klita *et al*. 1996). Al igual que los taninos, las saponinas podrían tener incidencia en la mejora de la eficiencia en la utilización del alimento en rumiantes, aumentando

el flujo de proteína microbiana hacia el duodeno, siendo su efecto más acusado cuando ambas sustancias se hayan presentes, que por separado (Makkar *et al*, 1995).

### **Estrategias y métodos para atenuar el efecto negativo de los metabolitos secundarios.**

A pesar que las especies arbustivas han estado vinculadas a los animales herbívoros desde la antigüedad, esta relación ha venido debilitándose desde el momento en que el hombre comenzó la domesticación de algunos de estos animales (Pedraza, 1996); hoy no están generalizadas las prácticas de manejo y mejora animal que propicien minimizar el efecto negativo de los metabolitos secundarios.

Muchas vías de acción de los principios tóxicos en el cuerpo del animal son conocidas, y las estrategias de eliminación de los compuestos nocivos han sido elaboradas, sin embargo es incierto que la seguridad absoluta sea siempre encontrada (Bondi y Alumot, 1987); todavía queda mucho por investigar y divulgar en este campo de la producción animal.

Las estrategias a utilizar deben ser centradas en lograr convivir inteligentemente con estas sustancias, de modo que se alcancen buenos resultados en la producción animal, sin causar daños a la protección que ellas brindan a los vegetales (Pedraza, 1996); para esto es necesario conjugar las habilidades naturales de los rumiantes para capear el efecto adverso de los compuestos secundarios con las prácticas zootécnicas para neutralizarlos, lo que incluye facilitar a los animales las condiciones apropiadas para su correcta relación con los follajes y otros alimentos y/o el empleo de métodos físicos, químicos y biológicos.

Los rumiantes emplean estrategias filológicas y etológicas para enfrentar la acción negativa de los metabolitos secundarios presentes en los follajes de arbustivas, como son el efecto destoxicador del rumen, la adaptación temporal y permanente de los animales al consumo de algunas sustancias antinutritivas y la selección de la dieta (Ramos *et al*, 1998). McSweeney *et al* (2003) muestran como la fermentación ruminal puede atenuar y eliminar el efecto adverso de diversos metabolitos secundarios. Asimismo los rumiantes tienen patrones de conducta que les permiten eliminar este efecto negativo, como es la selección de los follajes a comer, lo que posibilita evadir aquellos potencialmente dañinos y/o diluir la concentración de metabolitos tóxicos (Pfister, 1999; Burrit y Provenza, 2000; Sandoval-Castro *et al*, 2005).

El manejo de los alimentos y las condiciones que disponen los animales para adquirir los pastos y forrajes son determinantes para que puedan expresar su capacidad de copar con los efectos

negativos de los metabolitos secundarios; los animales hambrientos o con pocas opciones y disponibilidad de alimentos reducen la selectividad de la dieta, lo que en determinadas condiciones puede representar un mayor consumo de metabolitos secundarios. Por otra parte la falta o escasez de agua para beber reduciría la posibilidad de consumo de forrajes y la excreción de sustancias tóxicas en el organismo; mientras que la disposición de los bebederos cambia los patrones de pastoreo, todo lo cual influye negativamente en la actividad forrajera y el comportamiento productivo de los animales (Shrader *et al*, 2008).

Dentro de los tratamientos físicos el calor y secado previo de los forrajes es una de las variantes para inactivar algunos metabolitos secundarios como los glicósidos cianogénicos y diversos tipos de taninos, asimismo el remojado tiene efectos positivos para extraer algunos compuestos cianogénicos y el calor en medio ácido o alcalino pudiera mitigar el efecto de diversos aminoácidos tóxicos (Makkar y Becker, 1999); el tratamiento químico en condiciones básicas, ya sea por amonificación, o adición de álcalis, ha demostrado también su utilidad en la oxidación de los taninos.

El uso de compuestos acomplejantes con los taninos, como el polyviylpolypyrrolidone, fue inicialmente propuesto por Andersen y Sowers (1968) como indicador indirecto para determinar taninos en plantas. Principio este que se ha empleado a escala comercial para inactivar los taninos con el uso de sustancias como el polietilenglycol (PEG), que es un polímero sintético que tiene alta afinidad por los compuestos fenólicos, sobre todo los taninos, y los inactiva formando el complejo tanino- PEG (Makkar *et al*, 1995a); el PEG se añade preferiblemente en el agua de bebida. Se ha aplicado también a forrajes con taninos que se evalúan por la técnica de producción de gases (Khazaal y Ørskov, 1994; Makkar *et al*, 1995a; Wood y Plumb, 1995; Pedraza, 2000; Singh *et al*, 2005; entre muchos otros ); el carbón vegetal ha mostrado un efecto similar en la evaluación del follaje de algunas especies arbustivas (Ørskov, 2005).

La fermentación en estado sólido, por microorganismos como *Sporotricum pulverulentum* y *Ceriporiopsis sudvermispota*, puede eliminar la actividad de los taninos condensados (McSweeney *et al*, 2003).

Por último, y no menos importante, los planes de mejora y explotación animal tienen que maximizar la relación entre el potencial genético de los animales y la biodiversidad de los ecosistemas, en tal sentido los recursos alimenticios locales, como las especies arbustivas, tienen

que incrementar su papel de proveedor de nutrientes y de servicios ambientales; el cambio climático y el aumento desmedido del precio del petróleo no deja otra opción.

## Referencias

- Andersen, R. & Sower, J. A. 1968. Optimum condition for bonding of plant phenols to insoluble polyvinylpyrrolidone. *Phytochem.*, 7, pp. 293-301.
- Austin, P. J., Suchar, L. A., Robbins, C. T. & Hagerman, A. E. 1989. Tannin-binding proteins in saliva of deer and their absence in saliva of sheep and cattle. *J. Chem Ecol.* 15:1335-1339.
- Barahona, R., Lascano, C. E., Cochran, R. Morrill, & J., Titgemeyer, E. C. 2001. Intake, digestion, and nitrogen utilization by sheep fed tropical legumes with contrasting tannin concentration and astringency. *Journal of Animal Science.* 75 (6). 1633-1640.
- Barry, T. N. & McNabb, W. C. 1999. The effect of condensed tannins in temperate forages on animal nutrition and productivity. *Tannin Livestock Human Nutrition.* 92, 30-35.
- Barry, T. N. 1989. Condensed tannins: their role in ruminant protein and carbohydrate digestion and possible effects upon the rumen ecosystem. In: *The role of protozoa and fungi in ruminant digestion* (Ed. J. V. Nolan, R. A. Leng and D. I. Demeyer), pp. 153-169. Penambul Books, Armidale NSW.
- Baxter, N. J. 1997. Multiple interactions between polyphenols and a salivary proline-rich protein repeat result in complexation and precipitation. *Biochemistry.* Vol. 36. No. 18, pp. 33-39.
- Bondi, A. & Alumot, E. 1987. Antinutritive factors in animal feedstuffs and their effects on livestock. *Progress in Food and Nutrition Science.* Vol. 11. pp. 115-151.
- Burrit E. A. & Provenza, F. D. 2000. Role of toxins in intake of varied diets by sheep. *Journal of Chemical Ecology.* 26: 1991-2005.
- Burrit, E. A., Malecheck, J. C. & Provenza, F. D. 1987. Changes in concentrations of tannins, total phenolics, crude protein, and *in vitro* digestibility of browse due to mastication and insalivation by cattle. *Journal of Range Management.* 40: 409-411.
- Butler, N. L., Dawson, J. M., Wakelin, D. & Buttery, P. J. 2000. Effect of dietary tannins and protein concentration nematode infection (*T. columbriformis*) in lambs. *J. Agric. Sci.* 134, 89-99, Camp.

- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Trópica). 1998. Tropical grasses and legumes: Optimizing genetic diversity for multipurpose. *Annual Report Project IP-5*. 132p. Calí, Colombia.
- Clausen, T. P., Provenza, F. D., Burrit, E. A., Reichardt, P. B. & Bryant, J. P. 1990. Ecological implications of condensed tannin structure: a case study. *Journal of Chemical Ecology*. 16: 2381-2392.
- Clauss, P. E. & Varro, E. T. 1989. Farmacognósia. Ed. Revolucionaria. Combinado Poligráfico "Evelio Rodríguez Curbelo". pp. 135-140.
- Cumming, R. B. 1985. Recent advances in animal nutrition in Australia. *Proceedings of a Symposium at the University of New England*. Armidale, University of New England Publishing Unit. 121 p.
- D'Mello, J. P. F. 1992. Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. *Animal Feed Science and Technology*. 38: 237-261.
- Díaz A., Avendaño, M. & Escobar, A. 1995. Use of tropical plants as defaunating agents and its effects on animal metabolism. *"Dual Purpose Cattle Research"*. Eds. Simon Anderson and Jonathan Wadsworth. IFS (International Foundation for Science) / FMVZ-UADY, *Proceedings of an International Workshop*. Mérida, México. p. 273.
- Distel, R. A. & Provenza, F. D. 1991. Experience in early life affects voluntary intake of blackbrush by goats. *Journal of Chemical Ecology*. 17: 431-450.
- Dixon, R. M. & Hosking, B. J. 1992. Nutritional value of grain legumes for ruminants. *Nut. Res. Rev.*, 5: 19-43.
- D'Mello, J.P.F. 1989. Toxic amino acids. In: Association of Applied Biologists (Ed.) *Aspects of Applied Biology* 19. Antinutritional factors, potentially toxic substances in plants pp: 29-50. Institute of Horticultural Research, Wellesbourne, Warwick CV35 9EF, U. K.
- Galindo, J., Delgado, D., Pedraza, R. M. & 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*. Vol. 28. No. 1. pp 59-68.
- Galindo, W., Rosales M., Murgeitio, E. & Larrahondo, J. 1989. Sustancias antinutricionales en las hojas de árboles forrajeros. *Livestock Research for Rural Development*. Vol. 1, No. 1.

- Getachew, G., Makkar, H. P. S., & Becker, K. 2002. Tropical browses: contents of phenolic compounds, *in vitro* gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and *in vitro* gas production. *Journal of Agricultural Science*. 139, 341–352. Disponible en. [www.iaea.org/programmes/nafa/d3/public/journal-agric-sci-cambridge.pdf](http://www.iaea.org/programmes/nafa/d3/public/journal-agric-sci-cambridge.pdf) (Revisado: 2 Julio del 2003).
- GinerChavez, B. I., van Soest, P. J., Robertson, J. B. Lascano, C. & Pell, A. N. 1997. Comparison of the precipitation of alfalfa leaf protein and bovine serum albumin by tannins in the radial diffusion method. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 74. No. 4, pp. 513-523.
- Harborne, J. B. 1993. Introduction to Ecological Biochemistry. 4<sup>th</sup> Edition. Academic Press, Harcomt Brace & Co. Publishers, New York, USA. 320p.
- Hegarty, M.P. 1982. Deleterious factors in forages affecting animal production. In: J.B. Hacker (Ed.) Nutritional limits to animal production from pastures. C.A.B. Farnhan Royal U.K. pp: 133-150.
- Horigome, T., Kumar, R. & Okamoto, K. 1988. Effects of condensed tannins prepared from leaves of fodder plants on digestive enzymes *in vitro* and in intestine of rats. *British Journal of Nutrition*. 60: 275-285.
- Jackson, F. S., Barry, T. N., Lascano, C. & Palmer, B. 1996. The extractable and bound condensed tannin content of leaves from tropical tree, shrub and forages legumes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 17. No 1, pp. 103-110.
- Jung, H. G. & Fahey, G. C. 1983. Interaction among phenolic monomers and *in vitro* fermentation. *Journal of Dairy Science*. 66: 1255-1263.
- Jung, H. G. & Fahey, G. C. 1984. Influence of phenolic acid on forage structural carbohydrate digestion. *Canadian Journal of Animal Science*. 64: 50-51.
- Kahn, L., P. & Díaz-Hernández, A. 2000. Tannins with antihelminthic proprieties. In: Broker, J. D. (Ed.), *Proceedings of the International Workshop on Tannin in Livestock and Human Nutrition*. ACIAR Proceedings No. 92, pp. 140-154.
- Kaitho, R. J., Umunna, N. N., Nsahlai, I. V., Tamminga, S. & van Bruchem, J. 1997. Utilization of browse supplements with varying tannin levels by Ethiopian Menz sheep. I.

Intake, digestibility and live weight changes. *Agroforestry Systems*. Vol. 39, No. 2, pp. 145-159.

- Khanal, R. C. & Subba, D. B. 2001. Nutritional evaluation of leaves from some major fodder trees cultivated in the hills of Nepal. *Animal Feed Science and Technology*. 92 (1/2). 17-32
- Khazaal, K. & Ørskov, E. R. 1994. The *in vitro* gas production technique: an investigation on its potential use with insoluble polyvinylpyrrolidone for the assessment of phenolics-related antinutritive factors in browse species. *Animal Feed Science and Technology*. 47: 305-320.
- Klita, P. T., Mathison, G. W., Fenton, T. W. & Hardin, R. T. 1996. Effects of alfalfa root saponins on digestive function in sheep. *J. Anim. Sci.* 74: 1144-1156.
- Kriaa, S., Thewis, A. & Kamoun, M. 1999. Les tannins en nutrition animale: Effet des tannins sur l'ingestion, la digestibilité et les performances des ruminants. *Revue de l'INAT*. 14 (2). 19-39
- Krueger, C. G., Vestling, M. M. & Reed, J. D. 2003. Matrix-assisted laser desorption / ionization time-of-flight mass spectrometry of heteropolyflavan-3-ols and glucosylated heteropolyflavans in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 538-543.
- Ku - Vera, J. C., Ramirez, L. & Valdivia, V. 2006. Valoración nutricional del follaje de árboles y arbustos tropicales para los rumiantes. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. 24 – 28 Octubre 2006, Centro de Convenciones Plaza América. Varadero, Cuba. En CD – ROM.
- Kumar, R. 1993. Anti-nutritional factors, the potential risk of toxicity and methods of alleviate them. In: Speedy and Pugliese. *Legumer trees and other fodder trees as protein sources for livestock*. Food and agricultural Organization of the UN, Rome, pp. 145-160.
- Makkar, H. P. S. & Becker, K. 1999. Plant toxins and detoxification methods to improve feed quality of tropical seeds. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*. 23: 467-480.
- Makkar, H. P. S. & Goodchild, V. A. 1996. Quantification of tannins, a Laboratory Manual. Pasture, Forage and Livestock Program. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Second Edition. Alepo, Syria.

- Makkar, H. P. S. & Singh, B. 1995. Determination of condensed tannins in complexes with fiber and proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 69, No. 1, pp. 129-132.
- Makkar, H. P. S. 1993. Antinutritional factors in foods for livestock. *Animal Production in Developing Countries*. BSAP Occasional Publication No. 16, British Society of Animal Production, Edinburgh. pp. 69-81.
- Makkar, H. P. S., Blümmel, M. & Becker, K. 1995a. Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in *in vitro* techniques. *British Journal of Nutrition*. 73, pp. 897-913.
- Makkar, H. P. S., Borowy, N. K., Becker, K. & Degen, A. 1995. Some problems in fiber determination of a tannin rich forage (*Acacia salinga* leaves) and their implications in *in vivo*. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 55, No. 1-2, pp. 67-76.
- Mangan, J. L. 1988. Nutritional effects of tannins in animal feeds. *Nutrition Research Reviews*. 1: 209 - 231.
- Marrero, E., Stuart, R., Sánchez, L. M., Bulnes, C. & Palenzuela, I. 1999. Informe técnico de la caracterización del cuadro de hematuria enzootica bovina que afecta zonas ganaderas del departamento de Tarija. Proyecto AUTAPO-CENSA-ICA. Tarija, Bolivia. 118p.
- Martin, S. A. & Akin, D. E. 1988. Effect of phenolic monomers on the growth and  $\beta$ -glucosidase activity of *Bacteroides ruminicola* and on the carboxymethylcellulase,  $\beta$ -glucosidase, and xylanase activities of *Bacteroides succinogenes*. *Applied and Environmental Microbiology*. 54: 3019-3022.
- Martínez, S. 2004. Manual de laboratorio de Control Agroambiental, CEDEPA. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey. Cuba. En: <http://www.reduc.edu.cu/CEDEPA/index.htm>. Actualizado en enero de 2004.
- McSweeney, C. S., Makkar, H. P. S. & Reed, J. D. 2003. Modification of rumen fermentation to reduce adverse effects of phytochemicals. Matching herbivore nutrition to ecosystems biodiversity. *Proceedings of the Sixth International Symposium on the Nutrition of Herbivores*. Mérida, Yucatán, México, 19-24 October 2003/editors L. t'Mannetje... (et al.), c2003. pp. 241-268.

- Mehansho, H., Butler, L. G. & Carlson, D. M. 1987. Dietary tannins and salivary proline-rich proteins: interactions, induction, and defense mechanisms. *Annual Review of Nutrition*. 7: 423-440.
- Merck & Co. Inc. 1983. Manual Merck de Veterinaria: un manual para diagnóstico y terapéutica para los veterinarios. 2<sup>da</sup> Edición, New Jersey. 1386 p.
- Min, B. R., Barry, T. N., Attwood, G. T. & McNabb, W. C. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology*. 106: 3–19.
- Molan, A. L., Waghorn, G. C. & McNabb, W. C. 2002. Effect of condensed tannins on egg hatching and larval development of *Trichostrongylus colubriformis* *in vitro*. *Vet, Record*. 150 (3), 65-60 (5)
- Mole, S., Butler, L. G. & Ianson, G. 1990. Defense against dietary tannin in herbivores: A survey for proline rich salivary proteins in mammals. *Biochemical Systematics and Ecology*. 18: 287-293.
- Molyneux, R. J. & Ralphs, M. H. 1992. Plant toxins and palatability to herbivores. *Journal of Range Management*. 45: 13-18.
- Mueller-Harvey, I. 1989. Identification and importance of polyphenolic compounds in crop residues. In: *Physicochemical characterization of plant residues for industrial and feed use* (Eds. A. Chesson and E. R. Ørskov), pp. 88-109. Elsevier Applied Science, London.
- Murdiati, T. B. & Mahyudin, P. 1985. The residual tannin and crude protein of *Calliandra callothyrsus* and *Albizia falcataria*, following incubation in heated and unheated rumen fluid. *Proceedings of the third Australian Association for Animal Production*. Vol. 2A, pp. 814-816.
- Nastis, A. S. & Malechek, J. A. 1981. Digestion and utilization of nutrient in oak browse by goats. *Journal of Animal Science*. 53: 283-290.
- Norton, B. W. 1994. The nutritive value of tree legumes. In: *Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture*. (Eds. R. C. Gutteridge and H. M. Shelton). CAB International, UK. p. 177.
- Onwuka, C. F. I. 1992. Tannin and saponin contents of some tropical browse species fed to goats. *Tropical Agriculture*. Vol. 69, No. 2, pp. 176-180.

- Orpin, C. G. 1984. Microbial attack on lignocellulose in the rumen. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 9: 327-328.
- Ørskov, E. R. 2005. La producción animal y su efecto en el suelo, las plantas y las personas. *Notas del curso de postgrado*. Instituto de Ciencia Animal, La Habana. 25 y 26 de Noviembre del 2005.
- Pamukau, A. M., Wang, C. Y., Hatcher, J. & Bryan, G. T. 1980. Carcinogenicity of tannin and tannin-free extracts of bracken fern (*Pteridium aquilinum*) in rats. *Journal of National Cancer Institute*. 65: 131-136.
- Pedraza, R. M. 1996. Las especies arbustivas en la producción de rumiantes en el trópico. *1<sup>er</sup> Curso Nacional "Utilización de recursos alimenticios alternativos para rumiantes en el trópico"*, del 15-23 Julio. Universidad Nacional Experimental "Rómulo Gallegos". San Juan de los Morros", Edo. Gúarico, Venezuela. pp. 215-228.
- Pedraza, R. M. 2000. Valoración nutritiva del follaje de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. y su efecto en el ambiente ruminal. *Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias*. Instituto de Ciencia Animal - Universidad Agraria de La Habana. La Habana, Cuba. 116 p.
- Pérez-Maldonado, R. A., Norton, B. W. & Kerven, G. L. 1995. Factors affecting *in vitro* formation of tannin-protein complexes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 69: 291 – 298.
- Peris, J. B. 1995. Fitoterapia aplicada. 1<sup>era</sup> Edición. Ed. Muy ilustre colegio oficial de farmacéuticos de Valencia. Valencia, España. pp. 61-95.
- Pfister, J. A. 1999. Behavioral strategies for coping with poisonous plants. In: Launchbaugh, K. L. et al. (eds), *Grazing of livestock and wildlife Idaho Forest*. Wildlife and Range Exp. Stn. Bull. No. 70, Univ. of Idaho, pp. 45-59.
- Poulton, J. E. 1990. Cyanogenesis in plants. *Plant Physiol*. 94: 401-405.
- Preston, T. R. & Leng, R. A. 1987. *Matching Ruminant Production with Available Resources in the Tropics and Subtropics*. Penambul Books. Armidale.
- Ramos, G., Frutos, P., Giráldez, F. J. & Mantecón, A. R. 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. *Arch. Zootec*. 47: 597 - 620.

- Reed, J. D. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forages legumes. *Journal of Animal Science*. Vol. 73. No. 5, pp. 56-60.
- Reed, J. D., Soller, H. & Woodward, A. 1990. Fodder tree and straw diets for sheep: intake, growth, digestibility and the effects of phenolics on nitrogen utilization. *Animal Feed Science and Technology*. 30: 39-50.
- Robbins, C.T., S. Mole, A.E. Hagerman & J.A. Hanley. 1987. Role of tannins in defending plants against ruminants: reduction in dry matter digestion. *Ecology*. 68: 1606-1615.
- Rosales M., Cuesta A., Hernández L., Laredo, M. & Anzola, H. 1989. Uso de los árboles forrajeros para el control de los protozoarios ruminales. *Livestock Research for Rural Development*. Vol. 1, No. 1.
- Rosenthal, G. A. 1991. Nonprotein aminoacids as protective allelochemicals. In: G. A. Rosenthal & M. R. Berenbaum (Ed.) *Herbivores: Their Interactions with Secondary Plant Metabolites*. Vol. I: The Chemical Participants pp: 1-34. Academic Press, New York.
- Salem, A. Z. M., Gohar, Y. M., El-Adawy, M. M. & Salem, M. Z. M. 2004. Growth-inhibitory effect of some antinutritional factors extracted from *Acacia saligna* leaves on intestinal bacteria activity in sheep. In: The 12<sup>th</sup> Scientific Conference of the Egyptian Society of Animal Production (ESAP), vol. 41, pp. 283–300.
- Sandoval-Castro, C. A., Lizarraga-Sanchez, H. L. & Solorio-Sánchez, F. J. 2005. Assessment of tree fodder preference by cattle using chemical composition, *in vitro* gas production and *in situ* degradability. *Animal Feed Science and Technology*. 123–124: 277–289.
- Shahkhalili, Y., Finot, P. A., Hurrell, R. & Fern, E. 1990. Effects of food rich in polyphenols on nitrogen excretion in rats. *Journal of Nutrition*. Vol. 1. No. 20, pp. 346-352.
- Shrader, A. M., Kotler, B. P., Brown, J. S. & Kerley, G. I. H. 2008. Providing water for goats in arid landscapes: effects on feeding effort with regard to time period, herd size and secondary compounds. *Oikos*. 117: 466-472.
- Silanikove, N., Perevolotsky, A., & Provenza, F. D. 2001. Use of tannin-binding chemicals to assay for tannins and their negative postingestive effects in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. 91 (1/2). 69-81.

- Singh, B., Sahoo, A., Sharma, R. & Bhat, T. K. 2005. Effect of polyethylene glycol on gas production parameters and nitrogen disappearance of some tree forages. *Animal Feed Science and Technology*. 123–124: 351–364.
- Skene, I. K. & Brooker, J. D. 1995. Characterization of tannin acylhydrolase activity in the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. *Anaerobe*, 1: 321-327.
- Tanner, G. J., Moate, P. J., Davis, L. H., Laby, R. H., Li, Y. G. & Larkin, P. J. 1995. Proanthocyanidins (condensed tannins) destabilize plant protein foams in a dose-dependent manner. *Australian Journal of Agricultural Research*. Vol. 46, No. 6, pp. 1101-1109.
- Tanner, G. J., Moore, A. E. & Larkin, P. J. 1994. Proanthocyanidins inhibit hydrolysis of leaf proteins by rumen microflora *in vitro*. *British Journal of Nutrition*. Vol. 71, No. 6, pp. 947-958.
- Tavendale, M. H., Meagher, L. P., Pacheco, D., Walker, N., Attwood, G. T. & Sivakumaran, S. 2005. Methane production from *in vitro* rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. *Animal Feed Science and Technology*. 123–124: 403–419.
- Thi Mui Nguyen, Dinh Van Binh & Ørskov E. R. 2005. Effect of forages containing condensed tannins on gastrointestinal parasites. *Animal Feed Science and Technology*. 121: 77-87.
- Vadivel, V. & Janardhanan, K. 2001. Nutritional and anti-nutritional attributes of the under-utilized legume, *Cassia floribunda* Cav. *Food Chemistry*. 73 (2). May, 2001. 209-215.
- Varel, V. H. & Jung, H. G. 1984. Influence of forage phenolics on cellulolytic bacteria and *in vitro* cellulose degradation. *Canadian Journal of Animal Science*. suppl., pp. 39-40.
- Waghorn, G. C. 1990. Effect of condensed tannin on protein digestion and nutritive value of fresh herbage. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*. 18: 412 - 415.
- Waghorn, G. C., Tavendale, M. H., Woodfield, D. R. 2002. Methanogenesis from forages fed to sheep. *Proc. N.Z. Grasslands Assoc.* 64, 167–171.
- Wiegand, R. O., Reed, J. D., Said, A. N. & Ummuna, V. N. 1995. Proanthocyanidins (condensed tannins) and the use of leaves from *Sesbania sesban* and *Sesbania goetzei* as protein supplements. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 54, No. 1-4, pp. 175-192.
- Wood, C. D. & Plumb, V. E. 1995. Evaluation of assays for phenolic-compounds on the basis

of *in vitro* gas production by rumen microorganisms. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 56, No. 3-4. pp. 195-206.

- Woodhead, S. & Cooperdriver, G. 1979. Phenolic acids and resistance to insect attack in *Sorghum bicolor*. *Biochemical Systematics and Ecology*. 7: 309-310.
- Woodward, A. & Coppock, D. L. 1995. Role of plant defense in the utilization of native browse in Southern Ethiopia. *Agroforestry Systems*. Vol. 32, No. 2, pp. 147-161.

**Abril 2008**

## **La capacitación y la metodología participativa en el uso de sistemas silvopastoriles en Cuba** **The capacitation and participative methodology in the use of Cuban's silvopastoral systems**

Suárez Hernández J.

Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, Cuba [jesus.suarez@indio.atenas.inf.cu](mailto:jesus.suarez@indio.atenas.inf.cu)

El objetivo del trabajo es brindar una caracterización del sector ganadero cubano, así como las experiencias sobre el papel de la capacitación y la participación de los productores en el fomento de los sistemas silvopastoriles. La actual ganadería cubana tiene una situación tensa, con sólo un 23% de sus pastizales compuesto por pastos mejorados y forrajes, un rebaño menor que el existente en la década de los 80, el 52% del mismo pertenece al sector cooperativo y campesino (en 1989, el 72% pertenecía a empresas estatales) y está en manos de 247 800 tenedores de ganado, donde predominan los pequeños productores, insuficientes insumos productivos, un aumento de la demanda interna de leches y carnes, y un encarecimiento de las importaciones de los mismos. Ello exigió fomentar la introducción de tecnologías sostenibles de producción animal que posibilitaran la autosuficiencia alimentaria de las explotaciones ganaderas; una de estas tecnologías fue los sistemas silvopastoriles, los cuales se han difundido, a partir de 1995, en todo el país, en 19 231 hectáreas. Este proceso exigió un conjunto de innovaciones organizativas durante el proceso de difusión que fueron clave, asociadas a la capacitación de productores y su participación decisiva en la mejora continua y como fuente de ideas innovadoras, la interacción periódica investigador-productor, y la promoción de los resultados de los adoptantes iniciales.

Palabras clave: sistemas silvopastoriles, capacitación, participación

### **The training and participatory methodology in the use of Cuban's silvopastoral systems**

The objective of this paper is to offer a characterization of the Cuban livestock production sector, as well as experiences about the role of training and producers' participation in the promotion of silvopastoral systems. Today, the Cuban livestock production has a tense situation, only 23% of the pastures are improved, the herd is smaller than the one existing in the 80's, 52% of the herd is property of the cooperative sector and peasants (in 1989, 72% was property of governmental firms) and it is in the hands of 247 800 livestock holders, there is predominance of small farmers, insufficient production inputs, an increase of milk and meat demand in the country, and price increase of import of these products. This required the diffusion of sustainable technologies for animal production that made possible the feed self-sufficiency of livestock farms; one of these technologies are silvopastoral systems, which have been spread, since 1995, in the country over 19 231 hectares. This process demanded a set of key organizational innovations during the diffusion process, associated to the producers' training and their decisive participation in the continuous improvement and as source of innovation ideas, the periodical link researcher-producer, and the promotion of results of the first producers to use the technology.

Key words: silvopastoral systems, training, participation

# **LOS BIOCOMBUSTIBLES: Consideraciones generales y desventajas.**

**Dr. José Luis Berroterán**

Asesor PDVSA. Prof. Titular Facultad de Ciencias, IZT. Caracas

## RESUMEN

En el ámbito mundial la producción de biocombustibles suple solamente un 1,2% de la demanda mundial de combustibles. En 2006 la producción mundial total de etanol en todos sus grados fue de 13.490 millones de galones. Los dos principales productores mundiales son Estados Unidos y Brasil, que juntos producen el 70% del total de etanol. La producción de etanol en Brasil basada en caña de azúcar y sus derivados tiene ventajas sobre la de Estados Unidos de América sustentada en maíz, debido a su mayor producción por unidad de superficie, mejor eficiencia energética y menor costo. El análisis de las desventajas de los biocombustibles indican que su producción a gran escala no es sustentable con la práctica del monocultivo, ya que aumentará el déficit y precio de los alimentos, competirá con las tierras arables y los bosques aumentando las emisiones de gases de efecto invernadero por cambio de uso de la tierra, además tiene baja eficiencia de uso de la energía fósil e inducen mayor degradación de tierras y aguas con un aumento del uso de agua de riego por los cultivos energéticos. La mejor alternativa en el trópico para la producción de biocombustibles debería ser a nivel de finca con sistemas de producción agrodiversos. En Venezuela se puede visualizar la producción de etanol derivado de hidrocarburos, el cual se usaría como un producto añadido para oxigenar la gasolina.

## **ABSTRACT**

Currently, biofuel production can only supply 1.2% of the world consumption. In 2006, ethanol output reached 13,940 gallons worldwide. 70 % of the current production comes from the United States and Brazil; the latter mainly out of sugar cane, which is considered to have more advantages than corn, United States' mainly biofuel source. The explanation lies on sugar cane's energy efficiency, low cost and major production per hectare.

Notwithstanding, studies on biofuel have shown that its production on a large scale is not sustainable when it depends on one-crop farming. It affects food supply and prices; cultivated lands and forest are likely to be replaced, originating an increase in the emissions of greenhouse gases. Moreover, its low fossil energy efficiency and both land and water degradation are also some of its disadvantages. Also water irrigation by energetic crops will be increased.

In the tropic, the production of biofuel should be done by farms with agro diverse systems. Ethanol from chemistry process of oil, added to fuel can be used in Venezuela.

## INTRODUCCIÓN

La civilización de hoy día se ha caracterizado por un alto consumo de energía fósil que ha conllevado a una alta demanda de petróleo y gas. Actualmente hay un gasto energético per capita promedio mundial equivalente al consumo de cinco (5) litros de petróleo al día, con el agravante que se prevé un crecimiento cercano al 2% hasta el año 2030, donde los países asiáticos y en desarrollo contribuirán en más del 50% (EIA, 2006). Esta situación se hace más crítica cuando se visualiza que con la tendencia del consumo actual de energía, hay solamente una cantidad confiable de petróleo para los próximos 50 años.

El alto consumo de energía es desigual en el ámbito mundial, hay 2 mil millones de personas que no tienen acceso a una fuente fiable de electricidad. Estados Unidos de America (EUA) con 4,5% de la población mundial, produce casi 25% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>. En la atmosfera hay una acumulación excesiva de 3,3 Giga toneladas/año de CO<sub>2</sub>, pasando de 280 p.p.m. de CO<sub>2</sub> al inicio de la revolución industrial (1884) a 360 p.p.m. de CO<sub>2</sub> en la actualidad. Este alto contenido de CO<sub>2</sub> ha inducido el efecto invernadero que ha generado el aumento de la temperatura en 0,4-0,5 °C, ha causado más variabilidad e intensidad en el patrón de lluvias, de vientos, y ha favorecido más desastres naturales, enfermedades e inseguridad alimentaría.

Los países desarrollados más Brasil, se plantearon la producción de biocombustibles como una salida a la crisis climática y ambiental, al déficit en la oferta de hidrocarburos y sus altos precios, así como al riesgo de suministro por problemas de geopolítica. La producción comercial de bioetanol para combustible de vehículos se ha venido incrementando desde la crisis petrolera de la década de los setenta, pero es desde el siglo actual (año 2000) que la oferta de biocombustibles se ha incrementado

sustancialmente. Hoy muchas naciones han promovido una legislación pro-biocombustibles y hay un fuerte interés de inversionistas privados en esta área.

Este interés, no es nuevo, Choy (2007) señala que la idea de usar combustibles derivados de fuentes vegetales renovables es casi tan vieja como el propio motor diesel, inventado a fines del siglo XIX por Rudolph Diesel, quién experimentó con combustibles derivados desde el carbón hasta el maní. Asimismo, el etanol fue usado en los 1850s como combustible de alumbrado muy importante, mientras que Ford diseñó en 1908 su modelo T que ya usaba una mezcla de gasolina y etanol.

En el presente trabajo se analizan los diferentes tipos de biocombustibles, los niveles de producción y las ventajas y desventajas de su producción. Se concluye que los biocombustibles a gran escala no tienen alta viabilidad para sustituir gran parte de la demanda de combustible de petróleo, compiten con la producción y precio de los alimentos, tierras productivas y son ineficientes en la relación de energía producida versus consumida. Se sugiere su producción como complemento en las unidades de producción formando parte de un sistema de producción agrodiverso.

## 2. Concepto de Biocombustibles

Los biocombustibles se derivan de los cultivos de plantas, madera y grasas animales, Pueden ser definidos como el combustible que se deriva de cualquier recurso biológico o biomasa (Choy, 2008). La biomasa se define como cualquier organismo con “vida reciente” y sus derivados metabólicos (por ejemplo, estiércol de vaca).

Entre los diferentes tipos de biocombustibles se incluyen los siguientes:

- el etanol (o metanol) que es el producto de la fermentación de los granos, pasto, paja o madera.
- el biodiesel de semillas oleaginosas y de grasa animal.
- la biomasa que es directamente quemada, como la leña.

En el ámbito mundial se produjeron en el 2006 unos 40 mil millones de litros de etanol y unos 6 mil millones de litros de biodiesel, que suplen solamente un 1,2% de la demanda mundial de combustibles, que está próxima a los 70-75 millones de barriles diarios. La proporción más alta de su utilización es en Brasil que representa para el 2006 18 % de la demanda de combustible del sector vial, seguido de EUA que alcanza un 3,5% del total de la demanda de combustibles. De acuerdo a las estimaciones de la *Energy Information Administration* (EIA, 2006), la agencia gubernamental de EUA para la energía, el consumo de biocombustibles se duplicaría entre 2003 y 2030. Sin embargo, su participación como fuente de energía mundial sería todavía pequeña, se mantendría por debajo del 10 por ciento.

## 3. Etanol

El etanol, o alcohol etílico,  $C_2H_5OH$ , es un líquido inflamable e incoloro, que se puede usar como combustible, solvente y como bebida. Su uso más conocido como combustible es para uso vehicular y puede ser utilizado directamente o en forma combinada (en cualquier proporción) con la gasolina. Las combinaciones con la

gasolina van desde el 5 por ciento (E5) hasta el 100 por ciento (E100), siendo el más común en la actualidad el E10 en EUA y el E20 en Brasil.

El etanol puede obtenerse de dos maneras básicas: por hidratación del etileno, que se deriva del petróleo o gas natural y por fermentación de azúcares que se encuentran en productos vegetales o animales.

### **3.1 Etanol de hidrocarburos**

El etanol para uso industrial se suele sintetizar mediante hidratación catalítica del etileno con ácido sulfúrico como catalizador. El etileno suele provenir del etano (un componente del gas natural) o de nafta (un derivado del petróleo) (Choy, 2008). Tras la síntesis se obtiene una mezcla de etanol y agua que posteriormente hay que purificar mediante uno de los siguientes métodos: destilación azeotrópica en una mezcla con benceno o ciclohexano, por adsorción física mediante tamices moleculares, o por desecantes como el magnesio, que reacciona con el agua formando hidrógeno y óxido de magnesio.

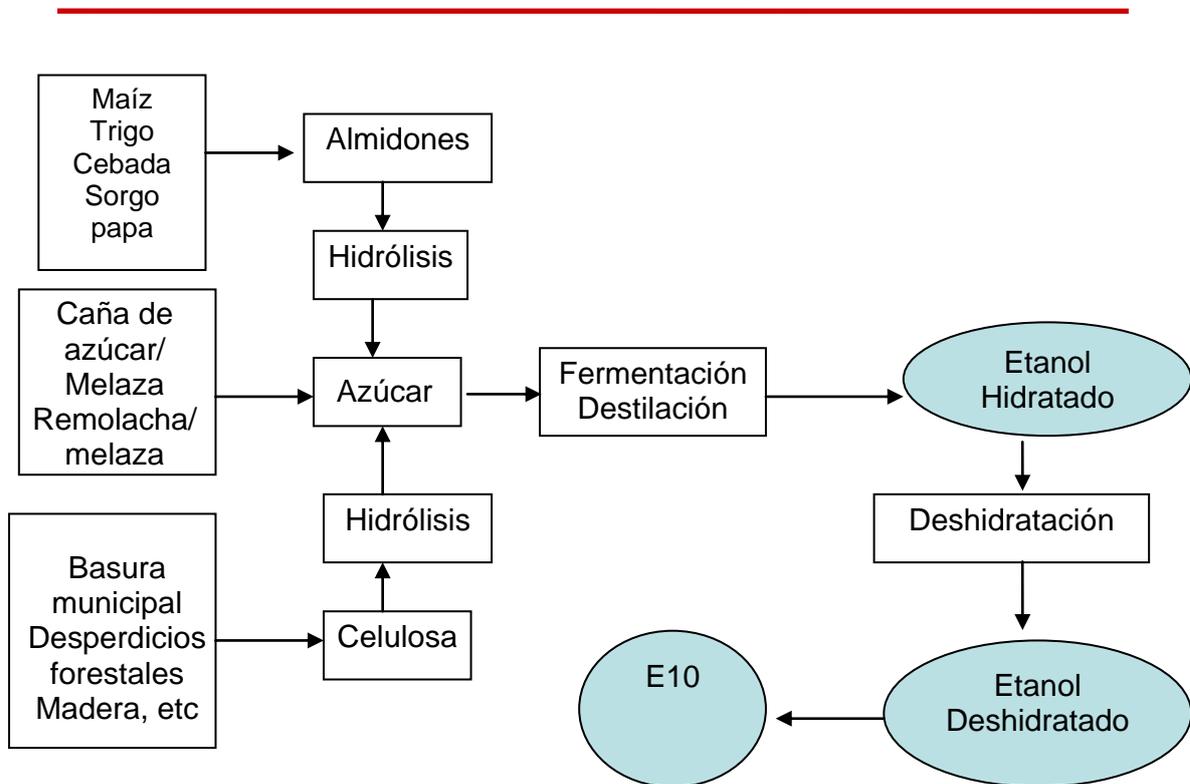
Este proceso es más barato que la fermentación tradicional pero en la actualidad representa sólo un 5% de la capacidad mundial de producción de etanol. Venezuela debería formular una línea fuerte de producción de etanol sintético.

### **3.2 Bioetanol**

Hoy en día se utilizan varios tipos de materias primas para la producción de bioetanol por fermentación de azúcares a gran escala:

- Sustancias con alto contenido de sacarosa: caña de azúcar, remolacha, melazas, sorgo dulce, arroz.
- Sustancias con alto contenido de almidón: maíz, papa, yuca
- Sustancias con alto contenido de celulosa: madera, residuos agrícolas.

El esquema simplificado para la obtención de bioetanol se muestra en la Figura 1, el proceso implica la separación de los azúcares por hidrólisis, su fermentación y la destilación (Miliarium Aureum, S.L., 2004).



**Figura 1. Proceso de Producción de Bioetanol.**

El proceso de la obtención de bioetanol a partir de almidón es más complejo que a partir de sacarosa porque el almidón debe ser hidrolizado previamente para convertirse en azúcares. Para ello se mezcla el vegetal triturado con agua y con una enzima (o en su lugar con ácido) y se calienta la papilla obtenida a 120 – 150 °C. Luego se cuele la masa, en un proceso llamado escarificación, y se envía a los reactores de fermentación.

Se visualiza que a partir de la celulosa es aun más complejo y costoso el proceso, porque primero hay que pre-tratar la materia vegetal para que la celulosa pueda ser luego atacada por las enzimas hidrolizantes. El pre-tratamiento puede consistir en una combinación de trituración, pirólisis y ataque con ácidos y otras sustancias. Esto es uno

de los factores que explican el porqué los rendimientos en etanol son altos para la caña de azúcar, mediocres para el maíz y bajos para la madera.

Un punto importante a considerar son los materiales lignocelulósicos como los residuos de procesos agrícolas, forestales o industriales, con alto contenido en biomasa, que ofrecen un potencial para la producción de bioetanol. Estos residuos pueden ir desde la paja de cereal a las “limpias” forestales, pasando por los residuos sólidos urbanos (RSU) o las cáscaras de cereal o de arroz. También se puede utilizar residuos generados en algunas industrias, como la papelera, la hortofrutícola o la fracción orgánica de residuos sólidos industriales. Los residuos de biomasa contienen mezclas complejas de carbohidratos, llamados celulosa, hemicelulosa y lignina. Para obtener los azúcares de la biomasa, ésta es tratada con ácidos o enzimas que facilitan su obtención. La celulosa y hemicelulosa son hidrolizadas por enzimas o diluidas por ácidos para obtener sacarosa, que es entonces fermentada. Los principales métodos para extraer estos azúcares son tres: la hidrólisis con ácidos concentrados, la hidrólisis con ácidos diluidos y la hidrólisis enzimática (Miliarium Aureum, S.L., 2004).

La fermentación de los azúcares es llevada a cabo por microorganismos (levaduras o bacterias) que producen bioetanol así como grandes cantidades de CO<sub>2</sub>. Además produce otros compuestos oxigenados indeseables como el metanol, alcoholes superiores, ácidos y aldehídos. Típicamente la fermentación requiere unas 48 horas.

El método más antiguo para separar el etanol del agua es la destilación simple, pero la pureza está limitada a un 95-96% debido a la formación de un azeótropo de agua-etanol de bajo punto de ebullición. Es necesario la purificación para deshidratar el etanol y lograr una pureza del 99,5 al 99,9%, ella se realiza por los métodos de destilación azeotrópica en una mezcla con benceno o ciclohexano, o por adsorción física mediante

tamices moleculares, o por desecantes como el magnesio, que reaccionan con el agua formando hidrógeno y óxido de magnesio (Choy, 2008).

### **3.2.1 Niveles de Producción de Etanol**

En el 2006 la producción mundial total de etanol en todos sus grados fue de 13.490 millones de galones. Los dos principales productores mundiales son Estados Unidos y Brasil, que juntos producen el 70% del total de etanol, seguidos por China, India, Francia, Alemania, Rusia y Canadá (cuadro 1).

La producción de etanol en Estados Unidos tuvo un significativo desarrollo a partir de 1980, año en el cual se produjeron 660 millones de litros, aproximadamente un 4,3 % de la producción actual. Este crecimiento se debió en gran medida, a los incentivos fiscales. EUA ha desarrollado la producción de etanol a partir del maíz, un 90 % de etanol se elabora con base a maíz. En el año 2005 EUA produjo 15.200 millones de litros elaborados, volumen que supera en un 186,8 y 146,4 % al producido diez y cinco años atrás, que con una tasa de conversión de 351,9 litros de etanol por tonelada, implicó un consumo estimado de 43,2 millones de toneladas de maíz, lo que representa un 12,5 % de la producción estadounidense. En el año 2006 EUA produjo alrededor de 330 millones de toneladas en el cinturón maicero (constituido principalmente por los estados de Iowa, Illinois, Minnesota y Nebraska), de las cuales se destinaron unos 50 millones de toneladas de maíz para la producción de bioetanol, es decir un 15,2% del total. El área total plantada del cultivo para producir etanol (2006) es de 10 Millones de ha, que representa el 3,7% del total de tierras arables (Wikipedia. 2008).

Es evidente que la competencia entre el maíz para bioetanol y el maíz para consumo humano y animal ha generado aumento de precios, así en el 2007 paso de 130 \$/tonelada a 180 \$/tonelada, también causa déficit de alimentos, hay 4% de déficit con

relación a la demanda mundial, y hay evidencias de crisis en la disponibilidad de tierras arables para la diversificación de la producción mundial de alimentos.

<b>Cuadro 1. Producción mundial de etanol (Millones de galones)</b>		
País	2006	(%)
<b>Estados Unidos</b>	4 855	35,99
<b>Brasil</b>	4 491	33,29
<b>China</b>	1 017	7,54
<b>India</b>	502	3,72
<b>Francia</b>	251	1,86
<b>Alemania</b>	202	1,50
<b>Rusia</b>	171	1,27
<b>Canadá</b>	153	1,13
<b>España</b>	122	0,90
<b>Sudáfrica</b>	102	0,76
<b>Tailandia</b>	93	0,69
<b>Otros</b>	11959	11,34
<b>Total</b>	<b>13 489</b>	<b>100,0</b>
Fuente: Renewable Fuels Association. Industry Statistics		

El otro gran productor de etanol es Brasil, quien desde hace más de treinta años ha desarrollado una extensa industria doméstica del etanol como combustible a partir de la producción y la refinación de la caña de azúcar. Actualmente destina 2,7 millones de hectáreas de caña de azúcar a la producción de etanol, del total de 5,8 millones de hectáreas de caña de azúcar sembradas en el país, principalmente en la región Central

de Brasil. El área total plantada del cultivo para producir etanol (2006) representa el 1% del total de tierras arables de Brasil. La proyección de la producción total para 2008 se estima en 26,4 mil millones de litros y su tendencia es a aumentar. Al considerar los otros combustibles utilizados por toda la flota, principalmente los vehículos con motor diesel, el consumo de etanol destilado de la caña de azúcar en 2006 fue del 18% del consumo total de combustible del sector vial (Bravo, 2007).

La producción de bioetanol en Brasil tiene ventajas sobre la de EUA, como vienen a ser las siguientes:

- ✓ Se produce el doble de litros de etanol por hectárea cosechada.
- ✓ Menores costos de producción en un 30%.
- ✓ Mayor relación de la energía obtenida del etanol/energía gastada en su producción, debido a la eficiencia en el proceso de refinación y producción, está puede ser hasta 6 veces mayor.

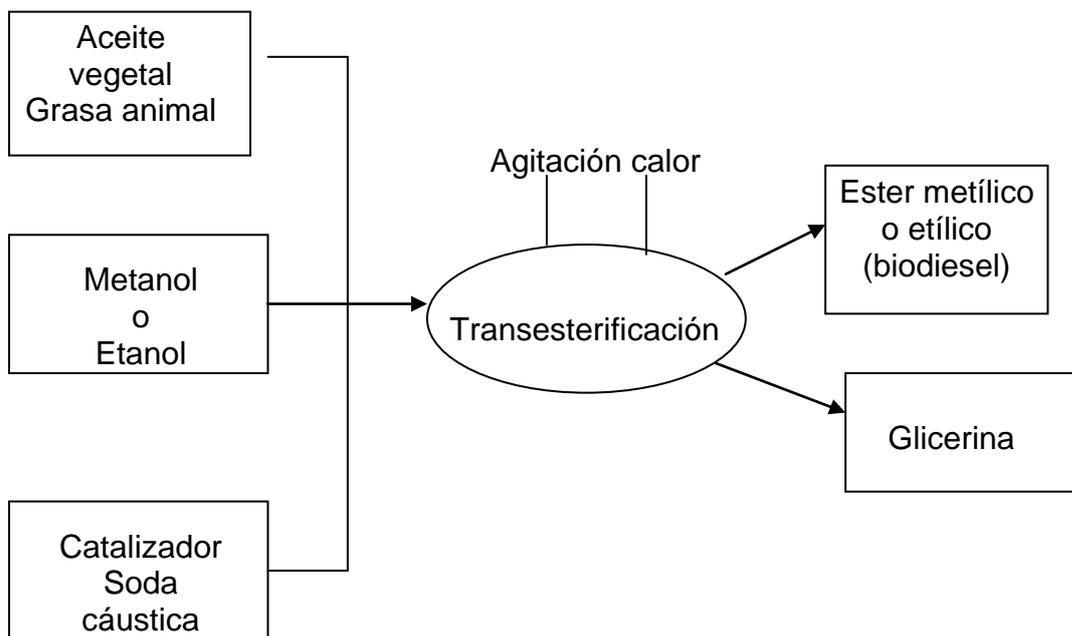
El proceso de destilación del etanol de caña de azúcar produce un residuo que se llama vinaza. Por cada litro de etanol producido, son generados de 10 a 13 litros de vinaza, el cual puede ser usado como fertilizante, pero en Brasil la mayor parte es acumulado en los campos, causando contaminación a los suelos y las aguas (Bravo, 2008).

#### **4. Biodiesel**

Es una combinación de aceite vegetal, metanol o etanol y soda cáustica, que son mezclados y sometidos a un proceso químico para su purificación y destilado. Entonces el biodiesel es un biocombustible sintético líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, nuevos o usados, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación que generan ésteres o biodiesel, cuya fórmula es  $C_3H_5(OH)_3$ , y glicerina que tiene múltiples usos en la industria cosmética (Figura 2) (Miliarium Aureum, S.L., 2004). De esa manera se obtiene el biodiesel, que

es utilizado en autos gasoleros, tractores y camiones al 100 por ciento o mezclado con gasoil.

Como se mencionó, el biodiesel fue conocido en 1900 por Rudolf Diesel, pero es en 1970 que se incrementa su uso y la primera planta piloto productora se construyó en Austria en 1985 (Bravo, 2007). El biodiesel funciona en cualquier motor diesel y puede mezclarse con diesel de petróleo en cualquier proporción.



**Figura 2. Proceso de Producción de Biodiesel.**

A nivel mundial se producen 5.260.000 toneladas, lo cual es ínfimo para el consumo mundial de combustibles. Alemania es el principal productor con 1920 millones de litros, seguido de Francia (511 millones de litros), EUA (290 millones de litros), Italia (227 millones de litros) y Austria (83 millones de litros) (Wikipedia. 2008). Se evidencia una concentración de la producción en países desarrollados, mayormente en la Unión Europea con el aceite de colza y de soja.

La palma africana o aceitera (*Elaeis guineensis*) es visualizada como una de las grandes alternativas para la producción de biodiesel, tiene una producción de 5500 lt de

biodiesel/ha/año, mientras que de la Soja (*Glicine max*) se obtienen 420 lt/ha/año, del arroz (*Oriza sativa*) 770 lt/ha/año, del girasol (*Helianthus annuus*) 890 lt/ha/año, del maní (*Arachis hipogaea*) 990 lt/ha/año y de la colza (*Brassica napus*) 1100 lt/ha/año (Abatec S.A., 2007). Representando la producción de biodiesel de los cultivos de ciclo corto, valores mucho menores que el de la palma africana tropical de regiones húmedas. Otra alternativa es la producción de biodiesel a partir de grasa animal. El laboratorio del Centro de Investigaciones en Tecnologías Lactocárnicas (CITELAC) de la UTN-Argentina trabajó con cooperativas de Villa María para obtener biodiesel a partir del aceite utilizado en frituras y ahora los trabajos incluyeron la posibilidad de obtenerlo a partir de la grasa vacuna, lo cual es una buena alternativa en la producción animal, esta última opción se encuentra en estado avanzado debido a que ya se lo utiliza en algunos automóviles, aunque falta efectuar una producción a gran escala. Otra experiencia en Latinoamérica es en Nicaragua, en la Universidad Nacional de Ingeniería, donde han experimentado para obtener biodiesel con la grasa de cerdo, hasta el momento los resultados han sido satisfactorios.

##### **5. Desventajas de los biocombustibles.**

Los biocombustibles han sido considerados por muchos autores y gobiernos la alternativa más viable para solucionar la crisis energética por la poca oferta futura de hidrocarburos debido a las bajas reservas mundiales de petróleo y a la alta demanda energética de los países desarrollados. Sin embargo, se ha generado un gran debate sobre las ventajas y desventajas de los biocombustibles, seguidamente se van a discutir las desventajas que pueden limitar el crecimiento de la producción de biocombustibles a escala mundial:

### **5.1 Disminución de la oferta para alimento de los productos que sirven como materia prima a los agrocombustibles:**

Se estima que en el 2006 aproximadamente 17-20 por ciento de la cosecha de maíz de EUA se destinó a la producción de etanol, aunque su consumo relativo a la demanda total de gasolina sólo alcanzó el 3,5 por ciento. Sin embargo, se estima que en 10 años el consumo se elevará a 7,5 por ciento y que el etanol demandará más del 30 por ciento de las cosechas de maíz en EUA (EIA, 2006).

Actualmente, existe una creciente demanda mundial de alimentos, particularmente de India y China asociada a su mayor ingreso per cápita y a una mayor demanda de proteínas y carnes. El consumo per cápita de China ha crecido de 2050 kcal. hace tres décadas a más de 3000 kcal. actualmente y su consumo de carnes se ha elevado de niveles casi nulos hace 30 años a más de 50 kilos per cápita actualmente. Ello ha llevado por ejemplo a que China se haya convertido en el mayor importador de soya mundial con 40 por ciento de las importaciones mundiales y que consuma alrededor del 20 por ciento de la producción mundial de maíz y soya, además del 15 por ciento de la del trigo (Choy, 2008).

Cabe señalar que el consumo per cápita de China se encuentra muy por debajo de otras naciones desarrolladas, como EUA, por ejemplo, lo que es un indicador de la mayor demanda futura.

Esta mayor demanda, ha conllevado a una caída paulatina de los inventarios mundiales de granos, los calculados respecto al consumo, reflejan los niveles más bajos de los últimos 25 años en el caso del maíz y trigo. En el 2006 la producción de cereales fue de 1967 millones de toneladas y la demanda de 2040 millones de toneladas, para un déficit de cereales de 73 millones de toneladas, es decir de un 4%.

Urge el redimensionamiento de las políticas alimentarias mundiales, donde la producción de agrocombustibles a partir de alimentos no es viable, ya que la ONU reporta 800 millones de personas con problemas de hambre y unos 40 millones de muertes anuales por esta causa.

### **5.2 Elevación del precio de los alimentos que sirven como materia prima de agrocombustibles:**

La EIA estimó en una proyección de mediano plazo, que si la producción de biodiesel con soya se cuadruplicara (de 50 a 200 millones de galones), el precio de la soya subiría 20 por ciento en términos reales en 10 años.

Estimaciones del Departamento de Agricultura de EUA indican que el incremento de la producción de 5 a 7,5 millones de galones de etanol, incidirá en un aumento de los precios del maíz en un 30 por ciento, respecto a los precios vigentes.

Las proyecciones, efectuadas a principios de 2007, han sido superadas ampliamente al cerrar el año. Se evidencia que los precios de los alimentos aumentarán drásticamente por la producción de biocombustibles. Esto afectará principalmente a los países en desarrollo, ya que en los países desarrollados como EUA el peso de los alimentos se sitúa alrededor del 10 por ciento de la canasta, mientras que en los emergentes es de aproximadamente 30 por ciento (Argentina, Colombia, Venezuela, China), en tanto que en muchos países de África se supera el 60 por ciento de la canasta del consumidor.

### **5.3 Disminución de las tierras aptas para cultivos alimenticios, aumento del monocultivo y de los transgénicos:**

Actualmente, la cosecha de maíz y soya de EUA cubriría solamente el 12% de la actual demanda de gasolina y 6% de la de biodiesel. En el Reino Unido se necesitan 25,9 millones de hectáreas de corza para mover los automóviles, y solamente se tienen

disponibles 5,7 millones de hectáreas arables en todo el Reino. Este déficit de disponibilidad de tierras en los países desarrollados, plantea la necesidad de que se expandan en el trópico los cultivos para agrocombustibles.

Smeets y otros (2004) señalan que África Subhariana, América Latina y Asia Oriental pueden proveer gran parte de los agrocombustibles requeridos, pero únicamente si se reemplazan los actuales sistemas tradicionales agrodversos por grandes sistemas de monocultivo y de ingeniería genética. Actualmente se observan tendencias a aumentar la superficie sembrada para agrocombustibles en Brasil y otros países tropicales. Por ejemplo el gobierno brasileño planifica quintuplicar la tierra dedicada a la plantación de caña de azúcar a 30 millones de hectáreas, Colombia visualiza llegar en poco tiempo a 1 millón de hectáreas de palma africana para la producción de biodiesel. Todas estas expansiones están basadas en monocultivo, mecanización, uso de pesticidas, transgénicos y desplazamiento de la mano de obra de los sistemas tradicionales.

#### **5.4 Baja eficiencia energética**

David Pimentel de la Universidad de California y Tad Patzek de la Universidad de Berkeley (Pimentel y Patzek, 2006), en análisis del balance energético de producción de biocombustibles en los EUA concluyen que el etanol de maíz requiere 29 por ciento más energía fósil de la que genera, el etanol del sorgo dulce requiere 31% más energía fósil, el etanol de la biomasa de madera requiere 34% más energía fósil, el biodiesel de soya requiere 27% más energía fósil y el biodiesel de girasol requiere 118 por ciento más de energía fósil.

Estos datos hacen no sustentable la producción de biocombustibles con las prácticas y técnicas usadas actualmente en los países desarrollados.

El bioetanol obtenido de caña de azúcar en Brasil es más eficiente por tener mayor producción por hectárea y ser más eficiente el tratamiento y procesamiento de los

azúcares de la caña de azúcar para generar bioetanol. Se refieren a eficiencias mayores de seis veces cuando se compara con el bioetanol de maíz de los EUA, pero hay que incluir la inversión de energía en maquinaria agrícola, deterioro de suelo y contaminación ambiental en general entre otros, para así realizar el análisis comparativo.

Existen datos que favorecen la agricultura tropical, así se tiene que para producir 1 kg de maíz, un agricultor de EUA usa 33 veces más energía que un tradicional de México, y para producir 1 kg de arroz, un agricultor de los EUA usa 80 veces mas energía que un tradicional de Filipinas (FAO, 2000).

Se concluye que los cultivos energéticos para biocombustibles no son viables a largo plazo por su baja eficiencia energética en el uso de energía fósil.

### **5.5 Impactos ambientales.**

- ✓ 1 litro de etanol de caña de azúcar genera 10-15 litro de vinaza, el cual debe disponerse para evitar contaminación de aguas y suelos.
- ✓ Se incrementa oxidantes fotoquímicos, especialmente hexano en soluciones basadas en extracción de aceites, en casi un 70%
- ✓ Se incrementan la demanda de fertilizantes y los recursos primarios inorgánicos para producir fertilizantes en un 100%. Se estima que el uso de fertilizantes químicos se duplicará en los países en desarrollos en el periodo que va hasta el 2020 (Bump y Baanante).
- ✓ Aumentará las emisiones de efecto invernadero debido al cambio de uso de la tierra por deforestación, avance de la frontera agrícola y expansión de las plantaciones en áreas cubiertas por bosques u otros sistemas naturales. Actualmente el cambio de uso de la tierra representa el 18% de las emisiones de

gases de efecto invernadero (informe Stern), porcentaje que aumentará con el cultivo para agrocombustibles.

- ✓ La FAO calcula que de continuar las prácticas actuales del monocultivo, sólo los países en desarrollo perderían más de 500 millones de hectáreas de tierras agrícolas arables y de secano, debido a la erosión y degradación del suelo (FAO, 2000).
- ✓ Los cultivos energéticos consumen abundante agua, lo cual es crítico cuando sabemos que 2000 millones de habitantes tienen problemas por disponibilidad de agua, principalmente por contaminación de cuerpos de agua. El uso de agua se destina en un 74% para riego, 18% para centrales hidroeléctricas y 8% consumo doméstico e industrial. Se estima que la demanda de agua se duplicaría en 2050 estimulada en gran parte por producción de agrocombustibles.

## **6. Consideraciones Finales**

Los biocombustibles han mostrado un gran incremento en sus niveles de producción y uso en las últimas tres décadas, pero con un aumento más marcado en el siglo XXI, no obstante solamente cubren el 1% de la demanda de combustibles en el mundo. La disponibilidad de tierra en los países desarrollados es limitante para llegar a la meta de cubrir el 9% de la demanda de combustible en el 2020, este objetivo debe ser modificado, ya que las tierras en los países en desarrollo deben ser dedicadas en gran parte a la producción de alimento con sistemas agrodiversos y de alta eficiencia energética.

Se concluye que la producción de biocombustibles a gran escala no es sustentable con la práctica del monocultivo, ya que aumentará el déficit y precio de los alimentos, competirá con las tierras arables y los bosques aumentando las emisiones de gases de efecto invernadero por cambio de uso de la tierra, además tienen baja eficiencia de uso

de la energía fósil e inducen mayor degradación de tierras y aguas con un aumento del uso de agua de riego por los cultivos energéticos.

La mejor alternativa en el trópico para la producción de biocombustibles debería ser a nivel de finca con sistemas de producción agrodiversos, como un subsistema integrado hasta su producción bioquímica.

Finalmente, se deja la inquietud, que en Venezuela se puede visualizar la alternativa de producir etanol derivado de hidrocarburos, el cual se usaría como un producto añadido para oxigenar la gasolina y así sustituir al MTBE (metil tert-butil éter), el cual es altamente contaminante de suelos y aguas subterráneas.

## **Bibliografía**

Abatec S.A. 2007. Ing. Carlos Muñoz. <http://biodiesel.8k.com>

Bump, B; Baanante, C. World trend in fertilizer use and projections to 2020. 2020 vision brief 38. IFRI <http://tinyurl.com>

Choy, G. 2008. Biocombustibles: Desarrollos recientes y su impacto en la balanza comercial, los términos de intercambio y la inflación en el Perú. Banco Central de Reserva del Perú. DT. N° 2008-005. Serie de Documentos de Trabajo

Elizabeth Bravo. 2007. Encendido el debate sobre Biocombustibles. Cultivos energéticos y soberanía alimentaria en Latinoamérica. Ed. Le Monde Diplomatique/Capital Intelectual. 135 Págs.

EIA (Energy Information Administration) . 2006. International Energy Outlook. USA.

FAO. 2000. The Energy and Agriculture Nexus. Roma 2000. [http:// tinyurl.com](http://tinyurl.com)

Informe Stern. 2008. <http://www.oei.es/decada/informestern.htm>

Miliarium Aureum, S.L. 2004. Bioetanol. <http://www.miliarium.com>

Pimentel, D, Patzek, T. 2005. Natural resource research. 14 (1):65-76.

Smeets, E; Faaij, A; I, Lewandowski. 2004. Quick scan of global bioenergy potentials to 2050: analysis of the regional availability of biomass resources for export in relation to underlying factors. Copernicus Institute, Utrecht University.

Wikipedia. 2008. Etanol: combustible. <http://es.wikipedia.org/wiki/>.