



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

Sistemas Integrales de Producción Animal

Trabajo de Graduación

Efectos de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*sorghum*) variedad Inta tortillero precoz, en un invernadero no tradicional.

Autores:

Br. José Humberto González González
Br. Cristián Nolasco Blandón Valdivia

Asesores:

Ing. Wendell A. Mejía Tinoco
Ing. Jerry Vivas Torrez

Managua, Nicaragua, octubre del 2014

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Ciencia Animal como requisito parcial para optar al título profesional de:

INGENIERO EN ZOOTECNIA

Miembros del tribunal

Ing. Domingo José Carballo Dávila

Presidente

Ing. Marcos Jiménez

Secretario

Ing. Jannin Hernández

Vocal

Managua 03 de octubre del año 2014

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁG.
1	Comparación para la variable altura (cm) utilizando tres tipos de fertilizantes y un testigo(agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo(<i>Sorghum</i>) variedad Inta tortillero precoz, Santa Rosa, Sabana Grande, Managua Nicaragua.	10
2	Comparación para la variable largo de hoja (cm) utilizando tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (<i>Sorghum</i>) variedad Inta tortillero precoz, Santa Rosa, Sabana Grande, Managua Nicaragua.	11
3	Comparación para la variable ancho de hoja (cm) utilizando tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (<i>Sorghum</i>) variedad Inta tortillero precoz, Santa Rosa, Sabana Grande, Managua Nicaragua.	11
4	Comparación para la variable largo de raíz (cm) utilizando tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (<i>Sorghum</i>) variedad Inta tortillero precoz, Santa Rosa, Sabana Grande, Managua Nicaragua.	12
5	Comparación para la variable grosor del tallo(cm) utilizando tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (<i>Sorghum</i>) variedad Inta tortillero precoz, Santa Rosa, Sabana Grande, Managua Nicaragua.	13

- 6 Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de sorgo (kg/m²). 14
Utilizando tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la
producción de forraje verde hidropónico de sorgo, (*Sorghum*)
variedad Inta tortillero precoz. Santa Rosa, Sabana Grande,
Managua, Nicaragua
- 7 Porcentaje de materia seca (kg/bandeja) utizando tres tipos de 15
fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde
hidropónico de sorgo (*Sorghum*) variedad Inta tortillero precoz,
Santa rosa, Sabana Grande, Managua, Nicaragua
- 8 Porcentaje de proteína bruta (kg/bandeja) utizando tres tipos de 16
fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde
hidropónico de sorgo (*Sorghum*) variedad Inta tortillero precoz,
Santa rosa, Sabana Grande, Managua, Nicaragua
- 9 Porcentaje de fibra bruta utilizando tres tipos de fertilizante y un 17
testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de
sorgo (*Sorghum*) variedad Inta tortillero precoz, Santa rosa, Sabana
grande, Managua ,Nicaragua

INDICE DE CONTENIDOS

	PÁG.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I INTRODUCCION	
II OBJETIVOS	1
2.1 Objetivo General	1
2.2 Objetivo Especifico	1
III MATERIALES Y METODOS	2
3.1 Ubicación del área de estudio	2
3.2 Clima	2
3.3 Tratamiento y Diseño experimental	2
3.4 Diseño Metodológico	2
3.5 Variables evaluadas	3
3.5.1 Producción de biomasa	3
3.5.2 Composición Química	3
3.5.3 Procedimiento analítico	4
3.6 Procedimiento del montaje y manejo del experimento	4
3.6.1 Instalación del invernadero no tradicional	4
3.6.2 Materiales y Herramientas	5
3.6.3 Riego	5
3.6.4 Procedimiento del cultivo	6

IV	RESULTADOS Y DISCUSION	10
4.1.1	Altura de las plantas alcanzada a los 12 días	10
4.1.2	Largo de la hoja alcanzada a los 12 días	11
4.1.3	Ancho de la hoja alcanzada a los 12 días	11
4.1.4	Largo de las raíz alcanzado a los 12 días	12
4.1.5	Grosor del tallo alcanzado a los 12 días	13
4.1.6	Rendimiento de biomasa forrajera de sorgo (Sorghum) variedad Inta tortillero precoz (kg /m2)	14
4.1.7	Materia seca (%)	15
4.1.8	Proteína bruta (%)	15
4.1.9	Fibra bruta (%)	16
V	CONCLUSIONES	18
VI	RECOMENDACIONES	19
VII	ANEXOS	20
VIII	LITERATURA CITADA	24

INDICE DE FOTOGRAFIAS

FOTO		PÁG.
1	Lavado y desinfección de la semilla con hipoclorito de sodio Tomada por: Gonzales y Blandón (2014)	6
2	Remojo de la semilla por 24 hrs Tomada por: Gonzales y Blandón (2014)	7
3	Riego sin fertilización Tomada por: Gonzales y Blandón (2014)	8
4	Cosecha a los 12 días de edad Tomada por: Gonzales y Blandón (2014)	9

INDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁG.
1	Aplicación de sustancias nutritivas Tomada por: Gonzales y Blandón (2014)	21
2	Pesaje de las sustancias nutritivas Tomada por: Gonzales y Blandón (2014)	21
3	Prueba de germinación de la semilla Tomada por: Gonzales y Blandón (2014)	22
4	Curado de semilla Tomada por: Gonzales y Blandón (2014)	22
5	Pesaje para el rendimiento de biomasa Tomada por: Gonzales y Blandón (2014)	22
6	Muestras de 750 g que se llevo al laboratorio Tomada por: Gonzales y Blandón (2014)	22
7	Invernadero no tradicional Tomada por: Gonzales y Blandón (2014)	23
8	Vernier para mediciones agronómicas Tomada por: Gonzales y Blandón (2014)	23
9	Día que se realizo la cosecha 23 de mayo 2014 Tomada por: Gonzales y Blandón (2014)	23

DEDICATORIA

Dios:

Por permitirme dar otro paso en la vida, en compañía de mis seres queridos, ya que sin la presencia divina, la vida no tiene sentido alguno, por ser el dueño y señor de todo el universo, además de poner a las mejores personas que me han ayudado siempre, por darme salud que es lo más importante y por estar siempre presente.

Mi padre:

Sr. José Humberto González Ortiz que a pesar de todos los obstáculos presentes en nuestras vidas siempre me apoyaste, por enseñarme a luchar y a salir adelante a pesar de las caídas y tropiezos me has brindado libertad y confianza en mí mismo. Por ser el mejor papa que me ha dado Dios.

Mi madre:

Sra. Mirna del Carmen González Altamirano por ser ella que día a día trabajo arduamente para que yo pueda llegar a culminar mis estudios que siempre ha estado a mi lado apoyándome sin importar los obstáculos que se le presenten, por inducirme al camino del bien, por sus consejos, por ser un gran pilar de mi familia, por enseñarme a levantarme después de los fracasos gracias por ser la mejor la mamá del mundo.

Mis abuelas:

Elsa Ortiz e Isabel Altamirano por haber sido grandes abuelas e instruirme como persona.

Mis hermanos:

Por el apoyo brindado durante el transcurso de mi carrera y mantener firme nuestra amistad.

Mis profesores:

Por enseñarme el A, B, C, por sus regaños, sus consejos y gracias a ellos no habría podido hacer este logro.

Mis amigos:

Por compartir la dicha de ser estudiantes y tratar de ver lo mejor de todo, lo que sucede en este ámbito.

Br. José Humberto González González

I. INTRODUCCIÓN

El hombre en la actualidad ha encontrado dos grandes problemas para desarrollar proyectos agropecuarios, que le brinden su alimento, son ellos: La falta de tierra y el agotamiento de los recursos hídricos. Para ello Proponemos una alternativa para la alimentación de animales herbívoros que se alimentan principalmente con productos vegetales.

Esta alternativa se denomina Forraje Verde Hidropónico (FVH) y su principal objetivo es obtener forraje verde durante el año en el término de 10 – 12 días, independientemente de situaciones climáticas, por otro lado la FAO expresa que el objetivo es “obtener a bajo costo y en forma sostenible, una biomasa vegetal sana limpia y de alto valor nutritivo para la alimentación animal” (FAO, 2001).

La producción animal se ve afectada por una serie de factores que se interrelacionan y que dependiendo de su magnitud, repercutirán positiva o negativamente sobre el desempeño general de los animales. Entre esos factores se pueden citar: la genética, el ambiente, la reproducción, la sanidad y la alimentación o nutrición (Elizondo, 2005).

Otro factor que impide que podamos alimentar adecuadamente a los animales, es la calidad, cantidad y disponibilidad de forraje que ofrece la finca. La mayoría de las explotaciones pecuarias requieren la compra de insumos externos de alto costo económico (concentrado, minerales y otros) para mantener niveles adecuados de producción. Todos esos insumos resultan de alto costo y está de más recordar que, por lo general, los gastos de alimentación en una explotación pueden oscilar entre el 50 - 80% del total de los costos de producción.

Con el forraje hidropónico se puede alimentar ganado vacuno, porcino, caprino, equino, cunícula y una gran cantidad de animales domésticos con excelentes resultados. Entre las ventajas que presenta el forraje hidropónico, se puede decir que: permite un suministro constante durante todo el año, se pueden emplear en terrenos marginales, se reduce el desperdicio de agua, se obtiene una fuente alternativa de alto valor nutricional, es completamente natural por lo que hay una menor incidencia de enfermedades, se puede dar un aumento en la fertilidad y la producción de leche (Mooney, 2005).

Los biosólidos utilizados como fertilizantes aumentan la productividad de las cosechas ,al mismo tiempo que reducen los costos de los agricultores por la disminución en el uso de fertilizantes químicos (Fresquez *et al.*, 1990), por lo que en este trabajo de investigación nos damos a la tarea de conocer la respuesta que pueda tener el forraje verde hidropónico ante el uso de diferentes fertilizantes químicos y orgánicos, entre ellos los biosólidos producidos por la planta de tratamiento del lago de Managua.

En este trabajo se plantea resolver algunas inquietudes que podamos tener en cuanto al forraje verde hidropónico, como producción de biomasa y composición química, también daremos a conocer a los productores los beneficios económicos que se obtienen al practicar este método de producción de forraje.

II.OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo general

- Estudiar el efecto de diferentes tipos de fertilizantes en un invernadero no tradicional, sobre la producción de forraje verde hidropónico de sorgo, variedad INTA tortillero precoz.

2.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de tres tipos de fertilizante (15-15-15, biosólidos, fertilizante foliar comercial y testigo) sobre el rendimiento de forraje verde hidropónico.
- Estimar la producción de forraje verde hidropónico con base en materia seca, proteína bruta y fibra bruta, utilizando diferentes tipos de fertilizantes.
- Valorar diferentes características agronómicas en el cultivo de forraje verde hidropónico (altura de planta, ancho de la hoja, largo de la hoja, largo de las raíces y grosor del tallo) sometido a diferentes tipos de fertilizante.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

El trabajo se realizó del 1 al 23 mayo del año 2014. Para tal efecto se construyó un invernadero no tradicional, en la Finca Santa Rosa de la Facultad de Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria (UNA), municipio de Managua, departamento de Managua, ubicado entre las coordenadas geográficas 12°08'15" latitud norte y 86°09'36" longitud oeste, a una altura 56 msnm.

3.2. Clima

La zona presenta una época lluviosa bien definida durante los meses de Mayo a octubre, la precipitación media anual es de 1,132 mm. La temperatura media anual es de 27.08 °C con una humedad relativa anual de 73.2% (INETER, 2006).

La zona ecológica corresponde a bosque tropical seco (Holdridge, 1978).

3.3. Tratamiento y Diseño experimental

Los tratamientos evaluados consistieron en tres fuentes de fertilizantes Vs testigo que son:

- T1: 15 -15-15 (N- P- K)
- T2: Biosólidos (N- P- K)
- T3: Foliar comercial (N)
- T4: Testigo (agua)

Se utilizó un diseño completo al azar (DCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Como unidad experimental se utilizó la cantidad de 2000 g (2 kg) de semilla de sorgo por tratamiento y repetición.

Mediante la prueba de separación de medias (Tukey), se estimó el comportamiento de las variables.

3.4 Diseño metodológico

Para la producción de forraje verde hidropónico, se utilizó la metodología propuesta por Elizondo (2002).

La misma consiste en un molde (bandeja), posteriormente se depositó la semilla, previamente lavada y desinfectada y remojada, para pre germinarla. Se aplicó riegos en forma de lluvia para mantener la humedad. La cosecha de FVH se realizó a los 12 días de germinada.

3.5. Variables evaluadas

Las variables de interés como parámetros de producción e indicadores de la calidad nutritiva del Forraje hidropónicos fueron:

3.5.1. Producción de biomasa

- Rendimiento de forraje verde hidropónico (kg de FVH/m²)
- Altura (cm)
- Largo de la hoja (cm)
- Ancho de la hoja (cm)
- Largo de las raíces (cm)
- Grosor del tallo (mm)

3.5.2. Composición química

- Materia seca (%)
- Proteína bruta (%)
- Fibra bruta (%)

Para determinar proteína bruta se utilizó el método de Kjeldah y para determinar la fibra bruta (FB) se utilizó el método de Van Soest, se tomaron muestras compuestas por 750 gramos para cada uno de los tratamientos, y se trasladaron al laboratorio de bromatología de la facultad de ciencia animal (UNA).

3.5.3. Procedimiento analítico

Se realizó análisis de varianza utilizando el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error aleatorio

i = Tratamientos

j = Repetición

Para el análisis estadístico de las variables se utilizó un programa computarizado (MINITAB) y dependiendo de los resultados se realizó la prueba de Tukey para determinar tratamiento de mejor comportamiento.

3.6. Procedimiento del montaje y manejo del experimento

3.6.1. Instalación del invernadero no tradicional

La construcción del invernadero se realizó en un ambiente semi cerrado tipo rectangular, a fin de que el forraje obtuviera excelente iluminación y una buena ventilación, para ello se construyó un invernadero artesanal, siendo las dimensiones del mismo: 2.5 m de altura por 5m de ancho por 3m de largo. La orientación fue bajo el eje norte- sur.

Dentro de la estructura del invernadero se construyeron andamios de madera con el objetivo de sostener las bandejas metálicas a una altura de 1.5 m.

Se utilizaron 12 bandejas metálicas de 0.25 m² con una profundidad de 5 cm, la misma tenía perforaciones para facilitar el drenaje del agua, se compraron sacos blancos de nylon usados para formar el techo.

3.6.2. Materiales y herramientas

Tabla 1. Herramientas utilizadas en la construcción del invernadero no tradicional.

Concepto	Cantidad	Unidad
Fertilizante (15-15-15)	1	Kg
Biosólidos	1	Kg
Fertilizante foliar comercial	1	Kg
Sorgo variedad Inta tortillero precoz	24	Kg
Cuartones de madera de 4 x 4	4	M
Reglas de madera de 2x1	5	M
Pluviómetro y termómetro	1	Unidades
Clavos de 2 pulgadas	1	Kg
Plástico negro	10	Yardas
Sacos de nylon	50	Unidad
Atomizador	1	Unidad
Hipoclorito de sodio	1	Litro
Balanza de precisión	1	Unidad
Cinta métrica	1	Unidad
Martillo	1	Unidad
Balanza	1	Unidad
Regla y vernier	1	Unidades

3.6.3. Riego

El riego se realizó cada 2 horas durante el día de 7 de la mañana hasta 5 de la tarde en la primera fase, que comprendió la etapa de germinación, se utilizó un sistema de riego manual (durante los primeros cuatro días) en la segunda etapa “de producción” se utilizó el mismo atomizador manual con capacidad de 1000 ml, y en la tercera etapa se hizo la aplicación de fertilizantes (del 5to al 7mo día) por la mañana mediante el uso de un recipiente graduado y los riegos siguieron constantes, en la última etapa (del 8vo al 12vo) los riegos fueron iguales durante todo el experimento debido al incremento de temperatura.

Para el montaje del experimento se utilizó semilla no certificada de sorgo (*Sorghum*) variedad Inta tortillero precoz.

La unidad experimental fué constituida por la cantidad de 2000 g de semilla de sorgo variedad Inta tortillero precoz pura germinable por tratamiento y repetición, se hizo prueba de germinación previa resultando con 93% de germinación.

3.6.4. Procedimiento del cultivo:

1. Selección de las semillas para el ensayo (24 kg sorgo variedad Inta tortillero precoz) con el fin de obtener las semillas en buenas condiciones, eliminando todas aquellas que estuvieran en mal estado (semillas partidas o cuerpos extraños).
2. Pesaje de la semilla en cada bandeja utilizando una balanza, tomando en cuenta el porcentaje de semilla pura germinable.

$$\text{SPG} = \% \text{ Pureza} \times \% \text{ de germinación}$$

3. Prelavado o desinfección de la semilla en un balde plástico, aplicando una solución de hipoclorito de sodio al 1% (10 ml de hipoclorito de sodio en un litro de agua), dejándolas remojar por 3 minutos. El lavado tuvo por objetivo eliminar hongos, bacterias y residuos. Finalizada la desinfección se procedió a enjuagar las semillas con agua limpia.



Foto 1. Lavado y desinfección de la semilla con hipoclorito de sodio

Tomada por: González y Blandón (2014)

4. Escarificación de semillas mediante la sumersión en agua (1kg de semilla en 1 litro de agua) durante 24 horas, cambiando el agua cada vez que se tornara turbia, esta etapa se considera como pre germinación.



Foto 2. Remojo de la semilla por 24 hrs Tomada por: González y Blandón (2014)

5. Oreado de semillas colocándolas sobre un plástico por 24 horas al ambiente: cabe recalcar que en esta etapa existe una liberación de calor considerable en el grano, para estimular el crecimiento del embrión.

6. Traslado y tapado de las semillas al invernadero, proveyendole un ambiente sin luz (al cubrir cada bandeja con plástico negro por 24 h) con el propósito de estimular el brote de las plántulas.

7. Para lograr una adecuada germinación, las semillas en las bandejas dentro del invernadero, se mantuvieron a temperatura ambiente, con buena ventilación, luminosidad y con la ayuda de un atomizador se le aplicó riego. Los primeros 4 días post-siembra de la semilla los riegos se aplicaron a no más de 500 ml de agua por 0.25m^2 , divididos cada 2 horas durante el día, de 7 de la mañana a 5 de la tarde.



Foto 3. Riego sin fertilización

Tomada por: González y Blandón (2014)

8. Del quinto al séptimo día se realizó la aplicación de las soluciones nutritivas (15-15-15, biosólidos, fertilizante foliar comercial y testigo) de tal manera que se aplicaron dosis de 2 gramos de nitrógeno por tratamiento, tomando en cuenta las concentraciones de cada elemento en cada una de ellos. El número de riegos en esta etapa fue cada 2 horas después de la fertilización.

9. Del octavo al décimo segundo día, el riego se realizó exclusivamente con agua a razón de 1.5 lt de agua por 0.25m^2 (sin fertilizante), para eliminar todo rastro de sales minerales sobre las hojas y/o raíces.

Los fertilizantes utilizados, previamente fueron pesados en una balanza electrónica, se diluyeron en un litro de agua para su aplicación, con excepción del biosólidos que se aplicó al voleo, el aporte de cada fertilizante fue el siguiente: 15-15-15, se aplicó 11.3 g que equivale (2 g de nitrógeno, 2 g de fósforo 2 g de potasio), fertilizante foliar comercial 3 ml que equivale (0.15 g de nitrógeno, no aporta P, K). En cuanto a los biosólidos Según Utria, *et al.* (2006), estos aportan 2.6% nitrógeno, 1.35 % fósforo y 0.76 % potasio por lo que estos porcentajes fueron los utilizados en nuestro estudio para la correcta aplicación de dosis. En nuestro ensayo se utilizó 58.3 g de biosólidos lo que equivale a 1.5 g de nitrógeno, 0.78g de fósforo, 0.44g de potasio.

10. La Cosecha se realizó 12 días después de la siembra. Se pesó cada bandeja, restando el peso de la misma se obtuvo el peso fresco por bandeja. Se extrajo una muestra de 750 g para ser enviado al laboratorio de bromatología de la Facultad de Ciencia Animal de la UNA, con el fin de obtener los resultados del porcentaje de materia seca, proteína y fibra bruta.



Foto 4. Cosecha a los 12 días de edad
Tomada por: González y Blandón (2014)

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.1. Altura de las plantas alcanzada a los 12 días

No se encontró diferencias significativas para la variable altura de las plantas con respecto a los tratamientos estudiados.

Cuadro1. Altura (cm) de plantas forrajeras, para tres tipos de fertilizantes y un testigo(agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum*) variedad Inta tortillero precoz, santa rosa, sabana grande, Managua Nicaragua.

Tratamientos (Sustancias nutritivas)		Medias (cm)	Prueba de Tukey*
T1	15-15-15	13.033	a
T2	Biosólidos	14.117	a
T3	Foliar comercial	14.783	a
T4	Agua	11.900	a

*Literales iguales en la misma columna no difieren ($p>0.05$)

Las comparaciones de media muestran que no hubo diferencias significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos para esta variable. Lo que muestra que los distintos tratamientos fueron similares en cuanto a significancia. Moyano *et al.*, (2012) propone que la cosecha se hace cuando la plántula ha alcanzado un promedio de 25 cm y que este desarrollo demora de 8 a 12 días dependiendo de las condiciones ambientales y la frecuencia de riego.

La cosecha de este experimento fue a los 12 días, y no se pudo confirmar que bajo las condiciones ambientales que se presentaron y los tratamientos evaluados llegaran a esa altura planteada por Moyano, ya que se alcanzó una altura de 14.78 cm.

La densidad de siembra es uno de los factores que más influye en la altura de la planta. En trigo, Cerrillo (2012) encontró que en un ciclo de 12 días y con una densidad de 5 kg/ m². Considerada alta, obtuvo una altura de planta de 21.96 cm. De acuerdo con la densidad utilizada.

En el experimento de 2 kg/ 0.25m², lo que equivale a 8 kg/m², se obtuvo una altura de 14.78 cm. Ninguno de los tratamientos alcanzó una altura cercana a la citada por este investigador. Esto puede indicar que a medida que se incrementa la densidad de siembra, la altura disminuye, debido a un proceso de competencia por luz entre las plantas, que promueve la etiolación.

En un estudio realizado en maíz (*Zea mays*) se obtuvo una altura de 32.5 cm en uno de los tratamientos con una densidad de 2 kg/0.25m², siendo cosechada a los 12 días de edad (López P *et al.*; 2013). Lo cual no concuerda con los resultados obtenidos en este estudio en sorgo (*sorghum*) ya que se alcanzó una altura de 14.78 cm. Por lo que la densidad de siembra con respecto al grano de maíz y sorgo son diferentes por el tamaño del grano.

4.1.2. Largo de la hoja alcanzada a los 12 días

En cuanto al largo de la hoja de los diferentes tratamientos utilizados, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($p>0.05$).

Cuadro 2. Largo de la hoja (cm) para tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum*) variedad Inta tortillero precoz, santa rosa, sabana grande, Managua Nicaragua.

Tratamientos (Sustancias nutritivas)	Medias (cm)	Prueba de Tukey*	
T1	15-15-15	7.500	a
T2	Biosólidos	7.733	a
T3	Foliar comercial	7.950	a
T4	Agua	6.850	a

*Literales iguales en la misma columna no difieren ($p>0.05$)

No se encontró referencias relacionadas con esta variable, en diferentes cultivos en forraje verde hidropónico, para compararla con nuestro estudio.

4.1.3. Ancho de la hoja alcanzada a los 12 días

No se encontró diferencias significativas para la variable ancho de la hoja con respecto a los tratamientos estudiados.

Cuadro 3. Ancho de la hoja (cm) para tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum*) variedad Inta tortillero precoz, santa rosa, sabana grande, Managua Nicaragua.

Tratamientos (Sustancias nutritivas)	Medias (cm)	Prueba de Tukey*	
T1	15-15-15	0.520	a
T2	Biosólidos	0.503	a
T3	Foliar comercial	0.496	a
T4	Agua	0.500	a

*Literales iguales en la misma columna no difieren ($p>0.05$)

En cuanto al ancho de la hoja de los diferentes tratamientos utilizados, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($p>0.05$).

Según Asimov (1980). En un estudio hecho con diferentes variedades de maíz y densidades de siembra, el comportamiento de la variedad y densidad en el ancho de hoja, se explica debido a que al incrementar la densidad se incrementa la competencia entre las plantas, teniendo como consecuencia un menor ancho de hoja. Este efecto también se explica por la competencia por luz a medida que se incrementa la altura, lo que tiene como consecuencia un menor ancho de hoja.

4.1.4. Largo de la raíz alcanzada a los 12 días

No se encontró diferencias significativas para la variable largo de la raíz con respecto a los tratamientos estudiados.

Cuadro4. Largo de la raíz (cm) para tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum*) variedad Inta tortillero precoz, santa rosa, sabana grande, Managua Nicaragua.

Tratamientos (Sustancias nutritivas)		Medias (cm)	Prueba de Tukey*
T1	15-15-15	2.020	a
T2	Biosólidos	2.933	a
T3	Foliar comercial	2.500	a
T4	Agua	2.500	a

*Literales iguales en la misma columna no difieren ($p>0.05$)

Las comparaciones de medidas muestran que no hubo diferencias significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos para esta variable. Lo que muestra que los distintos tratamientos fueron similares en cuanto a significancia. Calles (2005), en cebada obtuvo promedios de 12.09 y 15.05 cm a los 15 días (dimensiones de las bandejas 40 x 60 cm con una densidad de siembra de 0.50kg, 0.75kg, 1kg). Sin embargo en este estudio la longitud de la raíz fue inferior ya que alcanzó un promedio de 2.48 cm a los 12 días con una densidad de siembra de 2kg en bandejas de dimensiones similares de (50x50 cm).

Posiblemente una menor densidad de siembra en el sorgo mejore el crecimiento radicular ya que la planta puede verse en la necesidad de buscar agua y al tener mayor espacio va a existir una leve disminución de humedad, permitiendo un desarrollo radicular mayor para densidades menores y disminuyendo paulatinamente conforme aumenta la densidad de siembra.

4.1.5. Grosor del tallo alcanzado a los 12 días

En cuanto al grosor del tallo de los diferentes tratamientos utilizados, el análisis de varianza no mostro diferencias significativas ($p>0.05$).

Cuadro 5. Grosor del tallo (mm) para tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum*) variedad Inta tortillero precoz, santa rosa, sabana grande, Managua Nicaragua.

Tratamientos (Sustancias nutritivas)		Medias (mm)	Prueba de Tukey*
T1	15-15-15	1.166	a
T2	Biosólidos	1.166	a
T3	Foliar comercial	1.266	a
T4	Agua	1.116	a

*Literales iguales en la misma columna no difieren ($p>0.05$)

Según Duran (2002). En un estudio realizado con tres densidades diferentes en tres épocas de corte 1000, 1200 y 1500 g, no se encontraron diferencias significativas entre los datos analizados. Sin embargo, se presenta una tendencia a los mejores resultados para la densidad de siembra de 1200 g en sus tres tiempos de pre-germinación con un grosor de tallo de 2.47 mm. Por lo que este autor afirma que a menor densidad de siembra permite a la planta un mayor aprovechamiento de nutrientes y factores como: luminosidad y humedad relativa, esto favorecen el aumento de la fotosíntesis y su mayor desarrollo vegetativo de la planta.

Al comparar nuestro estudio con el estudio anterior no concuerdan, si tomamos en cuenta que se utilizó 2000 g/0.25m² lo que equivale a 8000 g/m². Esto demuestra que a densidades altas de siembra hay menor desarrollo vegetativo.

4.1.6 Rendimiento de biomasa forrajera de sorgo (*Sorghum*) variedad Inta tortillero precoz (kg / 0.25m²)

Para el rendimiento (kg/0.25m²) de biomasa forrajera no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. De manera que las medidas por tratamiento fueron similares.

Cuadro 6. Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de sorgo (kg/0.25m²). Utilizando tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo, (*Sorghum*) variedad Inta tortillero precoz. Santa Rosa, Sabana Grande, Managua, Nicaragua.

Tratamientos(Sustancias nutritivas)		Medias(kg/0.25m ²)	Prueba de Tukey
T1	15-15-15	7.133	a
T2	Biosólidos	7.566	a
T3	Foliar comercial	6.833	a
T4	Agua	6.966	a

*Literales iguales en la misma columna no difieren (p>0.05)

Los resultados del presente estudio no concuerdan con el estudio realizado por Parra *et al.*, (2006), quienes señalan que el rendimiento de forraje verde hidropónico a partir de un kilogramo de semilla, depende del día de cosecha y la fertilización, y puede producir 16.49 kg/m² a los 12 días de edad, mientras que en este estudio se utilizaron 2 kg/0.25m² obteniendo entre 6 y 7 kg/0.25m² de forraje verde hidropónico.

De acuerdo con Vargas (2008) A partir de 1 Kg de semilla se puede producir una masa forrajera de 6 a 8 Kg consumible en su totalidad, promedio que no concuerda con lo obtenido en el presente trabajo si se tiene en cuenta que en el presente estudio se utilizaron 2 kg/0.25m².

Elizondo (2005) por su parte menciona que a partir de 1 kg de semilla se pueden obtener 9 kg de biomasa, sin embargo en el presente estudio de 2 kg por 0.25 m² de semilla no se pudo obtener tales producciones, a pesar que la semilla fue sin impurezas y contó con un 93% de germinación.

Por otro lado no coincide con lo establecido por Valdivia (1997), McIntosh y Sneath (2003), citado por Vargas (2008), quienes consideran un buen rendimiento en forrajes bajo sistemas hidropónicos cuando la relación se mantiene 1:5 y que resulta complicado cuando la limitante es la calidad de la semilla.

Estos resultados no fueron satisfactorios con respecto a los demás autores citados probablemente debido a la densidad de siembra utilizada en nuestro estudio.

4.1.7. Materia seca (%)

El tratamiento con mayor porcentaje en materia seca se obtuvo con la formulación del T3 (foliar comercial), seguido del T1 con 12.61%, obteniendo los valores menores el T2 (biosólidos) y T4 (agua) con 12.34% y 11.38% respectivamente.

Cuadro 7. Porcentaje de materia seca (kg/bandeja) utilizando tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum*) variedad Inta tortillero precoz, santa rosa, sabana grande, Managua, Nicaragua

Tratamientos(Sustancias nutritivas)		Material Seca (%)
T1	15-15-15	12.61
T2	Biosólidos	12.34
T3	Foliar comercial	14.6
T4	Agua	11.38

Muestra única

Los resultados de este estudio concuerdan con lo expresado por Tarrillo (2007) quien recopilando información de varios autores que aducen que es posible obtener valores de MS entre 12 - 20% en sistema hidropónicos, en cambio Espinoza *et al.*,(2004) reportan valores de 14.43% de MS, en forraje verde hidropónico de maíz.

Por otro lado Rodríguez (2000), menciona que dependiendo de la especie forrajera es posible obtener materiales que varían entre 12 y 18% MS. Lo cual concuerda con los valores encontrados en nuestro estudio y no coinciden con los valores mencionados por otros autores quienes aseguran que los rendimientos esperados en cuanto a porcentaje de MS oscilan entre 20 y 30% (Carballo, 2000; FAO, 2001; Elizondo, 2005; Muller *et al.*, 2005)

4.1.8 Proteína Bruta (%)

En cuanto al porcentaje de proteína, los tratamientos T3, T1 y T2 con respecto al T4 (testigo) presentaron el menor contenido con (15.70%), (15.71%) y (17.01) respectivamente los 12 días de edad.

Cuadro 8. Porcentaje de proteína bruta (kg/bandeja) utilizando tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum*) variedad Inta tortillero precoz, santa rosa, sabana grande, Managua, Nicaragua

Tratamientos(Sustancias nutritivas)		Proteína Bruta (%)
T1	15-15-15	15.71
T2	Biosólidos	17.01
T3	Foliar comercial	15.70
T4	Agua	17.55

Muestra única

Bonhert *et al.*, (2002), menciona que un forraje con un contenido de proteína mayor a 6% es un forraje de buena calidad. Por lo que al analizar los resultados obtenidos en nuestro estudio, los tratamientos T4 y T2 presentaron ventajas con respecto al T1 Y T3, sin embargo todos los tratamientos tuvieron resultados que se encuentran por arriba del encontrado por este autor.

Por otra parte Urias (1997), menciona que no existe una única fórmula para nutrir los cultivos hidropónicos y la mejor es la que experimenta óptimos resultados.

En un estudio realizado por Moyano *et al.*, (2012) se observó que el comportamiento de la proteína en Forraje Verde Hidropónico en función del tiempo de cosecha, presenta su pico máximo de contenido proteico en el día décimo a partir del cual empieza a descender levemente hasta el día doce y de allí en adelante presenta un descenso vertiginoso, lo cual es compatible con reportes publicados por expertos en la materia.

Por esta razón Moyano *et al.*, (2012), afirma que el tiempo máximo de germinación de las plántulas no debe exceder del día doce. La decisión del día 10, 11 o 12 dependerá del área foliar alcanzada y peso del tapete pues en esta etapa del crecimiento está en plena expresión.

4.1.9 Fibra bruta (%)

La fibra es el constituyente mayoritario de los forrajes y su importancia para los animales radica en su influencia sobre la velocidad de transito, y como un sustrato importante para el crecimiento de los microorganismos del rumen, factor directamente relacionado con la salud y los rendimientos productivos de los animales (García *et al.*, 2000).

La fibra engloba a todas aquellas sustancias vegetales que el aparato digestivo no puede digerir y por tanto absorber por sí mismo, generalmente son nutrientes de tipo carbohidratos estructurales aunque carecen de valor calórico, ya que al no poder absorberlos no se pueden metabolizar para la obtención de energía, la fibra se divide en 2 tipos: insoluble (celulosa, lignina, y hemicelulosas) solubles (gomas y pectinas) (Brenes *et al.* 1977).

Según García (2000), A medida que el forraje madura aumenta el contenido de fibra, lo que determina una tasa de digestión más lenta, con mayor tiempo de pasaje por el tracto digestivo. La fibra es inversamente proporcional a la capacidad de consumo (a mayor fibra, menor consumo voluntario).

El mayor contenido de fibra bruta, lo obtuvo el T4 (agua) con un porcentaje de 20.40%, seguido por T3 y T1 con un porcentaje de 18.22% y 18.02% respectivamente. El T2 obtuvo menor porcentaje con 14.44%.

Cuadro 9. Porcentaje de fibra bruta utilizando tres tipos de fertilizante y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum*) variedad Inta tortillero precoz, santa rosa, sabana grande, Managua ,Nicaragua

Tratamientos(Sustancias nutritivas)		Fibra Bruta (%)
T1	15-15-15	18.02
T2	Biosólidos	14.44
T3	Foliar comercial	18.22
T4	Agua	20.40

Muestra única

En un estudio realizado en producción y calidad de biomasa, en condiciones sumamente controladas por estar en un invernadero de alta tecnología, las comparaciones de medias para las variables de fibra cruda de maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), y arroz (*oriza sativa*) obtuvieron porcentajes de (21.59, 19.71y 34.59 respectivamente) (Osorno *et al.*, 2012). Valores similares encontrados en el presente estudio con excepción del arroz.

Según Revuelta *et al.*, 1967 citado por Londoño, (1993). Clasifica los henos de acuerdo con su contenido en fibra en: mediocres con 33.5%, buena calidad 26.0%, muy bueno no mayor de 22%, y excelente no mayor de 19.5%. Los resultados obtenidos en el presente estudio se pueden calificar de excelente con respecto a la clasificación de Revuelta, obteniendo un promedio de FB de 17.77%.

VI. CONCLUSIONES

- ❖ Al utilizar diferentes sustancias nutritivas (15-15-15, biosólidos, fertilizante foliar comercial), con respecto al testigo (Agua) no hubo diferencias significativa en el rendimiento de FVH (Forraje Verde Hidropónico).
- ❖ En cuanto a los resultados de producción de forraje verde hidropónico, el mejor tratamiento con base a la composición química fue el T2 (Biosólidos) que destacó con valores de 12.34 MS 17.01 PB, y 14.44 FB con rendimiento de 7.56 kg/0.25m².
- ❖ Los resultados obtenidos en las características agronómicas, fueron afectadas por la densidad de siembra que se utilizó en este estudio.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos de investigación y proponer a los productores la implementación de invernadero no tradicional, utilizando materiales reciclables que se pueden encontrar en la finca para disminuir los costos de producción de FVH.
- Realizar trabajos de investigación utilizando las variables evaluadas en este trabajo como: largo de hoja, ancho de la hoja, grosor del tallo, longitud de la raíz y altura de la planta ya que en pocos estudios son consideradas. Teniendo en cuenta los factores climáticos y manejo del cultivo como: temperatura, humedad relativa, y densidad de siembra.
- Realizar evaluación con diferentes tipos de sustancias nutritivas que sean amigable con el medio ambiente.
- Ofertar más cultivo como: sorgo, trigo, cebada, arroz; dado que la mayoría de investigaciones se centran sobre el maíz, y es importante brindarles más opciones a los productores.
- El invernadero no tradicional no tuvo ningún efecto negativo en la producción ni en la composición química de FVH de sorgo por lo tanto se recomienda utilizar cualquiera de estos tratamientos utilizados en nuestro estudio.

Anexos



Anexo 1. Aplicación de sustancias nutritivas
Tomadas por: González y Blandón (2014)



Anexo 2. Pesaje de las sustancias nutritivas. Tomada por: González y Blandón (2014)



Anexo 3. Prueba de germinación de la semilla
Tomada por Gonzales y Blandón (2014)



Anexo 4. Curado de semilla
Tomada por: González y Blandón (2014)



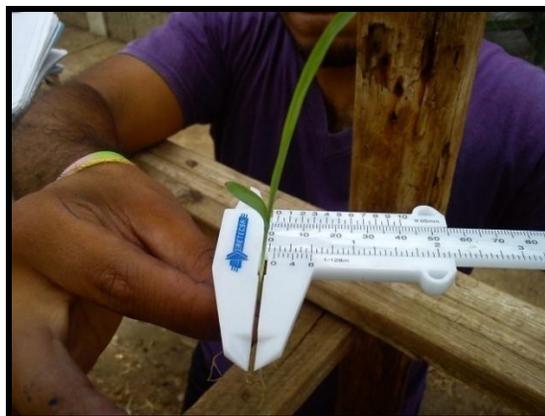
Anexo 5. Pesaje para el rendimiento de biomasa
laboratorio tomada por:
Tomada por: González y Blandón (2014)



Anexo 6. Muestras de 750 g que se llevó al
laboratorio tomada por González y Blandón (2014)



Anexo 7. Invernadero no tradicional
Tomadas por: González y Blandón (2014)



Anexo 8. Vernier para mediciones agronómicas
Tomada por: González y Blandón (2014)



Anexo 9. Día que se realizó la cosecha 23 de mayo. Tomada por: González y Blandón (2014)

II. LITERATURA CITADA

- Asimov, I. 1980. Fotosíntesis. (Trad.) Ferrer J. A. Plaza & Janes. ISBN 84-01-33168-4. España. 251 p. (en línea) consultado el 22 de abril del 2014. Disponible en: <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020150611.pdf>.
- Brenes, A., Brenes, J., y Pontes, M., 1977. Alimentación. UAB, p. 117-27. (en línea) consultado el 25 de mayo del 2014. Disponible en: http://www.vetzoo.umich.mx/phocadownload/Tesis/2013/Septiembre/homero_moreno_mendez.pdf.
- Calles, D. 2005. Evaluación de la Producción y Calidad del Forraje Verde Hidropónico de Cebada con la utilización de diferentes niveles de azufre y su respuesta en ganado lechero. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba- EC. p. 43, 45, 50,60. (en línea) consultado el 6 de junio del 2014. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1813/1/17T0725.pdf>.
- Cerrillo s., m. a.; Juárez r., a. s.; Rivera a., j. a.; Guerrero c., m.; Ramírez l., r. g.; Bernal b., H. 2012. Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. Interciencia 37(12):903-913. (en línea) consultado el 6 de agosto del 2014. Disponible en: http://www.interciencia.org/v37_12/906.pdf
- Duran, R. 2002. Comportamiento fisiológico del maíz blanco en condiciones de hidroponía con diferentes dosis de nutrientes para producción de forraje verde en el norte del cesar. Facultad de Ingeniería y Tecnológicas. Universidad Popular del Cesar (U.P.C.). Valledupar – Cesar – CO 4-5p. (en línea) consultado el 4 de agosto del 2014. Disponible en: http://www.researchgate.net/profile/Ricardo_Duran_baron/publications?pubType=article.
- Elizondo, J. 2005. Forraje verde hidropónico: Una alternativa para la alimentación animal. Revista ECAG informa. 32. Editorial. Athenas. San José, CR. 36-39p. (en línea) consultado el 3 de julio del 2014. Disponible en: <http://atenas.utn.ac.cr/images/revista/ecag32.pdf>.
- Espinoza, F.; Argenti, P.; Urdaneta, G.; Araque, C.; Fuentes, A.; Palma, J.; y Bello, C. 2004. Uso del forraje de maíz (*Zea mays*) hidropónico en la alimentación de toretes mestizos. Zootecnia Trop., 22(4): 303-315. (en línea) consultado el 3 de agosto del 2014. Disponible en: http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/ZootecniaTropical/zt2204/arti/espinoza_f.htm.

- FAO (Feed and Agriculture Organization).2001.Manual técnico: Forraje Verde Hidropónico. FAO. Santiago, CL. 68 p. (en línea) consultado el 3 de agosto del 2014. Disponible en:
http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292011000300011&script=sci_arttext.
- Fresquez, P.R.; Francis, R.E.; Dennis, G.L. 1990. Sewage sludge effects on soil and plantquality in a degraded semiarid grassland. J. Environ. Qual. 19:324-329. (en línea) consultado el 3 de agosto del 2014. Disponible en:
<books.google.com.ni/books?isbn=1402060246>.
- García, J.; Carabaño, R.; De Blass, C. y, García, A. 2000. Importancia del tipo de fibra: Nuevos conceptos y ejemplos para su aplicación en cunicultura. NUTRECO. Poultry and rabbit Research Center. P. 85 – 98. (en línea) consultado el 3 de julio del 2014. Disponible en:
http://www.federaciongalegadecaza.com/biblioteca/coello/CIENTIFICAS_009.pdf.
- Holdridge, L.R.1978. ecología basada en zonas de vida. Editorial IICA. Serie: libros y materiales educativos N° 34.San José. CR 216 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense de estudios Territoriales). 2006. Datos de la estación meteorológica. SAINSA.Managua.NI.
- Elizondo, J. 2002. Elaboración y uso de alfombras forrajeras hidropónicas. Serie: utilización de cultivos forrajeros. Facultad de Agronomía Escuela de Zootecnia. Universidad de costa rica. (Guía Técnica N° 15). San José, CR.2p. (en línea) consultado el 8 de julio del 2014. Disponible en:
<http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01o83.pdf>.
- Londoño, F. 1993. Fundamentos de Alimentación Animal. Managua, Ni. 108-109 p.
- López, P.; Mcfield, S. 2013. Efectos de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*zeamays*) variedad NB6, en un invernadero no convencional. Tesis de grado. Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 13p.
- Mooney, J. 2005. Growing cattlefeed hydroponically.2002 Scholarship Report.AustralianNutffield Farming Scholars Association. Sidney, AU. 30 p. (en línea) consultado el 8 de julio del 2014. Disponible en:
<http://www.cepechile.blogspot.com/2012/01/produzca-forraje-todo-el-ano.html>.
- Moyano, L.; Sánchez, H. 2012. Comportamiento de la proteína de forraje verde hidropónico en función del tiempo de cosecha. Revista sistemas agroecológicos, 3(2). 10p. . (en línea) consultado el 8 de junio del 2014. Disponible en:
<http://www.agro.unc.edu.ar/~paginafacu/archivos/00-V%20Jornadas%20Integradas%20de%20Investigacion%20y%20Extension%20.pdf>.

- Osorno, R.; González L. 2012. Producción y calidad de la biomasa de maíz (*Zeamays*) sorgo (*Sorghum bicolor*) arroz (*Oriza sativa*) en alfombra forrajera hidropónica. Tesis de grado. Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria, Managua, NI. 17p.
- Parra, B; Cigales Rivera, J; Salazar, L; Urquiaga, S.2006. Caracterización de variedades de maíz mediante 15 nutrientes como marcadores en tres etapas fenológicas. Revista Fitotec. México. 29:13-17. (en línea) consultado el 8 de junio del 2014. Disponible en:
<http://www.redalyc.org/pdf/573/57318502007.pdf>.
- Rodríguez, S. 2000. Hidroponía: una solución de producción en Chihuahua, México. Boletín informativo de la red Hidroponía N° 9.Lima, Perú. (en línea) consultado el 8 de junio del 2014. Disponible en:
http://www.mag.go.cr/rev_meso/v19n02_233.pdf
- Tarrillo, H. 2007. Forraje Verde Hidropónico, forraje de alta calidad para la alimentación animal (en línea). Arequipa Perú. Consultado 20 de jun. 2014. Disponible en: [http://www. Ofertasagricolas.cl/articulos/print.php](http://www.Ofertasagricolas.cl/articulos/print.php).
- Urias, E.1997. Hidroponía. como cultivar sin tierra. Red Hidroponía. Lima, peru.p.7. (en línea) consultado el 29 de mayo del 2014. Disponible en:
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692010000100005&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt.
- Utria, E.; Inés, R.; Cabrera, A.; Morales D.; Morúa, A y Álvarez, N. 2006. Caracterización de los biosólidos de aguas residuales de la estación depuradora de aguas residuales “QUIBÚ” Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas CU, vol. 27. Pp. 83-87. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215825013>.
- Vargas, C.; 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de Maíz, arroz y sorgo negro forrajero. Agronomía Mesoamericana. Costa Rica. Vol. 19. No2. 9 p. (en línea). Consultado el 11 de jul. 2014. Disponible en:
[http://www. Redalyc.org/articulos.oa](http://www.Redalyc.org/articulos.oa).