

USO DEL FORRAJE DE MAÍZ (*ZEA MAYS*) HIDROPÓNICO EN LA ALIMENTACIÓN DE TORETES MESTIZOS

Freddy Espinoza, Patricia Argenti¹, Giovanni Urdaneta, César Araque, Armando Fuentes¹, José Palma¹ y Carlos Bello. 2004. *Zootecnia Trop.*, 22(4):303-315.

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Producción Animal. Apartado 4653, Maracay, estado Aragua, Venezuela.

Servicios Integrados Paraíso, Caracas, Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Centro de Investigaciones Agrícolas del estado Lara, El Cují, estado Lara, Venezuela.

Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos (UNERG), San Juan de los Morros Edo. Guárico.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Forraje hidropónico](#)

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el valor nutritivo y cambio de peso en bovinos con el uso de forraje de maíz hidropónico (FMH), se llevó a cabo un experimento en el campo experimental ubicado en Maracay, estado Aragua, Venezuela a 463 msnm. (10°17'N y 67°37'O). La precipitación promedio de la zona es de 1.013 mm con temperatura media de 25°C. Los suelos son de textura franca con contenidos medios de fósforo (12 a 14 ppm) y pH 8,5. Se utilizaron diez toretes mestizos de la raza Holstein x Brahman, separados en corrales diferentes (cinco animales/corral), bajo el sistema de estabulación. Se evaluaron dos tratamientos: T1 (testigo): animales alimentados con pasto picado y T2: animales alimentados con 70% de pasto picado y 30% de FMH. Los animales fueron previamente alimentados con las dietas experimentales por un período de siete días y luego por un lapso de siete semanas consecutivas se tomaron los pesos de los animales. Las variables estudiadas fueron: valor nutritivo del pasto y el FMH, contenido de nitrógeno en sangre y semen y cambio de peso. El diseño utilizado fue un completamente al azar, donde cada animal constituyó una repetición. Los resultados de laboratorio mostraron que el valor nutritivo del FMH fue superior al pasto utilizado, donde sobresale el alto contenido proteico que presenta en las hojas y planta entera (33,5 y 19,4%, respectivamente) ($P < 0,01$). Asimismo, se observaron mayores tenores minerales en el FMH. El contenido de nitrógeno en sangre y semen de los toretes fue el mismo para ambos casos (1,3 y 0,7%, respectivamente). La ganancia de peso fue superior en los animales que consumieron pasto más FMH (1.123 g/animal/día). Se concluye que el FMH podría ser una alternativa de utilización para la alimentación de toretes en estabulación como suplemento de la dieta base.

Palabras clave: forraje hidropónico, valor nutritivo, semen, cambio de peso.

INTRODUCCIÓN

La situación actual que vive el país ha hecho que los productores de ganado hayan tenido que realizar ciertos cambios en el suministro de productos alimenticios a sus rebaños, reduciendo en primer lugar el uso de los alimentos concentrados. Esto, debido a la limitación de adquirir materias primas necesarias para la elaboración de los alimentos balanceados, además de la prohibición nacional e internacional de la utilización de subproductos proteicos de origen animal, como consecuencia de la reciente aparición de la enfermedad de las vacas locas (Encefalopatía Espongiforme Bovina) en Canadá, Estados Unidos y Europa.

Por ello, es necesaria la búsqueda de alternativas proteicas de origen vegetal que ayuden a solventar la deficiencia de este importante componente para la nutrición animal. En este sentido, el forraje de maíz hidropónico (FMH) podría constituir una vía alterna para suplir proteína en las raciones o dietas de los animales, tanto en rumiantes (bovinos, ovinos, caprinos, búfalos), como en no rumiantes (aves, cerdos, conejos, equinos). No obstante, a pesar que no es una tecnología reciente a nivel mundial, si lo es para Venezuela, ya que el uso de la hidroponía ha sido estudiado solamente para la obtención de productos alimenticios para consumo humano.

La hidroponía es una palabra compuesta que proviene del griego y se deriva de Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo), lo que significa trabajo en agua. Es una ciencia que estudia los cultivos sin tierra. No obstante, existen otros métodos donde se emplea sustratos como la grava, arena, aserrín, cascarilla de arroz, entre otros, a los cuales se les añade una solución nutritiva esencial para el crecimiento de las plántulas (Estrada y Romero, 2003). De allí, que los autores anteriores consideran que la hidroponía es el cultivo de plantas en un medio acuoso recibiendo los nutrientes minerales necesarios para crecer de sales disueltas en el agua de riego.

El uso de esta tecnología en la producción de forraje hidropónico tiene su importancia en la gran flexibilidad del sistema, ya que puede ser aplicado en muy variadas condiciones (Glosam, 2003; Estrada y Romero, 2003; Howard, 1982), con las siguientes ventajas:

- ◆ Producción en cualquier época del año y en cualquier lugar del país, por lo que no depende de los fenómenos meteorológicos.
- ◆ Alimento ecológico, es decir, sin uso de herbicidas o plaguicidas, por lo cual es un ahorro de estos insumos.
- ◆ Alta producción de forraje en reducidos espacios con bajo costo de infraestructura.
- ◆ Alimento de alto contenido nutricional de manera uniforme.
- ◆ Mínimo recurso humano y eliminación del uso de maquinarias.
- ◆ Consumo de agua menor a 500 lts/día.
- ◆ Rápida recuperación de la inversión.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el valor nutritivo del forraje de maíz (*Zea mays*) hidropónico y su efecto en la ganancia de peso en toretes mestizos lecheros Holstein x Brahman; así como también determinar el contenido de nitrógeno en sangre y semen.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Unidad Experimental de Bovinos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Ceniap), ubicado en Maracay, estado Aragua a 423 msnm, 10°17'N de latitud y 67°37'O de longitud, durante ocho semanas del período lluvioso del año 2003 (agosto – octubre). La precipitación promedio anual en la zona es de 1.012,6 mm y temperatura media de 25,1°C. Los suelos en general son de textura franco a franco-arenosa, pH de 8,5 con altos contenidos de calcio, medios en fósforo y bajo en potasio.

Se utilizaron 10 toretes pertenecientes al cruce 5/8 Holstein x Brahman con un peso inicial promedio de 384 ± 32 kg, los cuales fueron separados en dos grupos de cinco cada uno en corrales diferentes, los cuales correspondieron a los tratamientos a evaluar:

T1 (Testigo): animales alimentados con pasto.

T2: animales alimentados con 70% de pasto y 30% de FMH.

Los animales fueron alimentados en corrales de 10 x 6 m (60 m²) con pasto compuesto por las especies: pasto elefante (*Pennisetum purpureum*, cv Napier), guinea (*Panicum maximum*), yaraguá (*Hypparrhenia rufa*), barrera (*Urochloa decumbens*), sabanero (*Andropogon gayanus*) y marandú (*Urochloa brizantha*), además de la presencia de leguminosas nativas como el bejuquillo (*Centrosema pubescens* y *Centrosema macrocarpum*), añil dulce (*Indigofera hirsuta*) y trébol de sabana (*Alysicarpus vaginalis*). Esta composición es debido a que los animales de la Unidad se encuentran bajo el sistema de estabulación y son alimentados por los diferentes lotes de pasto establecidos en el área. A estos animales se les suministró una ración en base al equivalente del 14% del peso vivo de cada animal con la finalidad de mantener alimento constante durante las 24 horas.

Los animales fueron previamente desparasitados y se les suministró agua *ad libitum*. No obstante, durante las semanas dos y cinco por desperfecto de la bomba, el consumo de agua fue restringido.

Antes del inicio del experimento a los animales del tratamiento dos se les suministró el forraje de maíz hidropónico y pasto por una semana como dieta de acostumbamiento, después de la cual se comenzó con las toma de las muestras.

Las variables evaluadas fueron: valor nutritivo del pasto y el FMH, consumo y utilización, tanto del pasto como del FMH, contenido de nitrógeno en sangre y semen, ganancia diaria de peso semanal y final.

En cuanto al valor nutritivo, se tomaron al azar tres muestras del pasto y FMH semanal (seis en total/semana) a fin de determinar la composición bromatológica (extracto etéreo, proteína cruda y materia seca) mediante análisis proximal (AOAC, 1980); contenido estructural (FND y FAD) a través de la metodología de Van Soest y Wine (1967) y el contenido de minerales por colorimetría (Fiske y Subarrow, 1925) y espectrofotometría de absorción atómica. Para ello, el FMH fue separado en dos fracciones: el follaje del maíz germinado y la raíz o substrato de dicho maíz.

A fin de obtener el número de plantas por bandeja y su contenido de materia seca (peso seco/peso fresco x 100), se tomaron 15 bandejas al azar, y en cada una de ellas se tomaron tres submuestras de 20 x 20 cm. (400 cm²), las cuales fueron enviadas a estufa a una temperatura de 60°C hasta obtener peso constante.

Los animales fueron sometidos a extracción de sangre por sangrado yugular y extracción de semen, éste último mediante el método de la electro-eyaculación (Ávila *et al.*, 1984), para la determinación del contenido de nitrógeno en sangre y semen.

Para la determinación de la ganancia diaria de peso (GDP), los animales fueron pesados cada ocho días a una misma hora (8 AM) a fin de monitorear el comportamiento de los animales, así como también observar el peso final por animal y lote.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, donde cada animal representó una réplica (cinco repeticiones/tratamiento). Las medias fueron comparadas a través de la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VALOR NUTRITIVO

En el Cuadro 1 se muestra la composición bromatológica y estructural de tanto del pasto suministrado a los animales y de las diferentes partes del forraje de maíz hidropónico. Se observa que el contenido de proteína cruda fue de 33,5; 13,8; 19,4 y 8,2% para el follaje, la raíz o substrato, planta entera del FMH y del pasto, respectivamente. El pasto suministrado superó el mínimo necesario (7%) para cubrir las necesidades ruminales de los animales (NAP, 1985), por lo que existió un mayor aporte proteico cuando los animales fueron alimentados con FMH.

El rendimiento promedio de la planta entera (follaje y raíz) obtenido por bandeja de 0,5 m² (1 x 0,5 m) cada nueve días fue de 936,5 g MS con una densidad de plantas de 2.462 plantas/bandeja; lo cual equivale a un rendimiento de 18.730 kg MS/ha/día con 49.240.000 plantas/ha, valores éstos imposibles de comparar entre especies forrajeras por los diferentes sistemas de uso de la tierra. Al relacionar éstos últimos valores con los porcentajes de proteína cruda obtenidos en el laboratorio para la planta entera (Cuadro 1), se estarían produciendo por cada bandeja 205,8 g PC/bandeja cada 9 días (11,96 g PC/planta); así, para un área de 100 m² con capacidad para la obtención de 50 bandejas/día se producen 3.756 kg PC/año (equivalente a 375,6 t PC/ha/año). Estos valores tan elevados son debido a que la producción de FMH se realiza en áreas reducidas y se puede aprovechar eficientemente el espacio disponible, por lo que su producción se basa principalmente en volumen mas que superficie.

Cuadro 1. Composición bromatológica y estructural del pasto suministrado y las diferentes partes del forraje de maíz hidropónico.

Parámetro	Parte de la planta		Planta entera (FMH)	Pasto
	Follaje	Raíz		
Extracto Etéreo (%)†	7,39 a	3,73 c	5,00 b	1,87 d
Proteína cruda (%)	33,54 a	13,76 c	19,44 b	8,20 d
Materia Seca (%)	7,72 c	15,50 b	14,43 b	25,32 a
Fibra Ácido Detergente, (%)	29,06 b	14,62 d	20,94 c	46,96 a
Fibra Neutro Detergente, (%)	52,55 b	36,71 c	41,46 c	67,36 a

† Letras distintas en una misma fila indicaron diferencias significativas (Tukey, P<0,01)

Trabajos realizados por otros autores han encontrado rendimientos de proteína cruda en *Leucaena leucocephala* de 46 y 124 g PC/planta (Espinoza, 1996; Soler, 1998, respectivamente), 131 g PC/planta en *Gliricidia sepium* (Soler, 1998) y 1900 Kg PC/ha/cosecha de tubérculos de *Pachyrhizus ahipa* en ciclos entre 4,5 y 6 meses (Grau, 1997).

El contenido de fibra ácido y neutro detergente fue mayor para el pasto suministrado con valores de 47 y 67%, respectivamente (P<0,01) (Cuadro 1), mientras que para el FMH en planta entera fue de 21 y 41% para FAD y FND, respectivamente, observándose menor contenido de éstos en el substrato o raíz del FMH (P>0,01).

Se encontró diferencia altamente significativa para el contenido de extracto etéreo, obteniendo mayor valor en el follaje del FMH (7,4%) y con un valor promedio de 5% en la planta entera.

El Cuadro 2 muestra el contenido de minerales del FMH y del pasto ofrecido. Se observa que para el caso del FMH, a excepción del calcio y el potasio en la raíz, todos los demás valores se encuentran por encima de los requerimientos minerales en los animales bovinos (Mc Dowell *et al.*, 1993), por lo que resultó ser una excelente fuente de minerales para los animales en experimentación. En lo que a la dieta base se refiere (pasto) se obtuvieron valores por debajo de los requerimientos de fósforo y cerca del nivel crítico en calcio y manganeso. En ninguno de los casos se encontraron niveles que pudieran ser tóxicos para los animales.

Cuadro 2. Contenido de macro y micronutrientes del pasto suministrado y las diferentes partes del forraje de maíz hidropónico.

Mineral	Parte de la planta del FMH		Planta entera (FMH)	Pasto
	Follaje	Raíz		
Calcio (%)†	0,32 ab	0,23 bc	0,39 ab	0,58 a
Fósforo (%)	0,80 a	0,40 c	0,57 b	0,22 d
Magnesio (%)	2,14 ab	1,24 bc	3,61 a	2,32 ab
Potasio (%)	1,59 a	0,39 b	0,74 b	1,52 a
Sodio (%)	0,20 a	0,13 b	0,17 ab	0,13 b
Hierro (ppm)	138,00 b	112,50 b	154,75 ab	221,25 a
Cobre (ppm)	45,25 a	20,75 b	26,25 b	20,50 b
Manganeso (ppm)	19,00 ab	8,25 b	12,75 b	31,50 a
Zinc (ppm)	167,00 a	136,00 a	175,25 a	55,00 b

† Letras distintas en una misma fila indicaron diferencias significativas (Tukey, $P < 0,05$).

La dieta base suministrada presentó un buen valor nutritivo, debido a la composición de especies a base de gramíneas y leguminosas señaladas previamente, posiblemente producto del buen manejo realizado a los diferentes potreros bajo corte. No obstante, el hecho de que el FMH sea una buena fuente de minerales aunado al alto contenido proteico, lo convierten en una alternativa para la alimentación de bovinos en fase de crecimiento.

CONTENIDO DE NITRÓGENO EN SANGRE Y SEMEN

No se observaron diferencias estadísticas ($P > 0,05$) en la cantidad de nitrógeno, tanto en semen como en sangre (Cuadro 3), por lo que probablemente el nitrógeno proteico producto del FMH haya sido utilizado para la formación de proteína microbiana, lo cual posiblemente permitió la multiplicación de la flora microbiana para una mayor degradabilidad del pasto suministrado. Además, es probable que parte de ella sea degradada por las enzimas de las secreciones digestivas a nivel del intestino delgado (Dearriba Concepción, 1988).

Cuadro 3. Efecto de la dieta suministrada sobre el número de espermatozoides y su vitalidad, contenido de nitrógeno en plasma sanguíneo y semen, ganancia de peso y peso del lote.

Mediciones	Pasto	Pasto + FMH
Concentración espermática (esperm./mm ³)	446.000	337.000
Concentración Total (N° espermatozoides)	1.465 x 10 ⁶	1.377 x 10 ⁶
Vitalidad del semen (%)	68	85
Nitrógeno en sangre (%)	1,3	1,3
Nitrógeno en semen (%)	0,7	0,7
Peso inicial (kg)	389 ± 37	380 ± 26
Peso final (kg)	428 ± 45	442 ± 23
Ganancia de peso (g/animal/día) †	696 ± 145 b	1.107 ± 236 a
Peso del lote (kg/toril)	195	310

† Letras distintas en una misma fila difieren estadísticamente, Tuckey ($P < 0,05$).

Se observó una tendencia a una mayor vitalidad de los espermatozoides en aquellos animales que consumieron el FMH ($P > 0,05$) a pesar de haber contabilizado una menor concentración espermática ($P > 0,05$).

GANANCIA DE PESO

No se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) dentro de cada semana de evaluación en la ganancia diaria de peso, a excepción de la última semana ($P < 0,01$), la cual fue de 1.457 g/animal/día para los animales del tratamiento dos, mientras que para el testigo fue de -679 g/animal/día. Sin embargo, la ganancia de peso final fue de 696 y 1.107 g/animal/día ($P < 0,01$) en los tratamientos a base de pasto fresco picado y pasto más 30% de forraje de maíz hidropónico, respectivamente (Cuadro 3). Los resultados con el uso de FMH son superiores a los obtenidos por otros autores con animales de raza similares (Holstein x Cebú) utilizando otras fuentes proteicas como cama de pollo (680 a 990 g/animal/día; Saddy *et al.*, 2002) y cultivo de levadura (780 g/animal/día; Combellas *et al.*, 2002); pero en animales de raza indefinida con predominancia Cebú. En otro trabajo usando también cama de pollo los resultados de peso fueron similares al presente ensayo (1.240 g/animal/día; Gerig *et al.*, 2000). No obstante, los valores obtenidos en el ensayo fueron inferiores a los encontrados por Godoy *et al.* (1993), utilizando animales de la misma raza con pesos similares en dietas a base de harina de pescado y harina de ajonjolí con el uso o no de formaldehído (1.399 a 1.543 g/animal/día). Si bien no son resultados comparables literalmente, sirven como ejemplo de calidades de fuentes alternativas de proteína.

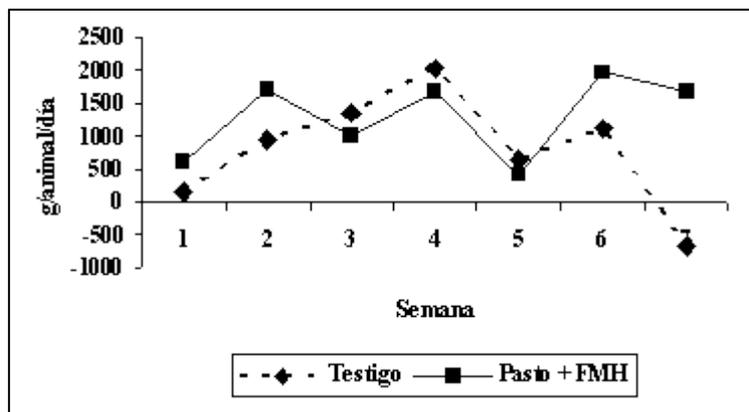


Figura 1. Cambios diarios de peso de toretes consumiendo pasto y forraje de maíz hidropónico.

En la Figura 1 se observan las mediciones de los cambios de pesos por día (g/animal/día) obtenidos en cada semana de evaluación, donde se puede apreciar que cuatro semanas los animales de T₂ obtuvieron ganancias de pesos superiores a 1,5 kg/animal/día en el tratamiento de pasto más FMH, notándose que no hubo pérdidas de peso, mientras que para el grupo testigo durante la última etapa de la evaluación presentaron pérdidas de peso superiores a los 500 g/animal/día.

Los cambios de peso que se presentaron durante la evaluación, probablemente se debieron a las diferentes especies de pastos suministrados en cada semana, al consumo de agua en aquellas semanas en la cual fue restringida, además de la competencia en el consumo entre los animales, entre otras posibles causas. No obstante, el tiempo de evaluación fue corto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ◆ Mediante el presente estudio se pudo comprobar la alta calidad nutritiva del forraje de maíz hidropónico, lo cual la convierte en una alternativa tecnológica para la alimentación animal.
- ◆ La relación entre el contenido de materia seca y el porcentaje de proteína permite inferir que con este sistema de FMH en áreas pequeñas (100 m²) se podría obtener lo equivalente a 3.756 kg PC/año.
- ◆ Se obtuvo una mayor ganancia total promedio de peso para los animales que consumieron pasto más FMH (1,1 kg/animal/día), lo que redundará en mayores beneficios económicos para el productor.
- ◆ No se encontraron respuestas a nivel del contenido de nitrógeno en sangre, por lo que es muy probable que el nitrógeno proteico producto del FMH haya sido utilizado para la síntesis de proteína bacteriana a nivel del rumen, aspecto relevante desde el punto de vista nutricional. Asimismo, no hubo respuesta en cuanto a la evaluación del semen de los animales.
- ◆ Se recomienda analizar en próximas investigaciones, análisis económicos para determinar la factibilidad real de uso.

BIBLIOGRAFIA

- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC.). 1980. Official Methods of Analysis. 13 th ed. A. O. A. C., Washington. 1018 pp.
- Ávila, A., O. Rodríguez, A. Zapièn, R. Sánchez y C. Vásquez. 1984. Influencia de la temperatura ambiental sobre la calidad del semen en tres razas de bovinos productores de carne. Técnica Pecuaria en México. Disponible online: <http://patrocipes.uson.mx/patrocipes/invpec/reproduccion/R84003.html> Consultado: 09/12/04.
- Combella J., S. Jacqueline, M. Tesorero y L. Gabaldon. 2002. Respuesta productiva de mautes a la adición de un cultivo de levaduras a una dieta de pasto, cama de pollos y afrechillo de trigo. *Zoot. Trop.*, 20(3):373-382.
- De arriba Concepción J. 1988. Fisiología y Bioquímica de la digestión en el Rumiante. Editorial Oriente, Santiago de Cuba, 83 pp
- Espinoza F. 1996. Producción, valor nutritivo y consumo de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit por ovinos en Maracay. Tesis de M. Sc. UCV-FCV, Maracay, Venezuela, 150 pp.
- Estrada F. y E. Romero. 2003. Hidroponía. Disponible online: <http://www.geocities.com/CollegePark/Dorm/7635/Hidroponia/main.html> Fecha consulta: 12/11/03.
- Fiske C. y I. Subarrow. 1925. Colorimetric determination of phosphorous. *J. Biol. Chem.*, 66:375.
- Gerig N., H. Rodríguez, J. Combella y L. Gabaldon. 2000. Influencia del nivel de cama de pollos en la ración sobre algunas características de la digestión ruminal y la ganancia de peso de toros en ceba. *Zoot. Trop.*, 18(3):323-335.
- Glosam 2003. Ventajas de la Hidroponía. Disponible online: <http://www.glosam.com/ventajas.htm> . Fecha consulta: 12/11/03.

- Godoy, S., C. Chicco y N. Obispo. 1993. Suplementación de bovinos en crecimiento y engorde con concentrados nitrogenados con y sin tratamiento de formaldehído. I. Ganancia de peso y digestibilidad. Zoot. Trop., 11(2):211-240.
- Grau A. 1997. Ahipa, La legumbre tuberosa de los Andes. Ciencia Hoy, 7(42). Disponible online: <http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy42/ahipa1.htm> [Octubre 13, 2004].
- Howard R. 1982. De cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción. Ediciones Mundo Prensa, Madrid, 120 pp.
- McDowell L., J. Conrad, F. Glen Hembry, L. Rojas, G. Valle y J. Velásquez. 1993. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. 2^{da} Ed. Universidad de Florida, Gainesville, 76 pp.
- National Academy Press. 1985. Nutrients Requirements of Sheep. 6th rev. Ed., NAP, Washington, 99 pp.
- Saddy J., J. Combellas, M. Tesorero y L. Gabaldon. 2002. Comparación de dos sistemas de alimentación con cama de pollos sobre la ganancia de peso en bovinos. Zoot. Trop., 20(1):111-120.
- Soler P. 1998. Estudio comparativo sobre la producción de leche y la utilización de dos leguminosas arbustivas tropicales. Tesis de M. Sc. Univ. Central de Venezuela. Fac. Ciencias Veterinarias, Maracay, Venezuela, 112 pp.
- Van Soest, P. y R. Wine. 1967. Uses of detergent in the analysis of fibrous forages. IV Determination of plant cell-wall constituents. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 50:50-55.

[Volver a: Forraje hidropónico](#)