

## EVALUACIÓN DE DENSIDADES DE SIEMBRA EN MAÍZ, ARROZ Y FRIJOL VIGNA EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

Waldo Espinosa\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Fitotecnia.

\*[waldo.espinosa@up.ac.pa](mailto:waldo.espinosa@up.ac.pa)



### RESUMEN

Se evaluó la respuesta del maíz F<sub>2</sub>, arroz criollo y frijol Vigna a dos densidades de siembra en la producción y contenido nutricional de forraje verde hidropónico. Para la siembra de las semillas fueron utilizadas bandejas de 0.20 m<sup>2</sup>. Las densidades usadas de semillas en este experimento fueron de 604 y 804 g bandeja<sup>-1</sup>. Una solución diluida de nutrientes fue aplicada con un sistema de riego por goteo. La cosecha se llevó a cabo a los 12 días después de la siembra. Las variables evaluadas fueron la producción de biomasa, relación semilla/forraje, altura, diámetro de la plántula y análisis bromatológico. Los resultados de este estudio mostraron que el maíz F<sub>2</sub> (30 F 87) fue superior a los otros dos cultivos examinados respecto a la altura de la planta y al factor de conversión de la semilla a forraje verde. No existió diferencia significativa en la producción de biomasa entre los cultivos, obteniendo el frijol Vigna los mayores rendimientos. Igualmente, los valores de contenido de proteína cruda del frijol Vigna fueron mayores. Las concentraciones de N, Ca, P, Mg y K en los tejidos, presentaron rangos aceptables para la mayoría de los tratamientos, de acuerdo a los valores requeridos por la National Research Council (1989). Como consideración final la densidad que resultó con una mejor relación semilla/forraje fue la de 604 g bandeja<sup>-1</sup> (30 g dm<sup>2</sup><sup>-1</sup>), sin embargo, la de 804 g (40 g dm<sup>2</sup><sup>-1</sup>) obtuvo los mejores rendimientos en los tres cultivos. La semilla de maíz, el frijol Vigna y el arroz, podrían ser una alternativa para la nutrición de animales de granjas bajo un sistema de cultivo hidropónico.

**PALABRAS CLAVES:** Forraje, hidropónico, proteína, semillas, densidades.

# EVALUATION OF SEEDING RATES IN CORN, RICE AND VIGNA BEAN FOR HYDROPONIC GREEN FODDER PRODUCTION

## ABSTRACT

The response of corn F<sub>2</sub> hybrid, rice and Vigna beans native variety (cowpea) at two seeding rates in green fodder and nutrient values production was evaluated. Seeds of all crops were sown in the 0.20-m<sup>2</sup> planting trays. The seeding rates used in this experiment were about 604, 804 g tray<sup>-1</sup>. A diluted nutrient solution was apply by drip irrigation. Harvest was make at 12 days after planting. Plant height, green fodder yield, conversion relation from seed to forage, stem diameter and nutritional values were evaluate. The results of this study showed that the corn F<sub>2</sub> (30 F 87) forage crop cultivar was superior to the other two tested in respect to plant height, and conversion factor of seeds into green fodder. Non-difference significance among forage crops respect to green fodder yields but yields obtain by Vigna beans were greater than the others were. Results also showed that crude protein content of Vigna bean was superior. Nutrient value contents of N, Ca, P, Mg and K for most treatments were according to the National Research Council (1989) requirements. In conclusion, the 604 g tray<sup>-1</sup> (30 g dm<sup>2</sup><sup>-1</sup>) is the best choice for conversion factor of seeds into green fodder however the 804 g tray<sup>-1</sup> (40 g dm<sup>2</sup><sup>-1</sup>) showed greater green fodder yields in all crops. Corn, Vigna beans and rice could be an alternative for farm animal nutrition under hydroponic production.

**KEY WORDS:** Fodder, hydroponics, protein, height, seeding rates

## INTRODUCCIÓN

Actualmente los pastos y forrajes constituyen el alimento más abundante y económico para el ganado vacuno en los trópicos; sin embargo, en cierta época del año principalmente en época seca, estos se ven afectados en su crecimiento y rendimiento, debido a los factores del clima y el suelo que impiden el pastoreo continuo durante esos meses. En la época seca, la cual cubre el periodo de diciembre hasta aproximadamente el mes de abril, se produce una reducción en el crecimiento de los animales jóvenes, pérdidas y bajo rendimiento en las ganancias de peso en el hato, además una baja tasa de concepción en las hembras y una fuerte caída en la producción de leche. Las curvas de producción de pasto no se pueden manipular adecuadamente en época seca debido a que

se debe principalmente a factores climáticos como la precipitación, por lo cual los productores pecuarios recurren a la utilización de otras fuentes alimentarias con un adecuado contenido nutricional que satisfagan las necesidades fisiológicas del sector pecuario (Ugarte s. f.). El Forraje Verde Hidropónico (FVH), se presenta como una alternativa para suplir durante esta época los nutrientes necesarios para mantener el crecimiento y producción de animales vacunos, aviares, porcinos y caprinos. Es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano a partir de semillas viables. Es un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal. Consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) donde usualmente se utiliza semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo. (Sánchez, 2001).

En Panamá existen pocas experiencias a nivel de investigación, sobre todo, trabajos de grado y réplicas en exhibiciones feriales sin comprobación real de los aportes positivos de este sistema de producción de forraje. En estos ensayos realizados se ha utilizado como principal fuente de forraje la semilla de maíz por ser de fácil adquisición, sin embargo, existen otras especies que se producen como cultivos y existen disponibilidad de semilla como el arroz (*Oryza sativa*) y el frijol (*Vigna spp.*) que aún no han sido evaluadas, siendo el propósito de este ensayo el de evaluar dos especies de Poaceae y una Fabaceae en la producción de forraje verde hidropónico.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El proyecto de investigación en campo fue desarrollado en la Provincia de Chiriquí, Distrito de David, durante el mes de agosto a septiembre del 2014. Las coordenadas del terreno se encuentran a 8° 42' 30" Latitud norte y los 82° 35' 05" de longitud oeste respecto al meridiano de Greenwich. La altitud es de 25 m.s.n.m. La precipitación promedio es de 2630.82 mm, con un régimen pluviométrico bimodal, el cual comprende una estación seca de cinco meses y una estación lluviosa de siete meses. Este lugar tiene una temperatura anual de 27.0 °C y una humedad relativa de 80%. (Guerra, 2006).

Para esta investigación se utilizó un invernáculo de cañaza de cuatro metros de ancho por cuatro metros de largo y 2.70 metros de alto, el cual fue cubierto con una tela multi - sombra (malla de sarán) en sus etapas iniciales de 80% de sombra atendiendo a los mejores resultados de crecimiento inicial reportado por Guerra (2006). En los últimos 6 días se le dio una cobertura con malla de sarán de 50% en su parte superior y lateral con el fin de controlar las condiciones ambientales y a la vez favorecer el desarrollo del cultivo. Dentro de este invernáculo se estableció un anaquel con capacidad para 18 bandejas. A estas bandejas se le dio una inclinación del 5% para favorecer el drenaje de las mismas.

Se utilizó variedades criollas obtenidas en la comunidad de dos tipos de Poaceas y una Fabacea (arroz criollo, maíz F<sub>2</sub> 30 F 87 (Melo y Cia s.f.) y frijol Vigna) a los cuales se les hizo una prueba de germinación, para verificar que su porcentaje de brotación estuviera dentro del rango permisible entre 85 y 90 por ciento. Se usó un pasto seco (*Digitaria swazilandensis*) como sustrato para brindar un soporte a las raíces de los cultivos en estudio, además de aportar materia seca y proveer humedad.

Las semillas antes de ser colocadas en las bandejas fueron lavadas con una solución de hipoclorito de sodio al 1% y se sometieron a un proceso de pre germinación en agua aireada por veinticuatro horas para acelerar su emergencia.

Para la preparación de la solución nutritiva final se usó un producto comercial, obtenido en las tiendas agropecuarias cuyo contenido nutricional se describe en la Tabla 1. Estas soluciones se ajustaron a través de diluciones a las concentraciones reportadas por Rodríguez R. (2007) para producir FVH y fueron aplicadas por medio de riego por goteo siguiendo la frecuencia utilizada en investigaciones anteriores por Rodríguez M. (2007), Guerra (2006), Wilcox (2008), Díaz (2010) y Ortiz (2011) (Tabla 2).

**Tabla 1.** Concentración nutricional de la solución hidropónica (solución concentrada).

Solución A		Solución B	
Elemento	Concentración	Elemento	Concentración
Nitrógeno	50,000 ppm	Azufre	3,000 ppm
Fósforo	46,000 ppm	Hierro	1,560 ppm
Potasio	48,000 ppm	Cobre	100 ppm
Calcio	2,800 ppm	Boro	670 ppm
Magnesio	13,000 ppm	Molibdeno	24 ppm
		Zinc	252 ppm

Fuente: Casa Productora Ever Green.

El ciclo de producción se estableció en 15 días, de acuerdo a resultados de investigaciones anteriores para todos los cultivos como se indica en la Tabla 3.

**Tabla 2.** Concentración ajustada para la producción de FVH.

Solución A		Solución B	
Elemento	Concentración	Elemento	Concentración
Nitrógeno	51.50 ppm	Azufre	0.75 ppm
Fósforo	47.38 ppm	Hierro	0.39 ppm
Potasio	50.00 ppm	Cobre	0.025 ppm
Calcio	28.80 ppm	Boro	0.167 ppm
Magnesio	15.39 ppm	Molibdeno	0.006 ppm
		Zinc	0.063 ppm
		Sodio	0.054 ppm

Fuente: El Autor

**Tabla 3.** Etapas del proceso de producción de forraje verde hidropónico.

Días				
1-2	3-5	6-12	13-14	15
Pre-germinación	Siembra, germinación y riego con agua	Riego con Solución nutritiva	Riego con agua	Cosecha

Fuente: Autor

## DISEÑO EXPERIMENTAL

En este ensayo se utilizó un arreglo factorial en modalidad de parcelas divididas, implementado en un diseño de bloques al azar (DBCA). El factor de la parcela principal o factor A, fueron las tres especies de cultivos, maíz F<sub>2</sub> (30 F 87), arroz criollo y frijol Vigna; el factor de la sub-parcela

o factor B consistió en las densidades de siembra, con dos niveles: a- 30 g dm<sup>2</sup><sup>-1</sup> y b- 40 g dm<sup>2</sup><sup>-1</sup>, por lo cual en la densidad de 30 g dm<sup>2</sup><sup>-1</sup> se utilizó 604 g de semilla y con la densidad de 40 g-dm<sup>2</sup><sup>-1</sup> se utilizó 804 g de semillas por bandeja de acuerdo a Rodríguez R. (2007), dando un total de 6 tratamientos y tres repeticiones.

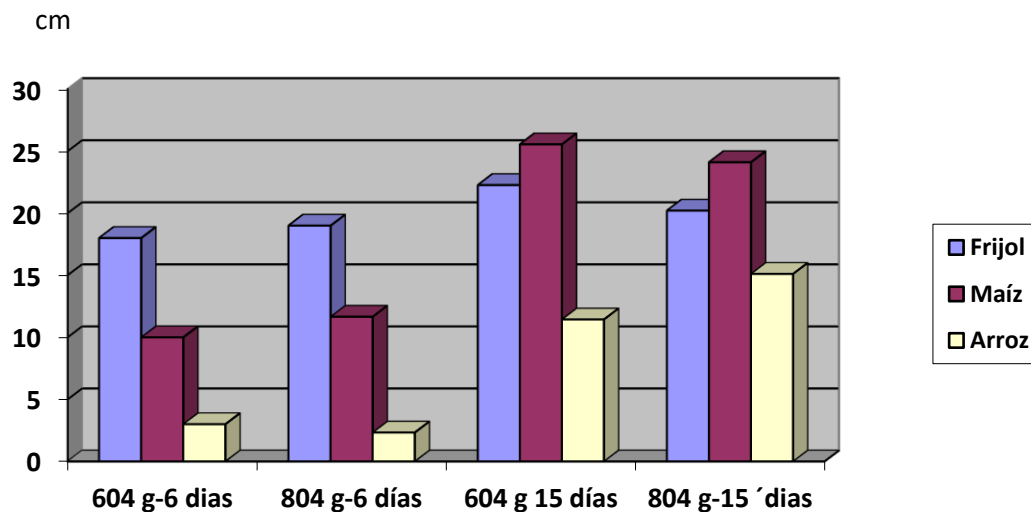
La unidad experimental consistió en cada bandeja con una dimensión de 36 cm de ancho por 56 cm de largo, lo cual representó un área de 0.20 m<sup>2</sup>. Las variables de repuesta a medir fueron: Producción de biomasa (Kg/m<sup>2</sup>), relación semilla / forraje, altura (cm), diámetro (mm) y análisis bromatológico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La posición en que se encontraban distribuidas las bandejas en la estructura no afectó la recepción homogénea de la luz solar, observándose un crecimiento uniforme inicialmente entre las repeticiones, no encontrándose diferencias significativas entre bloques para todas las variables evaluadas, aumentando el grado de confiabilidad del experimento.

Se encontró diferencia significativa entre la altura de las diferentes especies a los seis y doce días después de siembra, donde el maíz independiente de la densidad logró los mejores promedios difiriendo significativamente ( $P < 0,01$ ) de las dos densidades del arroz, pero no así con las densidades del frijol (Tabla 4). Inicialmente el frijol Vigna obtuvo un crecimiento rápido, posiblemente influenciado por el régimen de luz de 80 % , esto hizo que las plántulas sufrieran acame por lo que su cosecha tuvo que ser adelantada a los 9 días, esto concuerda con Ghazi, Al Karaki y Al-Hashimi (2012), quienes determinaron la cosecha en 8 días bajo condiciones de laboratorio por considerar que el forraje estaba listo para su recolección sin embargo para la segunda semana el régimen de luz de 50% surtió el efecto contrario donde las plántulas crecieron a un ritmo más lento. El maíz alcanzó los veinticinco centímetros de altura registrados para otras variedades en investigaciones anteriores al final del ciclo (Díaz, 2010), (Tabla 4). El arroz tanto a los 6 como a los doce días posteriores a la siembra obtuvo el menor crecimiento, no llegando al promedio esperado de 25 cm de altura durante el ciclo del cultivo hidropónico (Figura 1).

Existió diferencia significativa ( $P < 0,01$ ) entre el maíz y las especies de frijol y arroz entre sí, siendo el primero el de mayor promedio en cuanto a diámetro del tallo y el de menor grosor el arroz. No existió diferencia entre las densidades en esta variable (Tabla 4); sin embargo, se observó la misma respuesta obtenida en otras investigaciones donde a mayor densidad las plántulas muestran menor grosor en su tallo, como consecuencia de la competencia por luz y nutrientes (Rodríguez R., 2007).



**Figura 1.** *Altura obtenida por los diferentes cultivos a través del ciclo de cultivo hidropónico.*

Se observó diferencia en el rendimiento de biomasa de acuerdo a la cantidad de semilla por bandeja (604 y 804 g), donde la densidad más alta obtuvo el mayor rendimiento independientemente de la especie con  $3.60 \text{ kg } 0.20 \text{ m}^{-2}$  de área sembrada lo cual implica una producción de  $18 \text{ kg } / \text{m}^2$  de forraje, no existiendo diferencia estadística entre las especies. A pesar de que el arroz tenía una menor altura comparativa a las otras especies a los doce días de siembra (Tabla 4), se puede explicar esta igualdad en el rendimiento de acuerdo al número de plantas de cada una de las especies por gramo de semilla, donde el arroz superaba en 45 y 37 veces más plántulas que el maíz y frijol respectivamente aumentando la cantidad de biomasa. Según Carballido (2007), existe un incremento de 1.4 kg de peso diario en ganado vacuno de carne y en ganado de engorde con 7 a 17 kg de consumo de forraje verde. De acuerdo con lo expresado el rendimiento máximo obtenido por metro cuadrado en la investigación sería suficiente para el consumo diario de un animal de engorde bajo este sistema.

La relación semilla forraje más altas fueron obtenidas en el primero y segundo bloque, las cuales tenían mayor incidencia de luz al final del ciclo. La proyección de sombra en el tercer bloque en relación a una mayor densidad, pudo incidir en valores más bajos contrario a lo encontrado por Díaz (2010) donde la variedad de maíz criollo Isleño logró obtener una relación de hasta 1:6.3 en ubicaciones con menores proyecciones de luminosidad.

La población F<sub>2</sub> del híbrido de maíz 30 F 87 y el arroz criollo a una densidad de 604 g por bandeja en la prueba de comparación de medias obtuvieron los mejores resultados con 1:5.33 y 1: 5.07 en la relación semilla forraje respectivamente.

**Tabla 4.** Prueba de comparación de medias de las variables evaluadas en la producción de FVH de maíz, arroz y frijol Vigna a dos densidades de siembra.

Parámetros	Altura (cm) 6 días	Altura (cm) 12 días	Peso Kg 0.20m <sup>2</sup> -1	Relación s/f	Diámetro cm
Especie					
Frijol	18.50 a	21.25 a	3.08 b	4.37 b	2.24 b
Maíz	10.83 b	24.85 a	3.37 a	4.85 a	2.66 a
Arroz	2.67 c	13.28 b	3.33 a	4.77 a	0.53 c
Densidad					
604g	10.33 a	19.76 a	2.95 b	4.88 a	1.87 a
804g	11.00 a	19.81 a	3.57 a	4.44 b	1.74 a
Densidad x especie					
Frijol 604 g.	18.00 a	22.27 abd	2.57 b	4.25 d	2.30 b
Frijol 804 g.	19.00 a	20.22 bd	3.60 a	4.49 c	2.17 b
Maíz 604 g	10.00 b	25.55 a	3.22 c	5.33 a	2.69 a
Maíz 804 g.	11.67 b	24.11 ab	3.52 a	4.38 cd	2.63 a
Arroz 604 g.	3.00 c	11.44 c	3.06 d	5.02 b	0.63 c
Arroz 804 g.	2.33 c	15.11 d	3.59 a	4.47 c	0.43 c
c.v	12.92	8.45	5.48	4.84	18.35

Comparación de medias por DLS. Letras diferentes entre filas muestran diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ).

Fuente: El Autor

Estos resultados indican que no necesariamente una mayor población incidirá en un mejor retorno de rendimiento por unidad de material utilizado. Aunque distan mucho de alcanzar a las relaciones reportadas en la literatura, se acercan a otras obtenidas bajo las mismas condiciones ambientales y de infraestructura; Díaz (2010) y Wilcox (2008) utilizando semilla de vigor híbrido promediaron 5.50 y 5.65 kg obtenidos de biomasa en maíz, por cada kilogramo de semilla utilizada, alcanzando un incremento de 48% en la producción de FVH en comparación con los mayores valores



obtenidos por Rodríguez R. (2007), Rodríguez M. (2007) y Guerra (2006), indicaron que la utilización de un buen material mejorado genéticamente al igual que la utilización de un material criollo con buen manejo post cosecha y almacenamiento puede incidir en la mayor obtención de biomasa. El frijol *Vigna* obtuvo sus mayores valores (1:4.49) a una densidad de 804 g por bandeja, correspondiendo esto a una mayor producción de biomasa, de acuerdo al incremento de la población en este cultivo. Vargas (2006) citando a Valdivia (1997) y Sneath y McIntosh (2003) indica que se puede considerar un buen rendimiento en forrajes bajo sistemas hidropónicos cuando la relación se mantiene en 1: 5.

Debido a la poca información existente en este sistema de producción de FVH en Panamá, la información acerca del análisis bromatológico es muy escasa, por lo cual al interpretar los niveles de nutrientes obtenidos en la presente investigación destinados para animales domésticos mayores (ganado de carne y leche), se utilizó como fuente de comparación las tablas de requerimiento de nutrientes para ganado de carne y leche de la National Research Council (1989) y Vargas y Fonseca (1989).

El porcentaje de proteína en todas las especies fue alto arriba del ocho por ciento, obteniéndose hasta un 25% en el frijol y reflejando el arroz el valor más bajo con 9.93 %.

**Tabla 5.** Análisis bromatológico de maíz, arroz y frijol *vigna* en la producción de forraje verde hidropónico.

PARÁMETROS	UNIDAD	FRIJOL	MAÍZ	ARROZ
Fibra	%	24.35	24.82	24.42
N	%	4.10	1.76	1.59
Proteína	%	25.63	11.00	9.93
Ca	%	0.68	0.63	0.48
P	%	0.56	0.38	0.21
K	%	1.07	0.56	0.69
Mg	%	0.21	0.28	0.15
Na	%	0.05	1.46	0.004
Fe	ppm	139.08	126.25	11.33
Cu	ppm	6.22	8.75	5.31
Mn	ppm	72.49	66.75	184.78
Zn	ppm	48.71	33.00	22.97

Fuente. Laboratorio de Suelo, FCA Chiriquí.

Todas las especies criollas, y poblaciones F<sub>2</sub>, presentaron un buen contenido de fibra según lo exigido, Rosas (1999). En investigación realizada por Vargas (2006), este encontró un mayor

porcentaje en la calidad de fibra en el maíz, comparada al arroz y sorgo, por lo cual se puede asumir que estos resultados estuvieron influenciados por el sustrato utilizado (*Digitaria swazilandensis*) ya que este formó parte de la muestra.

Todos los tratamientos mostraron niveles aceptables de calcio, fósforo, potasio y magnesio de acuerdo a las tablas de la NRC (1989) y de Vargas y Fonseca (1989), (Tabla 5). Sin embargo, los valores de sodio registraron un descenso de acuerdo a los requisitos expresados en dichas tablas en los tres cultivos; el arroz mostró valores deficitarios en el hierro, cobre y zinc, pero alto en manganeso, y el frijol y maíz presentaron niveles de hierro por encima de lo establecido, pero sin estar en niveles con peligro de toxicidad para los animales no sobrepasando los 140 ppm. Investigaciones realizadas por otros investigadores (Amuerman, Standish y Koong) citados por Wilcox (2008) indican que se observan síntomas de toxicidad a partir de la ingesta de 1000 ppm de hierro en terneros y novillos, por lo cual pudiera realizarse algún ajuste en las concentraciones aplicadas.

## CONCLUSIÓN

De lo anteriormente descrito se puede interpretar que los tres cultivos serían de gran utilidad para ser usados en el sistema de producción de forraje hidropónico, siendo el maíz tal como se ha demostrado, el de mayor rendimiento y accesibilidad en el mercado para nuestros productores, sin descartar que el vigor híbrido de la F<sub>2</sub>, incide en el aumento de la producción de biomasa.

El frijol *Vigna* mostró su mejor atributo en el contenido de proteína, un elemento escaso durante la época seca en condiciones de pastoreo y sumamente costoso suministrarlo a través de concentrados, por lo cual estableciendo estudios sobre porciones mezcladas con fibra de otras especies vegetales podría ser de gran utilidad en la nutrición de animales domésticos.

El arroz es la semilla menos accesible en el mercado, es de lento crecimiento en comparación a las otras especies estudiadas, pero se presenta como una alternativa que pudiera utilizarse bajo

condiciones de escasez de otros materiales; cultivado, bajo condiciones hidropónicas adecuadas es capaz de producir suficiente biomasa para superar una emergencia en la alimentación animal (Figura 2).

Tanto el frijol como el arroz deberán someterse a más investigaciones para obtener datos que los lleven a producir su máximo potencial. La densidad que resultó con una mejor relación semilla / forraje fue la 30 g dm<sup>2</sup> <sup>-1</sup>; sin embargo, la de 40 g dm<sup>2</sup> <sup>-1</sup> produjo los mejores rendimientos en los tres cultivos.



**FIGURA 2.** Fases del ciclo de producción del forraje hidropónico en Maíz, frijol y arroz.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carballido, C. (2007). *Forraje verde hidropónico, como realizar el cultivo, mejorar la salud animal. Forraje todo el año sin importar condiciones climáticas*. Disponible en: <http://seragro.cl/?a=983&sel=1>.
- Díaz, V. Y. (2010). *Evaluación de variedades, híbridos y poblaciones F<sup>2</sup> de maíz en la producción de forraje verde hidropónico*. Tesis. Universidad de Panamá. F.C.A. 90 p.
- Ghazi, N., Al-Karaki y M. Al-Hashimi. (2012). *Green Fodder Production and Water Use Efficiency of Some Forage Crops under Hydroponic Conditions*. International Scholarly Research Network. ISRN Agronomy Volume 2012, Article ID 924672, 5 pages.doi:10.5402/2012/924672. Disponible en: <http://dspace.ju.edu.jo/xmlui/handle/123456789/162600>.
- Guerra, A. (2006). *Efectos de tres intensidades lumínicas sobre la producción y calidad del forraje verde hidropónico*. Tesis. Universidad de Panamá, FCA. 65p.
- Melo y CIA. (s.f.). *Pioneer, Siembra Contigo. Híbrido intermedio 30 F 87 e híbrido cruza simple 30 F 80*. Folleto. Melo David.
- NRC. (1989). *Nutrient requeriment of domestic animal*. No.6. Nutrient of requirement of dairy cattle. National Academy of Science. National Research Council. 157 p.
- Ortiz, Y. (2011). *Evaluación de diferentes densidades de leguminosa (*Vigna sinensis*) en mezcla con maíz (*Zea mays*) en la producción de forraje Verde Hidropónico*. Tesis. Universidad de Panamá. FCA. 94 p.
- Rodríguez, M. (2007). *Evaluación de tres densidades de siembra, tres periodos de cosecha y la utilización de un sustrato vegetal, en la producción de forraje verde hidropónico*. Tesis. Universidad de Panamá, FCA. 77 p.
- Rodríguez, R. (2007). *Evaluación de tres densidades de siembra, tres periodos de fertirriego y tres concentraciones de la solución, en la producción de forraje verde hidropónico*. Tesis. Universidad de Panamá. FCA. 75 p.

Rosas, H. 1999. *Nutrición animal y tabla de composición de los alimentos en Panamá*. 3ª Edición. Panamá. 304 p.

Sánchez, A. 2001. *Manual técnico para la producción de forraje verde hidropónico, preparado por la FAO*. Disponible en:  
[www.rlc.fao.org/prior/segalin/forraje.htm](http://www.rlc.fao.org/prior/segalin/forraje.htm)

Ugarte, J. (s.f.). *Alimentación del ganado en la época seca*. Disponible en:  
<http://www.funprover.org/agroentorno/marzo012pdf/alimentacganadoepocseca.pdf>.

Vargas, E.; Fonseca, H. (1989). *Contenido mineral y proteico de forrajes para rumiantes en pastoreo en Costa Rica*. Ed. Univ. Costa Rica. 217 p.

Vargas, R. (2006), *Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero*. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/rev-meso/v19n02\\_233.pdf](http://www.mag.go.cr/rev-meso/v19n02_233.pdf).

Wilcox, F. (2008). *Evaluación de cuatro niveles de hierro (Fe) en la solución madre y efecto de cobertura del piso con plástico en la producción y calidad del forraje verde hidropónico*. Tesis. Universidad de Panamá, FCA. 91 p