

**Evaluación de la producción y la composición  
nutricional de tres tipos diferentes de forraje  
hidropónico**

**Juan Martín Gómez Burneo**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2008

ZAMORANO  
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

# **Evaluación de la producción y la composición nutricional de tres tipos diferentes de forraje hidropónico**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero  
Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Juan Martín Gómez Burneo**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2008

# **Evaluación de la producción y la composición nutricional de tres tipos diferentes de forraje hidropónico**

Presentado por:

Juan Martín Gómez Burneo

Aprobado:

---

Miguel Vélez, Ph.D.  
Asesor Principal

---

Miguel Vélez, Ph.D.  
Director de la Carrera de Ciencia y  
Producción Agropecuaria

---

Isidro A. Matamoros, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Mauricio Mercado, Ing. Agr.  
Asesor

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

---

John Jairo Hincapié, Ph.D.  
Coordinador del área temática de  
Zootecnia

## RESUMEN

Gómez, Juan M. 2008. Evaluación de la producción y la composición nutricional de tres tipos diferentes de forraje hidropónico. Proyecto especial de graduación del programa Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras.

Actualmente el costo del concentrado es alto, como alternativa se propone el forraje hidropónico de cereales o leguminosas de 8 a 12 días de germinada la semilla. El estudio evaluó la producción y el contenido de PC, FND, FAD y MS del maíz y sorgo puros o asociados con dólicos en proporciones de 64 y 36% producido en hidroponía comparando con el grano seco. La producción de MS de los forrajes de maíz fue 2.34 kg/m<sup>2</sup>, de sorgo 1.46 kg/m<sup>2</sup> y de dólicos 1.62 kg/m<sup>2</sup>, y fue menor que el peso de: maíz 2.70 kg/m<sup>2</sup>, sorgo 1.46 kg/m<sup>2</sup> y dólicos 2.67 kg/m<sup>2</sup>. El contenido de PC del forraje de maíz, sorgo y dólicos fue de 10.5, 9.8 y 25.1% respectivamente, en la semilla de maíz, sorgo y dólicos fue de 8.8, 9.7 y 21.5% respectivamente y los valores son menores que los forrajes. El FAD del maíz, sorgo y dólicos fue de 13.0, 22.23 y 21.4% respectivamente y el de la semilla de maíz, sorgo y dólicos fue 4, 6 y 13% respectivamente. La digestibilidad estimada del forraje de maíz fue 78.77%, del sorgo 71.58 y del dólicos 72.23%, en la semilla de maíz, sorgo y dólicos fue 85.78, 84.23 y 78.77% respectivamente.

**Palabras Clave:** Composición nutricional, forraje hidropónico.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros.....	v
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>8</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>9</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros		Páginas
1.	Tratamientos.....	4
2.	Contenido y producción de MS de la semilla y el forraje.....	5
3.	Contenido y producción de Proteína Cruda de la semilla y el forraje...	6
4.	Contenido de FND, FAD Y MSD de los forrajes y la semilla.....	7

## INTRODUCCIÓN

El forraje verde hidropónico (FVH) permite obtener de biomasa en cualquier época del año, donde se tengan las condiciones mínimas de humedad, temperatura y luz (Izquierdo 2002). A los 10 a 15 días después de germinada la semilla, se espera obtener un mayor porcentaje de digestibilidad y de proteína comparado con los granos secos.

Para la producción de forraje hidropónico no se necesita grandes extensiones. Se puede ensamblar un galpón de producción junto a las instalaciones donde se alimenta el ganado para ahorrar en transporte y tiempo. Para ser más eficientes en el espacio, se colocan estanterías de 6 pisos de bandejas plásticas. La densidad de siembra en maíz es de 4,400 plantas por m<sup>2</sup>, valor imposible de obtener con una especie forrajera en cualquier sistema de producción en suelo (Espinoza *et al.* 2004).

Según Jones (1997) las ventajas que tienen los cultivos hidropónicos sobre los que se siembran en el suelo son las siguientes:

- El suelo puede estar contaminado o no ser el apropiado para el desarrollo de la planta.
- Mayor aprovechamiento del espacio disponible.
- Mejor manejo de agua, con menos desperdicio y un bajo nivel de contaminación por efectos de acumulación de químicos y sales minerales en el suelo.
- En condiciones de invernadero, se puede controlar muchas variables como temperatura, humedad relativa, plagas y agua y se puede producir un alimento de alto valor nutritivo y libre de plaguicidas.

El dólícos (*Dolichos lablab L.*) es una planta herbácea anual, con un crecimiento semideterminado y con un desarrollo inicial rápido. Crece en forma de enredadera con tallos trepadores y vigorosos, parcialmente leñosos. Posee hojas trifoliadas. La semilla es de color pardo pálido con un hilo blanco sobresaliente, elíptica a ovoide de un centímetro de largo. Es una leguminosa con alto porcentaje de proteína que oscila de 19 a 21% en la semilla. (Binder, 1997)

El maíz (*Zea mays L.*) es una planta anual, robusta, con tallos que crecen entre 1.5 y 5m de altura y hojas alargadas que pueden llegar a medir 1.5m de largo (Santillán, 1997). Es un cultivo que responde en buena forma a la fertilización y al riego (Flores 1975). Tiene un alto porcentaje de germinación siempre y cuando la semilla sea de buena calidad, certificada o seleccionada. Es un excelente forraje, que puede ser ofrecido a los animales como forraje fresco, ensilaje en forma de rastrojo. La planta es rica en carbohidratos y baja en proteína. El grano de maíz comercial tiene 9.3% de proteína cruda, 84.6% de MS y 3.34 Mcal/Kg (Hazard *et al.* 2004).

El sorgo (*Sorghum bicolor L*) es una planta anual que puede alcanzar de 0.8 a 3m de altura. Esta compuesta por tallos gruesos en la base donde desarrolla raíces adventicias que les beneficia para la absorción de agua y nutrientes (Santillán 1997). Es una planta que se adapta a condiciones de estrés hídrico donde sería imposible cultivar un maíz rentable (Flores 1975). Su semilla tiene un porcentaje de proteína cruda del 7 al 11%.

Novillos cebú que consumieron 70% de pasto y 30% FVH, con porcentajes de proteína cruda de 8.2 del pasto y 19 del forraje hidropónico, consiguieron una ganancia de peso de 1.5kg/animal/día, comparado que alimentados con el mismo pasto sin FVH, que ganaron 0.679kg/animal/día (Espinoza *et al.* 2004).

Actualmente, no existen estudios que evalúen la composición nutricional del maíz, el sorgo y el dólidos sembrado como cultivos mixtos en diferentes proporciones en comparación con el grano original. El objetivo de este estudio fue determinar y comparar la cantidad de Proteína Cruda (PC), Materia Seca (MS), Fibra Neutro Detergente (FND) y Fibra Acido Detergente (FAD) de los forrajes con las de la semilla original.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el invernadero #1 del programa de investigación de frijol, de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. Para el estudio se utilizó bandejas de plástico con el piso liso de  $0.0375\text{m}^2$  en las que se sembró la semilla de maíz, sorgo y dólidos. Antes de la siembra, se desinfectó las bandejas con cloro al 5%. La semilla pasó por el mismo proceso por 1 minuto. Luego se colocó la semilla en un recipiente lleno de agua potable por 12 horas, después se la escurrió por 1 hora y se sumergió otra vez por 12 horas y se escurrió nuevamente. Se colocó una lámina de papel toalla en el fondo de la bandeja para retener mejor el agua y evitar que las raíces se sequen. Los dos primeros días se taparon con tres láminas de papel toalla para mantener la humedad óptima. Se aplicaron 250ml de agua al día, divididos en 6 riegos; en dos días la evapotranspiración fue muy alta se aplicó un riego adicional. Del día 1 al día 4 se utilizó agua potable, del 5 al 9 día se regó con agua des-ionizada con el fertilizante, en los dos días antes de la cosecha solo se aplicó agua para limpiar cualquier residuo de sales minerales que puedan afectar al animal. Al día 11 se cosechó.

Se usaron dos soluciones de fertilizantes. La solución A estaba compuesta de: N 29%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  9.3%,  $\text{K}_2\text{O}$  27.7% y Ca 34%. Para preparar la solución se utilizó agua des-ionizada a la cual se agregó Fosfato monoamónico, Nitrato de calcio y Nitrato de potasio. Se prepararon 5L de solución que se guardaron en un recipiente oscuro (Marulanda e Izquierdo 2003).

La solución B se compró ya preparada (Poliquel Multi®) esta compuesta por: S 63%, Mg 33%, Mn 0.1%, Cu 0.1%, Zn 0.25%, B 0.28%, Mo 0.05%g y Fe 3.23%. De la solución A se aplicó 5ml y de la solución B 2ml por cada litro de riego.

**Cuadro 1. Tratamientos**

Tratamiento	Maiz				Sorgo				Dolicos			
	% S/B <sup>1</sup>	% G <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup> <sup>3</sup>	P/m <sup>2</sup> <sup>4</sup>	% S/B <sup>1</sup>	% G <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup> <sup>3</sup>	P/m <sup>2</sup> <sup>4</sup>	% S/B <sup>1</sup>	% G <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup> <sup>3</sup>	P/m <sup>2</sup> <sup>4</sup>
M 100	100	97	3.1	6507								
M64 D36	64	97	1.8	4164					36	1.3	100	2813
M36 D64	36	97	1.3	2342					64	1.8	100	5000
S 100					100	2	95	13920				
S64 D36					64	1.2	95	8908	36	1.3	100	2813
S36 D64					36	0.6	95	5011	64	1.8	100	5000
D 100									100	3.1	100	7813

<sup>1</sup> % S/B= Porcentaje de semilla por bandeja.

<sup>2</sup> % G= Porcentaje de germinación

<sup>3</sup> kg/m<sup>2</sup>= Kilogramos por metro cuadrado

<sup>4</sup> P/m<sup>2</sup>= Plantas por metro cuadrado

El forraje se cosechó a los 11 días de germinada, luego se secó por 48 horas a 110°C. En el forraje se determinó el contenido de Proteína Cruda (PC), Fibra Neutro Detergente (FND) y Fibra Acido Detergente (FAD) por el método de NIRS. En los granos se utilizó el método de Kjeldahl (AOAC 1997) para obtener la PC.

Los resultados se analizaron usando un análisis de varianza con arreglo factorial 2x4 donde el factor A es el tipo de cereal (Maíz o Sorgo) y el factor B es dolicos. Cada tratamiento tuvo 4 repeticiones. La diferencia se determinó por una separación de medias con diferencia mínima significativa (P<0.05) y con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS 2007).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido de Materia Seca.

El contenido de MS de las semillas fue normal. El contenido MS de los forrajes de maíz y dólicos fue similar y lo mismo el de las mezclas de maíz y dólicos. El contenido de MS del S100 fue menor ( $P < 0.05$ ) y lo mismo la mezcla S64 D36. No así del S36 D64 que tuvo un contenido similar al del maíz y el dólicos (Cuadro 2). Estos resultados son similares a los reportados por Binder (1997) de 18-19% de MS en forrajes de dólicos y por Romero (1999) de 18% en forraje de maíz y 13% en forraje de sorgo.

### Materia Seca

La producción de Materia Seca (MS) en el forraje fue menor que la cantidad de MS en la semilla sembrada inicialmente, 13% menos en el caso del M 100 y 39.3% en el del D100, mientras que fue igual en el caso del sorgo. La menor producción del dólicos afectó igualmente la producción de las mezclas con maíz en las que disminuyó a medida que aumentó la proporción de dólicos. Por el contrario en las mezclas con sorgo aumentó, debido a la mayor cantidad de MS en la semilla de dólicos. La disminución en el caso del maíz (8.1 y 20% para M64 D36 y M36 D64, respectivamente) fue mayor que la reportada por Mpairwe *et al.* (2002) de 5%.

**Cuadro 2.** Contenido y producción de MS de la semilla y el forraje.

Tratamiento	Materia Seca		Materia Seca	
	%		kg/m <sup>2</sup>	
	Forraje	Semilla	Forraje	Semilla
M100	22.08 <sup>a</sup> ± 0.03	87	2.34 <sup>a</sup> ± 0.05	2.70
M64 D36	22.44 <sup>a</sup> ± 2.02	87	2.15 <sup>b</sup> ± 0.02	2.68
M36 D 64	21.30 <sup>a</sup> ± 1.71	86	1.87 <sup>c</sup> ± 0.05	2.69
S100	13.68 <sup>c</sup> ± 1.70	89	1.46 <sup>d</sup> ± 0.09	1.46
S64 D36	16.64 <sup>b</sup> ± 2.42	88	1.56 <sup>d</sup> ± 0.24	1.56
S36 D64	21.93 <sup>a</sup> ± 1.67	87	1.76 <sup>c</sup> ± 0.04	2.29
D 100	20.36 <sup>a</sup> ± 1.20	86	1.62 <sup>d</sup> ± 0.03	2.67

### Proteína Cruda

El contenido de Proteína Cruda (PC) en los forrajes de maíz, dólidos y sorgo fue mayor que en la semilla, no así en las mezclas donde hubo variaciones. En los tratamientos puros se obtuvo un aumento en el maíz de 16%, de 1% en el sorgo y de 14% en el dólidos. En las mezclas de maíz con dólidos el contenido de PC aumentó con el tratamiento M64 D36. En el caso de las mezclas de sorgo y dólidos solo en S64 D36 se obtuvo un mayor contenido de PC que en la semilla.

Los resultados reportados por Romero (1999) son similares a los del presente ensayo para el dólidos, pero no para el maíz y el sorgo (19.33, 15.12 y 20.39% de PC respectivamente). Sánchez (1998) encontró 14.68% para el maíz.

Con los tratamientos M100 y M64 D36 se obtuvo un aumento en la cantidad de PC (19 y 5% respectivamente) en comparación con la cantidad en la semilla y fue menor en los otros cinco tratamientos, lo que se debe a la baja producción de MS (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Contenido y producción de Proteína Cruda de la semilla y el forraje.

Tratamiento	Proteína Cruda		Proteína Cruda Extraída	
	%		kg/m <sup>2</sup>	
	Forraje	Semilla	Forraje	Semilla
M100	10.5	8.8	0.25 <sup>c</sup> ±0.010	0.21
M64 D36	17.4	13.2	0.38 <sup>b</sup> ± 0.010	0.36
M36 D 64	12.7	17.1	0.28 <sup>cd</sup> ± 0.001	0.46
S100	9.80	9.70	0.14 <sup>e</sup> ± 0.010	0.17
S64 D36	15.2	12.4	0.22 <sup>d</sup> ± 0.010	0.39
S36 D64	14.0	15.9	0.27 <sup>c</sup> ± 0.040	0.37
D 100	25.1	21.5	0.41 <sup>a</sup> ± 0.010	0.50

### Fibra Neutro Detergente y Fibra Acido Detergente

El contenido de Fibra Neutro Detergente (FND) y de Fibra Acido Detergente (FAD) de los forrajes está dentro del rango y considerado como excelentes: FND menor a 40% y un FAD menor a 32%. El tratamiento con mejor porcentajes de FND y FAD que fue M100 con 37.6 y 13% respectivamente.(Cuadro 4)

La Materia Seca Digerible (MSD) fue estimada por medio de la ecuación.

$$\%MSD= 88.9-(0.779x \% FDA) \text{ (NRC, 2001).}$$

La digestibilidad estimada del sorgo fue la más baja y la del maíz la más alta, con una diferencia de 9% entre sí. La comparación entre la semilla y los forrajes de maíz, sorgo y dólidos, arrojó diferencias de 8.1, 15.0 y 8.3% respectivamente. Romero (1999) reporta Digestibilidades *In Vitro* de la Materia Orgánica (DIVMO) de forraje hidropónico de maíz, sorgo, dólidos de 70,63, 67,35 y 40,63% respectivamente y Sánchez (1998) en maíz un 77.92%, similar al del ensayo.

**Cuadro 4.** Contenido de FND, FAD y MSD de los forrajes y la semilla.

Tratamiento	FND <sup>1</sup>	FAD <sup>2</sup>		MSD <sup>3</sup>	
	Forraje	Forraje	Semilla %	Forraje	Semilla
M100	37.6	13.00	4.00	78.77	85.78
M64 D36	38.7	18.90	7.22	74.18	83.28
M36 D 64	37.6	17.89	9.76	74.96	81.30
S100	44.8	22.23	6.00	71.58	84.23
S64 D36	42.5	21.10	8.06	72.46	82.62
S36 D64	39.4	18.80	10.32	74.25	80.86
D 100	38.5	21.40	13.00	72.23	78.77

<sup>1</sup> FND= Fibra Neutro Detergente

<sup>2</sup> FAD= Fibra Acido Detergente

<sup>3</sup> MSD= Materia Seca Digerible

## **CONCLUSIONES**

- Se puede producir forraje verde hidropónico de sorgo, maíz y dólidos.
- La producción de MS del forraje fue inferior a la MS de la semilla usada.
- El contenido de PC en el forraje es superior a la de la semilla en el caso del maíz y el dólidos pero no del sorgo.
- La producción de PC es ligeramente superior en el caso del maíz y de la mezcla M64 D36, pero no en los otros forrajes.
- El contenido de FAD es mayor en los forrajes que en la semilla y por ello la digestibilidad es menor.

## **RECOMENDACIONES**

- Revisar la técnica de producción.
- Analizar los costos de producción.

## LITERATURA CITADA

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1997. Methods of Analysis of the AOAC International. 3 ed. Volumen II. Maryland, USA.

Binder, V. 1997. Manual de Leguminosas de Nicaragua. Estelí, Nicaragua, Imprenta Monjes Agustinos. 1:191p.

Espinoza, F; Argenti, P; Urdaneta, G; Araque, C. 2004. Uso del forraje de maíz (*Zea mays*) hidropónico en la alimentación de toretes mestizos. *Zootecnia Tropical*. 22(4):303-315

Flores, J. 1975. Bromatología Animal. México D.F., México. Editorial Limusa. 683p.

Hazard S; Rojas C; Hewstone C. 2004. Comparación entre grano de maíz y trigo brotado en raciones de vacas paridas en otoño y que consumen ensilaje de maíz. *Agric Téc*. 1(1):25-33

Izquierdo J. 2001. Forraje Verde Hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile (en línea). 14 de Junio 2008. Disponible en: [www.rlc.org/prior/segalim/forraje.htm](http://www.rlc.org/prior/segalim/forraje.htm)

Jones, B. 1997. Hydroponics: a practical guide for soilless grower. Published by St. Lucie Prees. Florida, USA. 230p.

Marulanda C; Izquierdo J. 2003. La huerta hidropónica popular. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile (en línea).12 de Junio 2008. Disponible en: [www.rlc.fao.org/prior/segalim/prodalim/prodveg/10046.pdf](http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/prodalim/prodveg/10046.pdf)

Mpairwe, D. R. Sabiiti, E. N. Ummuna, N. N. Tegegne, A. Osuji, P. 2002. Effect of intercropping cereal crops with forage legumes and source of nutrients on cereal grain yield and fodder dry matter yields. *African Crop Science Journal*, 10(1):81-97.

NRC (National Research Council). Nutritional Requirements of Dairy Cattle. 2001. 7 ed. Washington D.C., USA. 381 p.

Romero, C. 1999. Evaluación hidropónica de dólicos (*Lablab purpureus L.*), maíz (*Zea Mays L.*) y sorgo (*Sorghum Bicolor L.*) en producción y calidad de forraje. Tesis de Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 23p.

Sánchez, P. 1998. Producción de forraje hidropónico en condiciones de Zamorano. Tesis de Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 30p.

Santillan, R. 1997. Pastos y forrajes. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 56p.

SAS. 2007. SAS® User's Guide (Release 6.03). SAS Inst. Inc. Cary, NC.