

COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE CONEJAS ALIMENTADAS CON DIETAS BASADAS EN *Leucaena leucocephala*.

Ana T. Rivera, Ernesto O. Riquelme y John Fernández

Departamento de Industria Pecuaria
Universidad de Puerto Rico-Mayagüez

RESUMEN

Se utilizaron 40 conejas para estudiar el efecto de la inclusión de harina de hojas de leucaena criolla (HHL, 3.87 % mimosina) en la dieta sobre su ovulación, fecundación, porcentaje de parición, peso de los gazapos al nacimiento y al destete. La dieta base (L-0) fue de tipo comercial (17 % de proteína, 16 % de fibra, 3.0 Mcal ED/kg) y contenía 50 % de heno de gramíneas. La HHL se incluyó al 25 (L-25) o 50 (L-50) % de la materia seca, en sustitución del heno de gramíneas. Se incluyó un cuarto tratamiento (L-50-S) que consistió en suplementar la dieta L-50 con 0.6 % de sulfato ferroso. Las conejas se ubicaron en jaulas individuales y se alimentaron con las dietas experimentales por tres semanas antes de iniciar los apareamientos. A los 7 y 14 días post-apareamiento, se sacrificaron tres conejas de cada grupo y se determinó el peso de los ovarios (POV), número de cuerpos lúteos (CL) y número de implantaciones (IMP). En los animales que llegaron al término de la gestación, se determinó el número (NV) y peso de los gazapos al nacimiento (PN) y al destete (ND y PD). Hubo efectos significativos ($P < .05$) de tratamientos sobre POV, CL e IMP a los 7 y 14 días post-apareamiento. Los promedios de POV, CL e IMP a los 7 días fueron: dieta L-0, 1.03 g, 8.99 y 8.00; dieta L-25, 1.66 g, 8.00 y 5.34; dieta L-50, 1.36 g, 10.34 y 9.33; dieta L-50-S, 0.84 g, 9.33 y 7.34, respectivamente y a los 14 días fueron: dieta L-0, 1.18 g, 8.67 y 7.67; dieta L-25, 1.12 g, 8.33 y 8.0; dieta L-50, 1.01 g, 7.33 y 6.33; dieta L-50-S, 0.93 g, 7.32 y 6.33. El examen microscópico de los embriones reveló una alta mortalidad embrionaria en las conejas que recibieron las dietas con leucaena y que fue aliviada por la adición de sulfato ferroso, lo que se comprobó en las conejas que completaron su gestación (100, 33, 0 y 100 % de parición con las dietas L-0, L-25, L-50 y L-50-S, respectivamente). Con la dieta L-25 la camada promedió 2.0 gazapos, en comparación con 7.3 gazapos obtenidos con las dietas L-0 y L-50-S. El peso al destete también fue afectado, promediando 770, 460 y 562 g con las dietas L-0, L-25 y L-50-S, respectivamente. Los resultados sugieren que la mimosina afecta los procesos de desarrollo embrionario pero no interfiere con la ovulación, fertilización ni implantación. La adición de sulfato ferroso evita la mortalidad embrionaria, pero los gazapos nacen más débiles y exhiben una menor tasa de crecimiento posterior.

PALABRAS CLAVE: Leucaena, conejas, mimosina, reproducción.

ABSTRACT

Forty does were utilized to study the effects of the inclusion of native leucaena leaf meal (LLM, 3.87 % mimosine) in the diet on ovulation, fertilization, implantation, litter size, litter weight and weaning weights. The basal diet (L-0) was a commercial type diet (17 % protein, 16 % fiber, 3.0 Mcal DE/kg) and contained 50 % ground grass hay. LLM was included at 25 (L-25) or 50 (L-50) % of the dry matter, substituting the grass hay. A fourth treatment was included which consisted of supplementing the L-50 diet with 0.6 % ferrous sulfate (L-50-S). The does distributed in individual cages and were fed the experimental diets (L-0, L-25, L-50 and L-50-S) and the breeding started three weeks later. At seven and fourteen days after breeding, three does out of each group were slaughtered and the

weight of the ovaries (OWT) and the number of corpora lutea (CL) and implantations (IMP) were recorded. The rest of the does were allowed to reach term and litter size (LZ), birth weight (BWT) and weaning weight (WWT) were determined. There were significant treatment effects ($P < .05$) on OWT, CL and IMP at seven and fourteen days post-breeding. Mean OWT, CL and IMP at seven days were: diet L-0, 1.03 g, 8.99 and 8.00; diet L-25, 1.66 g, 8.00 and 5.34; diet L-50, 1.36 g, 10.34 and 9.33; and diet L-50-S, 0.84 g, 9.33 and 7.34, respectively. At fourteen days, the values were: diet L-0: 1.18 g, 8.67 and 7.67; diet L-25: 1.12 g, 8.33 and 8.0; diet L-50: 1.01 g, 7.33 and 6.33; and diet L-50-S: 0.93 g, 7.32 and 6.33. The microscopic examination of the developing embryos showed a high mortality and resorption in does that were fed leucaena. The addition of ferrous sulfate partially alleviated this negative effect, which was corroborated in the does that reached term (100, 33, 0 and 100 % of the does in treatments L-0, L-25, L-50 and L-50-S, respectively). There were significant diet effects on birth weight and litter size. With diet L-25, litter size averaged only two rabbits, as compared to 7.3 for diets L-0 and L-50-S. Weaning weights were also affected and averaged 770 g, 460 and 562 g, for rabbits on treatments L-0, L-25 and L-50-S, respectively. These results shows that mimosine affects embryonic survival and does not interfere with ovulation, fertilization and/or implantation. The addition of ferrous sulfate to the diets protects against this negative effect but the litter is weaker and show a reduced growth rate from birth to weaning.

KEYWORDS: Leucaena, mimosine, rabbits, reproduction.

Introducción

Los resultados de diversas investigaciones indican que los conejos aceptan la leucaena seca o fresca en su dieta. Harris *et al.* (1981), al experimentar con harina de hojas de leucaena, encontraron que, aunque la digestibilidad aparente de la proteína cruda, de los constituyentes de la pared celular y de la fibra insoluble en detergente ácido fue más baja que la de alfalfa, estas diferencias no fueron significativas. De acuerdo a esto, aún cuando el valor nutricional de la leucaena es un poco más bajo que el de la alfalfa, es de interés incluirla en las dietas por su alta disponibilidad en regiones tropicales.

Como resultado de investigaciones agronómicas, se ha establecido que la leucaena es una especie de alto rendimiento y muy valiosa como suplemento proteínico para ganado (Pound y Martínez, 1985). Tomando las debidas precauciones para evitar su posible toxicidad, la leucaena puede ser pastoreada, cortada y ofrecida en forma fresca o deshidratada y molida (como harina de hojas) e incluida en dietas para la mayoría de las especies domésticas.

La posible toxicidad de leucaena se relaciona con su contenido de mimosina. Sin embargo, no todas las variedades de leucaena tienen un alto contenido de este aminoácido y no todas las especies de animales son igualmente susceptibles a sus efectos nocivos.

En la literatura abundan los informes de investigaciones en las que se indica la excelente utilización que los conejos hacen de la alfalfa. Considerando la similitud en la composición química de la alfalfa y de la leucaena, así como en su digestibilidad aparente, la sustitución de alfalfa por leucaena en dietas para conejos se vislumbra como una alternativa muy atractiva, especialmente desde el punto de vista económico. Sin embargo, en un experimento concluido recientemente (Alayón, 1990) se observó que la inclusión de leucaena en dietas para conejas de cría aparentemente interfería con alguna función reproductiva que, de ser cierto, eliminaría el empleo de esta planta como ingrediente en dietas para conejas reproductoras.

Debido a las consideraciones expresadas anteriormente, el objetivo general de esta investigación fue el de verificar si realmente la inclusión de leucaena en las

dietas afecta el desempeño reproductivo de las conejas y, de ser posible, determinar si el efecto detrimental se relaciona con los procesos fisiológicos involucrados en la ovulación, fertilización, implantación o con la sobrevivencia embrionaria.

Materiales y Métodos

Se utilizaron 40 hembras sexualmente maduras, de raza Nueva Zelandia Blanca y criadas en las instalaciones del Departamento de Industria Pecuaria. Las conejas fueron distribuidas al azar en jaulas individuales provistas de comederos y bebederos automáticos, que se encuentran ubicadas en la Finca Laboratorio del Recinto Universitario de Mayagüez.

Los animales tuvieron un período de adaptación de 5 a 7 días al nuevo ambiente durante el cual se alimentaron con una dieta comercial. Al término del período de adaptación, las conejas recibieron dietas que contenían heno de gramíneas (L-0) o harina de hojas de leucaena criolla a razón del 25 (L-25) o 50 (L-50) % de inclusión (Tabla 1), según los tratamientos asignados. Además, se incluyó un cuarto tratamiento (L-50-S) que consistió en la adición de 0.6 % de sulfato ferroso a la dieta L-50.

La harina de hojas de leucaena se obtuvo recolectando leucaena criolla en el área de Coamo y Lajas. El material recolectado fue deshidratado a la sombra y se separaron las hojas de los tallos. Las hojas se recogieron y se molieron en un molino de martillos con criba de 1.75 cm de diámetro. El heno de gramíneas fue el mismo que se utiliza en la vaquería y, al igual que la leucaena, fue molido en el molino de martillos. El resto de los ingredientes que se utilizaron se obtuvieron comercialmente. La forma final de las dietas mezcladas fue aperdigonada o comprimida (pellets) y se ofrecieron sin restricción.

Semanalmente se pesaron los animales y se cuantificó el alimento consumi-

do por cada uno en forma individual. Todos los animales se observaron diariamente con el fin de detectar algún signo de toxicidad causada por la mimosina, tales como alopecia, orina rojiza, anorexia y pérdida de peso.

Los apareamientos se iniciaron tres semanas después del inicio de la alimentación con las dietas experimentales y se utilizaron 6 machos que fueron alimentados con la dieta testigo. Los apareamientos fueron aleatorios y todos los machos estuvieron representados dentro de los cuatro grupos de hembras.

Se sacrificaron 3 conejas de cada tratamiento a los 7 y 14 días después del apareamiento. El sacrificio de los animales se hizo siguiendo los procedimientos utilizados en las empresas comerciales de conejos para carne, es decir, por aturdimiento, dislocación del cuello y, posteriormente, cercenando las venas y arterias del cuello. Después del desangrado. Se quitó la piel y las vísceras y de las vísceras se separó el tracto reproductivo completo.

De los tractos reproductivos recuperados, se recuperaron los ovarios y se determinó su peso y el número de cuerpos lúteos presentes. Los úteros grávidos se observaron externamente anotando el número de implantaciones y se trató de recuperar algunos embriones para determinar su grado de desarrollo relativo.

En los animales que llegaron al término de su gestación se determinó el número de gazapos nacidos, el peso de la coneja después del parto y al destete, el peso de la camada 3 días después del parto y el número y peso de los gazapos al destete, que se efectuó a los 35 días.

Las variables medidas fueron evaluadas estadísticamente por análisis de varianza según un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Los promedios de tratamientos fueron comparados entre sí mediante contrastes ortogonales, de acuerdo a la metodología señalada por Steel y Torrie (1980).

Tabla 1. Composición de las dietas utilizadas en el experimento

Ingrediente (% B.H.)	L-0	L-25	L-50
Harina de Leucaena	-----	25.00	50.00
Heno de gramíneas	50.00	25.00	-----
Maíz (grano)	12.68	20.24	27.82
Afrecho de trigo	10.00	10.00	10.00
Harina de soya	23.82	16.26	8.68
Harina de pescado (atún)	3.00	3.00	3.00
Sal	0.44	0.44	0.44
Premezcla (Vit.-Min.) (a)	0.06	0.06	0.06

(a) Premezcla de vitaminas y minerales: Vit. A estabilizada, 1,000,000 UI/kg; Vit. D₃, 250,000 UI/kg; Vit. K activa 300 mg/kg; biotina, 10 mg/kg; colina, 40,000 mg/kg; ácido fólico, 60 mg/kg; niacina, 3,000 mg/kg; ácido pantoténico, 2,000 mg/kg; riboflavina, 800 mg/kg; cianocobalamina, 2 mg/kg; calcio, 0.2%; manganeso, 0.8%; zinc, 6.5%; hierro, 0.5%; cobre, 0.8%; selenio, 0.01%.

Resultados y Discusión

Los promedios generales de pesos, cambios de peso y de alimento consumido por las conejas, durante todo el período experimental, se presentan en la Tabla 2. Aunque todas las conejas tenían un peso relativamente uniforme (promedio 3.27 kg) al momento de iniciar el período de adaptación, los animales que recibieron la dieta con 50 % de leucaena perdieron peso, debido a un rechazo del alimento ofrecido. Por tal razón, el peso promedio inicial de este grupo, registrado al final del período de adaptación, fue inferior al de los otros grupos de conejas.

Durante el período comprendido desde el inicio del experimento hasta el parto, las conejas que recibieron la dieta sin leucaena aumentaron su peso en un promedio de 420 gramos. Entre los animales que recibieron las dietas que contenían leucaena, no hubo diferencias en cambios de peso pre-parto entre los grupos alimentados con 25 % de leucaena y 50 % de leucaena con sulfato ferroso. Sin embargo, las conejas que recibieron la dieta con 50 % de leucaena sin sulfato ferroso adicional, prácticamente estuvieron a mantenimiento. En este

último grupo (L-50), el cambio de peso pre-parto equivale al cambio de peso total experimentado durante 10 semanas, ya que ninguna de las conejas en este grupo llegó a parir.

No se observaron diferencias significativas en consumo de alimento entre las conejas en los distintos tratamientos durante el período pre-parto. Cabe recalcar que el consumo promedio observado (casi 300 gramos por día) es una sobreestimación del consumo real, ya que incluye una parte del alimento ofrecido que fue desperdiciado y que no pudo ser recuperado ni identificado. Por observación directa, se pudo constatar que el rechazo (y desperdicio) de alimento siguió el orden L-0, L-50-S, L-25 y L-50, que concuerda con el orden de los cambios de peso pre-parto.

En el período post-parto, las conejas que recibieron la dieta L-50-S fueron las que exhibieron la mayor ($P < .05$) pérdida de peso, que promedió 390 gramos. Las conejas que recibieron la dieta L-0 perdieron 150 gramos y aquellas con la dieta L-25 prácticamente mantuvieron su peso, perdiendo sólo 50 gramos. El consumo de alimento en el período post-parto, que incluye el consumo de la coneja y de los

Tabla 2. Pesos, cambios de peso y consumo de alimento de las conejas durante el periodo experimental.

Concepto	L-0		L-25		L-50		L-50-S	
	Media	± DE	Media	± DE	Media	± DE	Media	± DE
Pesos (kg)								
Inicial	3.36	± 0.45	3.37	± 0.26	3.09	± 0.38	3.62	± 0.29
Al parto	3.78	± 0.31	3.56	± 0.11	3.02	± 0.21(*)	3.86	± 0.15
Al destete	3.63	± 0.25	3.51	± 0.23	-----	-----	3.47	± 0.21
Cambios de Peso (kg)								
Pre-parto	0.42	± 0.32 a	0.19	± 0.08 b	-0.07	± 0.08 c	0.24	± 0.06 b
Post-parto	-0.15	± 0.10 a	-0.05	± 0.04 b	-----	-----	-0.39	± 0.18 c
Alimento consumido (kg/d)								
Pre-parto	0.29	± 0.08	0.29	± 0.11	0.30	± 0.30(*)	0.29	± 0.08
Post-parto (**)	0.78	± 0.12 a	0.49	± 0.40 b	-----	-----	0.44	± 0.09 b

(*) Peso tomado a las diez semanas de experimentación

(**) Incluye el consumo de alimento de los gazapos

a, b, c Promedios en una misma línea seguidos de distintas letras, difieren significativamente ($P < .05$)

gazapos hasta el destete, fue significativamente mayor cuando se proporcionó la dieta L-0 y no hubo diferencias en consumo entre los animales que recibieron las dietas L-25 y L-50-S. El menor consumo de las dietas con leucaena puede ser, al menos en parte, responsable de las diferencias en cambios de peso de las conejas, especialmente entre aquellas de los grupos L-0 y L-50-S, que tuvieron camadas del mismo tamaño.

Al analizar las variaciones de peso semanales de las conejas en los distintos tratamientos (Figura 1), se puede observar que durante el período preparto, la tendencia general fue hacia un ligero aumento de peso y, después del parto, hacia una pérdida de peso. Debido a que las conejas fueron empadronadas en forma secuenciada, se observa que el cambio de peso (de ganancia a pérdida) es notorio a partir de la sexta semana en las conejas del tratamiento L-50-S, y de la novena semana en aquellas en los tratamientos L-0 y L-25. Las conejas en el tratamiento L-50 no parieron y su peso mostró una declinación a partir de la octava semana, probablemente debido al efecto detrimental de mimosina.

El consumo semanal de alimento fue relativamente constante durante las primeras cinco a seis semanas de experimentación, como se puede observar en la Figura 2. A partir de la quinta semana, el consumo de alimento de las conejas que recibieron la dieta L-0 se vió aumentando, lo que se atribuye al aumento en los requerimientos nutricionales debido a la gestación y que se relaciona estrechamente con el aumento de peso vivo. En el caso de las conejas que recibieron las dietas L-25 y L-50-S, el aumento en el consumo se evidenció a partir de la sexta semana, pero fue menor que el observado en los animales alimentados con la dieta testigo. Estas diferencias pueden atribuirse a algunas características intrínsecas de las dietas, siendo su aceptabilidad relativa una de las posibles causas.

Tangendjaja *et al.* (1990), en un experimento realizado con conejos, encontraron que todos los animales que recibie-

ron dietas que contenían leucaena exhibían un crecimiento significativamente menor que aquellos que consumieron la dieta sin leucaena pero, en todos los casos, se observó un crecimiento neto. Estos resultados contrastan con los obtenidos en experimentos anteriores con otras especies, en los cuales se encontró un efecto detrimental, tanto en el crecimiento como en el consumo de alimento, cuando se proporcionaron dietas que contenían harina de hojas de leucaena a pollos (Tangendjaja y Lowry, 1985) y a patos (Tangendjaja, 1985).

A pesar de que en la mayoría de las investigaciones que se han realizado con leucaena se reporta algún signo de toxicidad causada por mimosina, tales como alopecia y cataratas (Hegarty *et al.*, 1964; Matsumoto *et al.*, 1951) o alta mortalidad (Tangendjaja, 1985), en este experimento no se observaron tales signos. En los experimentos en que no se han detectado signos visibles de la toxicidad, se ha especulado (Tangendjaja *et al.*, 1990) que gran parte (hasta 80 %) de la mimosina es convertida a DHP por acción de los microorganismos presentes en el tracto digestivo y una parte es excretada vía heces. La fracción que se absorbe es excretada vía orina y la limitada información existente indica que no hay conversión de mimosina a DHP en los tejidos de aves (Springhall, 1965).

Como el conejo tiene una microflora intestinal mucho más abundante que las aves, se esperaba que la mayor parte de la mimosina de la dieta fuera convertida a DHP, tal como lo señalaron Tangendjaja *et al.* (1990), y que los signos de toxicidad fueran aquellos atribuibles a DHP, como bocio y otros problemas de la glándula tiroidea, y no los relacionados directamente con mimosina, como alopecia y cataratas. Es decir, no habría manifestaciones externas de la toxicidad.

En el experimento realizado por Tangendjaja *et al.* (1990), se proporcionó a conejos dietas que contenían 40 o 60 % de leucaena baja en mimosina. No observaron efectos sobre la función de la glándula tiroidea pero notaron una relación inversa

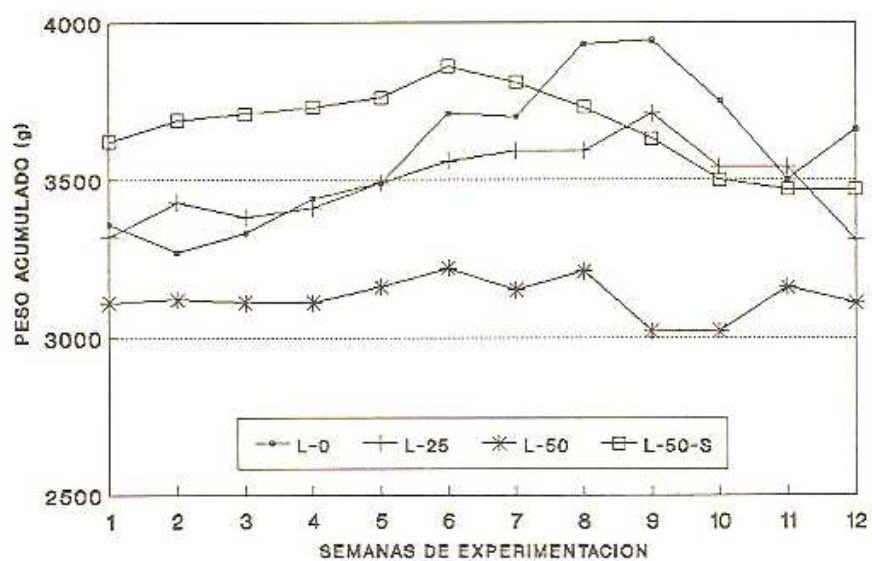


Figura 1. Cambios de peso de las conejas durante el transcurso del experimento, según tratamientos.

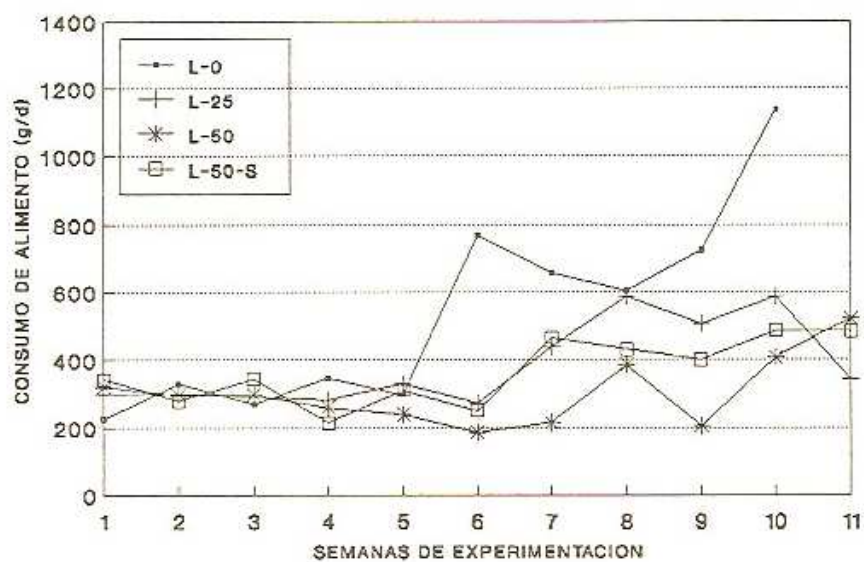


Figura 2. Consumo promedio de alimento por las conejas durante el transcurso del experimento, según tratamientos.

entre el nivel de leucaena en la dieta y el consumo de alimento. Este efecto lo atribuyeron al DHP, ya que en experimentos anteriores (Tagendjaja y Lowry, 1983; Jones y Lowry, 1984) se había demostrado este efecto en aves y en cabras. Además, paralelo a la disminución en el consumo de alimento se observa una disminución en las ganancias de peso y, como esta última es de mayor magnitud, también se afecta negativamente la eficiencia de utilización del alimento.

Jones y Hegarty (1984), en un experimento realizado con rumiantes alimentados con dietas que contenían 67 y 100 % de harina de hojas de leucaena, concluyeron que la disminución en el consumo de alimento está relacionado con un bajo nivel de tiroxina en la sangre. Al suplementar la dieta de 100 % de harina de hojas de leucaena con tirosina, observaron una mejoría en el consumo de alimento y un aumento en los niveles de tiroxina y de triyodotirosina en la sangre. Debido a que el DHP es un potente agente bociogénico sugirieron que, en este experimento, el nivel de DHP circulante debió haber sido bajo.

En un experimento anterior (Hegarty *et al.*, 1976) se había demostrado que la inclusión de mimosina en las dietas de ratas causaba una disminución en la incorporación de yodo por la glándula tiroides, efecto que se debió más al DHP que a la mimosina *per se*. Encontraron que el DHP inducía bocio en ratones, aunque éstos fueran alimentados con dietas altas en yodo, y que el menor nivel de tiroxina era responsable de la disminución en el metabolismo basal y, en consecuencia, en el consumo de alimento y en las ganancias de peso.

Otro posible factor que pudo afectar los cambios de peso de los animales es la disponibilidad de la proteína en las dietas ofrecidas. Chel y Castellanos (1984) indicaron que la digestibilidad de la proteína de la leucaena es relativamente baja y, por lo tanto, el nivel de proteína digerible de las dietas que contienen leucaena es inversamente proporcional al nivel de inclusión. Indicaron, además, que el efecto de la baja

digestibilidad de la proteína de la leucaena se nota cuando la leucaena constituye más del 15 % de la materia seca total y que se debe a que más del 30 % de la proteína de la leucaena está asociada a la pared celular y que no es disponible para animales no rumiantes.

Cheeke y Telek (1980) demostraron que los concentrados de proteínas obtenidos de leucaena son de baja digestibilidad para no rumiantes (ratas), lo cual fue atribuido a que la proteína se encuentra formando complejos con taninos condensados, los cuales no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas. Además, indicaron que cualquier tratamiento térmico, como deshidratación artificial, incrementa la formación de estos complejos, reduciendo aún más la digestibilidad de la proteína. Las hojas frescas de leucaena tienen un menor contenido de taninos condensados, lo que reduce la posibilidad de formación de los complejos mencionados y aumenta la disponibilidad de la proteína.

El contenido de mimosina de *Leucaena leucocephala* está directamente relacionado con el contenido de proteína total y, generalmente, las hojas más tiernas contienen una mayor cantidad de proteína (y de mimosina) que las hojas más viejas o maduras (Saunders *et al.*, 1987; González *et al.*, 1967). Este fenómeno puede explicar la variación que existe en la literatura en relación a los efectos negativos de la leucaena o de la mimosina, cuando se incluye en dietas para animales.

Entre las conejas que fueron sacrificadas a los siete días después del empadronamiento, se encontraron diferencias significativas en el número de cuerpos lúteos presentes en los ovarios (Tabla 3), siendo mayor en las conejas que consumieron la dieta L-50. La variabilidad en el número de cuerpos lúteos observada dentro de tratamientos fue alta, especialmente entre las conejas del grupo testigo. Se observó una baja incidencia de folículos hemorrágicos, a excepción de las conejas que recibieron la dieta L-50-S, en cuyos ovarios se encontró un mayor número de

Tabla 3. Número de cuerpos lúteos, folículos hemorrágicos e implantaciones en las conejas sacrificadas a los siete días después del apareamiento.

Concepto	L-0		L-25		L-50		L-50-S	
	Media ± DE		Media ± DE		Media ± DE		Media ± DE	
Cuerpos lúteos								
Ovario izquierdo	4.33 ± 0.57		4.00 ± 1.73		4.67 ± 0.58		4.33 ± 2.08	
Ovario derecho	4.66 ± 3.05		4.00 ± 1.00		5.67 ± 0.58		5.00 ± 1.73	
Total	8.99 ± 2.65 a		8.00 ± 1.00 a		10.34 ± 0.57 b		9.33 ± 1.85 ab	
Folículos hemorrágicos								
Ovario izquierdo	0.67 ± 1.15		0.66 ± 0.57		0.00 ± 0.00		7.66 ± 4.50	
Ovario derecho	1.00 ± 1.00		0.33 ± 0.58		0.67 ± 1.15		7.66 ± 3.51	
Total	1.67 ± 1.53 a		1.00 ± 1.00 a		0.67 ± 1.15 a		15.32 ± 2.68 b	
Implantaciones								
Cuerno izquierdo	3.67 ± 0.58		2.67 ± 3.05		4.33 ± 0.58		3.67 ± 1.52	
Cuerno derecho	4.33 ± 2.52		2.67 ± 1.15		5.00 ± 1.00		3.67 ± 1.15	
Total	8.00 ± 2.00 a		5.34 ± 2.31 b		9.33 ± 0.58 a		7.34 ± 0.98 a	
Peso de los ovarios (g)	1.03 ± 0.40 a		1.66 ± 0.03 b		1.36 ± 0.68 b		0.84 ± 0.26 a	

a, b Promedios en una misma línea seguidos de distintas letras, difieren significativamente ($P < .05$)

folículos hemorrágicos que de cuerpos lúteos.

Sólo las conejas que consumieron la dieta con 25 % de leucaena mostraron un número de implantaciones inferior a las del resto de los tratamientos. No hubo diferencias en el número de cuerpos lúteos presentes en los ovarios izquierdo o derecho y tampoco en el número de implantaciones en los dos cuernos uterinos. El peso de los ovarios fue significativamente mayor ($P < .05$) en las conejas que recibieron las dietas L-25 y L-50 que en aquellas que se alimentaron con la dieta testigo (L-0) o con la dieta que contenía sulfato ferroso adicional (L-50-S).

A los catorce días después del apareamiento (Tabla 4), las tendencias fueron similares a las encontradas a los siete días. No hubo diferencias en el número de cuerpos lúteos presentes ni en el número de implantaciones, aunque se observó una tendencia hacia la disminución en el número de cuerpos lúteos e implantaciones al incrementar la leucaena en la dieta de 25 a 50 %, independientemente de la adición de sulfato ferroso. Nuevamente, hubo una mayor incidencia de folículos hemorrágicos y un menor peso de los ovarios en las conejas alimentadas con la dieta L-50-S. A diferencia de lo observado a los siete días, en este caso se encontró que las conejas que recibieron la dieta L-25 presentaron un número mayor de cuerpos lúteos en el ovario izquierdo que en el derecho y, en aquellas que se alimentaron con la dieta L-50, se observó lo contrario.

El examen visual de los embriones presentes en los tractos de las conejas sacrificadas reveló que en las conejas que se alimentaron con la dieta sin leucaena (L-0) o con la dieta L-50-S, el contenido de los úteros era de un color rosado pálido, el fluido que rodeaba a los embriones era transparente y los embriones se presentaban normales, tanto a los 7 como a los 14 días de gestación. En las conejas que recibieron las dietas L-25 y L-50, los embriones eran de color más oscuro, el fluido que los rodeaba era opaco y presentaba un

color rojizo, como si hubiera extravasación de componentes sanguíneos y se observaron signos de reabsorción fetal, especialmente a los 14 días de gestación.

Desafortunadamente, no se encontraron informes en la literatura que hicieran mención acerca de los efectos de la mimosina o del DHP sobre la función ovárica, fertilización o sobre la implantación, con los cuales se podrían haber comparado estos resultados obtenidos. En consecuencia, sólo es posible inferir (o postular) que la inclusión de leucaena alta en mimosina a la dieta de conejas aparentemente no afecta el proceso de ovulación, fertilización ni la implantación.

Ninguna de las conejas que fueron alimentadas con la dieta con 50 % de leucaena y sin sulfato ferroso pudieron terminar la gestación, a pesar de que fueron reapareadas al no tener éxito el primer apareamiento. En el resto de los tratamientos, las conejas que se alimentaron con la ración sin leucaena y aquellas que recibieron la dieta L-50-S, exhibieron un 100 % de parición, mientras que entre las conejas alimentadas con la dieta L-25, el porcentaje de parición fue de sólo 33 % (Tabla 5).

Entre las conejas que recibieron la dieta L-50 y que debían llegar a término de su gestación, hubo una que a los 21 días de gestación comenzó a morderse y a lastimarse el área de la papada y pecho y hubo necesidad de sacrificarla. Al hacer el examen post-mortem, se verificó que tenía cuatro implantaciones, pero que los fetos estaban momificados.

El tamaño de la camada fue similar entre las conejas alimentadas con las dietas L-0 y L-50-S, que promediaron 7.3 gazapos. Sin embargo, las conejas que recibieron la dieta L-25 parieron sólo 2 gazapos. El peso de los gazapos al nacimiento fue menor ($P < .05$) cuando las conejas recibieron la dieta L-25, comparado con los pesos al nacimiento de los gazapos provenientes de conejas que se alimentaron con la dieta sin leucaena. No hubo diferencias ($P > .05$) en peso de los gazapos al nacimiento entre los grupos L-0 y L-50-S ni entre los gaza-

Tabla 4. Número de cuerpos lúteos, folículos hemorrágicos e implantaciones en las conejas sacrificadas a los catorce días después del apareamiento.

Concepto	L-0		L-25		L-50		L-50-S	
	Media ± DE		Media ± DE		Media + DE		Media ± DE	
Cuerpos lúteos								
Ovario izquierdo	4.67 ± 1.53		6.00 ± 2.64		2.33 ± 1.15		4.66 ± 2.51	
Ovario derecho	4.00 ± 1.00		2.33 ± 2.30		5.00 ± 1.73		3.66 ± 2.31	
Total	8.67 ± 1.15		8.33 ± 0.58		7.33 ± 1.52		7.32 ± 1.87	
Folículos hemorrágicos								
Ovario izquierdo	1.33 ± 1.15		0.67 ± 1.15		0.00 ± 0.00		5.67 ± 9.81	
Ovario derecho	1.00 ± 1.00		0.67 ± 1.15		0.00 ± 0.00		5.00 ± 7.81	
Total	2.33 ± 0.58 a		1.33 ± 2.31 a		0.00 ± 0.00 b		10.67 ± 4.69 c	
Implantaciones								
Cuerno izquierdo	4.00 ± 1.00		5.67 ± 2.51		2.00 ± 1.00		3.33 ± 1.15	
Cuerno derecho	3.67 ± 1.15		2.33 ± 2.31		4.33 ± 1.52		3.00 ± 1.73	
Total	7.67 ± 0.58		8.00 ± 1.00		6.33 ± 1.15		6.33 ± 1.23	
Peso de los ovarios (g)	1.18 ± 0.67 a		1.12 ± 0.52 a		1.01 ± 0.27 a		0.93 ± 0.23 b	

a, b, c Promedios en una misma línea seguidos de distintas letras, difieren significativamente ($P < .05$)

Tabla 5. Promedios de parición, destete y crecimiento pre-destete de los gazapos, según tratamientos.

Concepto	L-0	L-25	L-50-S
Pariciones (%)	100.00 a	33.33 b	100.00 a
Tamaño de la camada (No.)	7.30 a	2.00 b	7.33 a
Peso al nacimiento (g)	68.10 a	59.21 b	66.70 ab
Gazapos destetados (No.)	7.05 a	1.75 b	7.00 a
Destetes (%)	96.58 a	87.50 b	95.00 a
Peso al destete (g)	770.06 a	460.42 b	561.57 c
Ganancia de peso (g/d)	20.06 a	11.46 b	14.14 c

a, b, c Promedios en una misma línea seguidos de letras distintas, difieren significativamente ($P < .05$)

pos de los grupos L-25 y L-50-S.

La mortalidad pre-destete fue relativamente baja y el porcentaje de destetes fue 96.58 y 95.00 %, para los animales de los tratamientos L-0 y L-50-S, respectivamente. Con la dieta L-25, el porcentaje de destetes fue significativamente menor ($P < .05$), alcanzando la cifra de 87.5 %. Hubo diferencias significativas en el peso al destete de los gazapos siendo mayor para los animales que recibieron la dieta testigo (770 g), seguidos por aquellos que se alimentaron con la dieta L-50-S (561 g) y, finalmente, los animales que consumieron la dieta L-25 (460 g). La ganancia promedio diaria de peso de los gazapos entre el nacimiento y el destete fue de 20, 11.4 y 14.1 g/d para L-0, L-25 y L-50-S, respectivamente.

A pesar de las diferencias significativas en la magnitud de la tasa de crecimiento entre los gazapos de los distintos tratamientos, el crecimiento en sí fue relativamente uniforme (Figura 3), por lo que se puede inferir que es un reflejo del menor consumo de alimento, de una menor producción de leche de las conejas o de un efecto directo de la leucaena en las dietas.

En otros estudios en los que se ha cuantificado el crecimiento de conejos alimentados con leucaena (Ekpenyong,

1985), se observó que al proporcionar leucaena *ad libitum*, los conejos experimentaban una pérdida de peso y una alta mortalidad. Al restringir la leucaena a sólo dos días a la semana, la mortalidad cesó, pero los conejos se mostraban somnolientos y las ganancias de peso fueron mínimas o inexistentes. Con el tiempo, los conejos mostraron pérdida de pelo alrededor del cuello y patas traseras, semejante a los signos de toxicidad de mimosina reportados por Jones (1979), lo que confirma que los efectos tóxicos son acumulativos.

En ovinos (Bindon y Lamond, 1966) se demostró que si se proporcionaba leucaena *ad libitum* a ovejas preñadas (dos a tres meses de gestación), las crías de éstas nacían de menor peso y había una mayor incidencia de mortalidad predestete. Tanto las ovejas como las crías sobrevivientes exhibieron una menor ganancia de peso al ser alimentadas con leucaena, en comparación a las ganancias de peso exhibidas por ovejas y sus crías alimentadas con alfalfa. Estos efectos pueden ser directos, por la toxicidad de mimosina, o indirectos debido a la disminución en el consumo y, probablemente, menor producción de leche de las ovejas.

Semenye (1989) realizó una investigación de larga duración con caprinos que

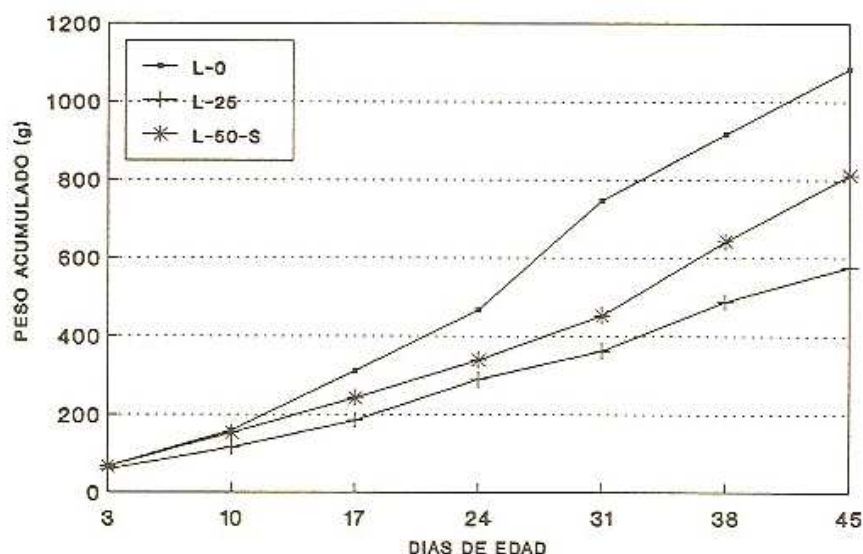


Figura 3. Peso acumulado de los gazapos desde el nacimiento hasta el destete, según tratamientos.

pastorearon leucaena o praderas de gramíneas. Postuló inicialmente que si se exponían los animales a la mimosina desde temprana edad, en el rumen aparecerían microorganismos que la degradarían. Esta hipótesis fue descartada posteriormente, aunque en la actualidad se ha encontrado y reproducido el microorganismo que lo hace en bovinos (Hammond, comunicación personal).

En el transcurso de la investigación (Semenye, 1989) se observó que no hubo diferencias en crecimiento entre los grupos de caprinos que pastorearon leucaena o gramíneas hasta los siete meses de edad. De ahí en adelante, los caprinos que pastorearon exclusivamente gramíneas mostraron mejores ganancias de peso que aquellos que tuvieron acceso a leucaena. Además, a partir de los ocho meses de edad, se empezaron a observar signos de toxicidad que se manifestaron como falta de energía, cuerpos arqueados y áreas alopécicas en la piel.

La mortalidad entre los animales que pastorearon leucaena fue total, aunque no todos los animales murieron al mismo tiempo (10, 11, 14 y 17 meses de edad). En la necropsia, se observaron lesiones en el esófago y en el retículo-rumen, además de congestión pulmonar. No hubo evidencia de hipertiroidismo a pesar de que se ha reportado que la mimosina actúa como un antimetabolito de la tirosina, debido a su semejanza estructural (Lin *et al.*, 1964), afectando la síntesis de tiroxina. La disminución en la cantidad de tiroxina circulante puede ser la responsable de la menor síntesis de proteína y, en consecuencia, de la disminución en la tasa de crecimiento (Meulen *et al.*, 1979). Además, la tiroxina parece ser esencial para el crecimiento de la lana y del pelo (Venkat, 1989) y, por esta razón, uno de los signos de toxicidad de mimosina es una alopecia.

D'Mello y Thomas (1978) indicaron que niveles de inclusión de harina de hojas

de leucaena, tan bajos como 5 %, afectan negativamente el consumo de alimento y el crecimiento de pollos, y que estos efectos son más pronunciados al aumentar el nivel de inclusión de leucaena a 10 o 15 %. Anteriormente, Labadan (1969) había observado una disminución en el crecimiento de pollos alimentados con dietas que contenían 10, 20 o 40 % de harina de hojas de leucaena y que la magnitud de la disminución estaba directamente relacionada al nivel de leucaena en la dieta. Sin embargo, al adicionar 0.15 o 0.30 % de sulfato ferroso a las dietas con leucaena, hubo una significativa mejoría en el crecimiento y en la eficiencia de utilización del alimento. Estos resultados contrastan con las observaciones de Ross y Springhall (1963), quienes habían informado que la adición de sulfato ferroso a las dietas que contenían 10 o 20 % de leucaena no fueron capaces de evitar el efecto depresivo de la leucaena sobre el crecimiento de los pollos. Los autores sugirieron que las sales de fósforo, que normalmente se incluyen en las dietas para pollos, pudieron interferir con la formación del complejo mimosina-hierro, posiblemente debido a la formación de un fosfato de hierro, que es insoluble.

Los resultados de este experimento indican que la adición de sulfato ferroso, a razón del 0.60 % de la materia seca total, fue efectivo para evitar los trastornos reproductivos, pero sólo medianamente efectivo para evitar la depresión en el crecimiento de los gazapos. En un experimento realizado por Meulen *et al.* (1979), los efectos negativos de la inclusión de leucaena en la dieta de ratas fue parcialmente disminuído por la adición de sulfato ferroso a razón de 1 a 2 % de la materia seca. Es probable que el nivel efectivo de sulfato ferroso adicional dependa de la cantidad de mimosina libre en la leucaena, de la presencia de otros agentes secuestradores en la dieta (oxalatos, citratos, sulfatos, fosfatos, etc), de la susceptibilidad de las distintas especies a la toxicidad y del tiempo de exposición a la mimosina, entre otros factores.

En la investigación de Meulen *et al.* (1979) se encontraron diferencias en la estabilidad de los quelatos formados por mimosina y diferentes cationes. El quelato de mayor estabilidad se formó con hierro, seguido por aluminio, cobre, plomo, calcio y, finalmente, magnesio. El quelato entre mimosina y el ión ferroso fue inestable y los autores indican que la efectividad del sulfato ferroso para contrarrestar la toxicidad de mimosina se debe a la oxidación de los iones ferrosos a férricos y a la formación de un complejo estable con este último.

Literatura Citada

- Alayón, Angel. 1990. Evaluación Nutricional de *Leucaena leucocephala* (LAM) de Wit, en la Dieta del Conejo. Tesis de Maestría en Ciencias. Departamento de Industria Pecuaria, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez. 53 p.
- Bindon, B. M. and D. R. Lamond. 1966. Examination of tropical legumes for deleterious effect on animal reproduction. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 6:109
- Cheeke, P.R. and L. Telek. 1980. Nutritional evaluation of rats fed liquid protein concentrates from Leucaena. Leucaena Newsletter 1:45.
- Chel, L. y A. Castellanos. 1984. El valor nutritivo de la harina de hojas de leucaena en dietas para ratas. Prod. Anim. Trop. 9:307
- D'Mello, J.P.F. and D. Thomas. 1978. The nutritive value of dried Leucaena leaf meal from Malawi: studies with young chicks. Trop. Agric. (Trinidad) 55:45
- Ekpenyong, T. E. 1985. Toxic effect of feeding leucaena leaves to growing rabbits. Nutr. Rep. Internat. 31:345
- González, V., J.L. Brewbaker and D.E. Hamill. 1967. Leucaena cytogenetics in relation to the breeding of low mimosine lines. Crop. Sci. 7:140
- Harris, D.J., P.R. Cheeke, N.M. Patton and J.L.

- Brewbaker. 1981. A note on the digestibility of *Leucaena* leaf meal in rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.* 4:99
- Hegarty, M.P., R.D. Court and G.S. Christie. 1976. Mimosine in *Leucaena leucocephala* is metabolised to a goitrogen in ruminants. *Aust. Vet. J.* 52:490.
- Hegarty, M.P., P.G. Schinkel and R.D. Court. 1964. Reaction of sheep to the consumption of *Leucaena glauca* Benth, and to its toxic principle mimosine. *Aust. J. Agr. Res.* 15:153
- Jones, R.J. 1979. The value of *Leucaena leucocephala* as a feed for ruminants in the tropics. *World Anim. Rev.* 31:13
- Jones, R.J. and J.B. Lowry. 1984. Australian goats detoxify the goitrogen 3-hydroxy-4-(OH) pyridone after rumen infusion from Indonesian goats. *Experientia* 40:1435
- Labadan, M.M. 1969. The effects of various treatments and additives on the feeding value of ipil-ipil leaf meal in poultry. *Philippine Agriculturalist* 53:392
- Lin, K.T. and T.C. Tung. 1964. Biochemical study of mimosine. I. Effect of amino acids on the growth inhibition of rats caused by mimosine. *J. Formosan Med.* 63:278
- Matsumoto, H., E.G. Smith and G.D. Sherman. 1951. The effect of elevated temperatures on the mimosine content and toxicity of *Leucaena glauca*. *Arch. Biochem. Biophys.* 33:201
- Meulen, U ter, S. Struck, E. Schulke and E.A. El Harith. 1979. Revisión sobre el valor nutritivo y aspectos tóxicos de la *Leucaena leucocephala*. *Prod. Anim. Trop.* 4:112
- Pound, B. and L. Martínez. 1983. *Leucaena: Its Cultivation and Uses*. Overseas Development Administration. Edit. Corripio, Santo Domingo, Dominican Republic.
- Ross, E. and J.A. Springhall. 1963. Evaluation of ferrous sulphate as a detoxifying agent for mimosine in *Leucaena glauca* rations for chickens. *Aust. Vet. J.* 39:394
- Saunders, J.A., A.J. Oakes and W.J. Wiser. 1987. The relationship of mimosine and protein in *Leucaena leucocephala*. *Leucaena Res. Rep.*
- Semenye, P.P. 1989. Toxicity response of goats fed on *Leucaena leucocephala* forage only. *Small Rum. Res.* 3:617
- Springhall, J.A. 1965. Tolerance and excretion of mimosine in the fowl. *Nature (London)* 207:552
- Steel, R. and J.H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. McGraw Hill Book Company, New York, N.Y.
- Tangendjaja, B. 1985. Effect of warm water treatment on the toxicities of *Leucaena* for ducks. *Proc. Seminar Peternakan dan Forum Peternak Unggas dan Aneka Ternak Puslitbangnak*. Bogor, Indonesia p 92-96.
- Tangendjaja, B. and J.B. Lowry. 1983. Toxicity of mimosine metabolite DHP. Project for Animal Research and Development. 1983 Research Report. Bogor, Indonesia. p 57-58.
- Tangendjaja, B. and J.B. Lowry. 1985. *Leucaena* in animal and human nutrition in Indonesia. In: *Shrub Legume Research in Indonesia and Australia*. ACIAR Proceedings No. 3. Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra, Australia. p 28-32.
- Tangendjaja, B., Y.C. Rahardjo and J.B. Lowry. 1990. *Leucaena* leaf meal in the diet of growing rabbits: Evaluation and effect of a low mimosine treatment. *Anim. Feed Sci. Tech.* 29:63
- Venkat, M. 1989. The problem of mimosine in *Subadul* feeding. *Livestock Adviser* 14:44