



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INTEGRALES
DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”**

Trabajo de graduación

**Producción y calidad de la biomasa de *Zea mays*, *Sorghum*
bicolor, *Oriza sativa* en alfombra forrajera hidropónica**

AUTORES

Br. Román Amilkar Osorno Reyes

Br. Luís Manuel González Murillo

ASESOR

Ing. Marbell Jeronimo Betancourt Saavedra. M.Sc.

MANAGUA, NICARAGUA

OCTUBRE, 2012



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INTEGRALES
DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”**

Trabajo de graduación

**Producción y calidad de la biomasa de *Zea mays*, *Sorghum*
bicolor, *Oriza sativa* en alfombra forrajera hidropónica**

AUTORES

**Br. Román Amilkar Osorno Reyes
Br. Luís Manuel González Murillo**

ASESOR

Ing. Marbell Jeronimo Betancourt Saavedra. M.Sc.

**MANAGUA, NICARAGUA
OCTUBRE, 2012**

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 examinador

M.Sc. Miguel Matus López
Presidente

Ing. Wendell Mejía
Secretario

M.Sc. Domingo José Carballo Dávila
Vocal

Managua 29 de octubre de 2012

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo General	2
2.2. Objetivos específicos	2
III. MATERIALES Y METODOS	3
3.1 Localización del ensayo	3
3.2 Clima	3
3.3 Tratamiento y diseño	3
3.4 Variables medidas	3
3.4.1 Producción de biomasa	4
3.4.2 Calidad de la biomasa	4
3.5. Diseño Metodológico	4
3.5.1 Procedimiento para el montaje y manejo del experimento	5
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
4.1 Rendimiento de Alfombra Forrajera Hidropónica	11
4.1.1 Rendimiento por bandeja	11
4.1.2 Rendimiento por metro cuadrado	13
4.2 Parámetros de calidad de Alfombra Forrajera Hidropónica	15
4.2.1 Materia Seca	15
4.2.2 Proteína Cruda	16
4.2.3 Fibra Cruda	17
4.2.4 Contenido de Cenizas	18

V. CONCLUSIONES	20
VI RECOMENDACIÓN	21
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

DEDICATORIA

Dedico este encomioso trabajo investigativo a:

Dios, ser más allá de cualquier expresión o metáfora quien ha sido luz en mi camino, fuente de sabiduría, remanso de paz y el horizonte de vida y bienestar espiritual y por ende el que me conduce a la estabilidad y supervivencia sempiterna.

Mis padres:

Rosa Ramona Reyes Panting, Carlos Amir Osorno Alvarado, seres incondicionales que han sido un instrumento enviado desde el cielo para formarme con altas potencialidades humanas, sociales y espirituales.

Mis tíos:

Aníbal Osorno Alvarado, que desde el extranjero, han colaborado en todas las áreas de mi vida, especialmente en el ámbito económico y Ricardo Reyes Panting, mi fiel concejero en las adversidades que la vida me ha presentado en el transcurso de mi carrera profesional.

Todas las personas que han sido piezas fundamentales para la consecución de mis sueños, metas que sólo se pueden cumplir con el altruismo de seres que lo dan todo sin recibir nada a cambio y en especial a la Lic. Hazzell Lissette Morales Chávez y a la Ing. Jessica Valeria Valenzuela, Dios mi padre celestial.

Br. Román Amilkar Osorno Reyes

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de graduación a:

Dios, por permitirme vivir, darme las fuerzas necesarias para alcanzar mis metas y guiarme con su luz por el camino hacia la culminación de mis estudios.

Mi padre, Braulio González García, ser que durante toda mi vida y aún más durante el transcurso de mis estudios ha sido fiel amigo, consejero y el principal apoyo incondicional para mi desarrollo social y profesional, infinitas gracias papá espero un día poder corresponderte.

Mi madre, Rosa Esmilda Molina Murillo, por darme la vida y por sus deseos de superación para mi persona gracias mamá.

Mis hermanas, Daniela del Carmen González murillo, Ana Lucí González murillo y a mi hermano, Juan Adolfo González García, por ser piezas fundamentales en el transcurso de mis estudios.

Todas esas personas que de alguna u otra manera han aportado un granito de arena en alcance de mis metas como persona y como estudiante. En especial a Rosa Marcela González, por su grata compañía y por ser la madre de mi futura hija.

Br. Luís Manuel González Murillo

AGRADECIMIENTO

La gratitud es la memoria del corazón y en el nuestro quedarán eternamente:

Dios, máximo exponente del amor, sabiduría y plenitud, ser a quien le debemos todo cuanto tenemos ,aun sin merecerlo, porque su misericordia nos ha rodeado en cada instante de nuestras vidas.

Nuestros maestros, baluartes de la educación, mentores ubérrimos que han fomentado y transmitido con excelencia el pan de la enseñanza y por ende han sembrado la semilla del saber en estos incipientes profesionales que tienen mucho que dar a esta bella y egregia Nicaragua.

Nuestro asesor: Ing. Marbell Jeronimo Betancourt Saavedra. M.Sc, y al Ing. Miguel Matus López. M.Sc, quien nos ha orientado con pertinencia y eficacia en la realización de este maravilloso trabajo investigativo, ya que han sabido guiarnos con paciencia y ahínco en la fundamentación teórica y experimental del mismo.

Nuestra magna institución de educación superior, que junto al claustro de docentes, han cimentado las bases de una formación integral que contribuye con la generación en cuanto a la adquisición de conocimientos científico-técnicos e innovación para el desarrollo agrario integral y sostenible de esta nación.

A todos ustedes,

¡Infinitas Gracias!

Br. Román Amilkar Osorno Reyes

Br. Luís Manuel González Murillo

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Comparaciones de medias para la variable rendimiento de forraje verde (kg/Bandeja), del maíz (<i>Zea mays</i>), sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>), y arroz (<i>Oriza sativa</i>) en alfombra forrajera hidropónica. Managua, Nicaragua.	11
2.	Comparaciones de medias para la variable rendimiento de Materia Seca (kg/Bandeja), del maíz (<i>Zea mays</i>), sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>), y arroz (<i>Oriza sativa</i>) en alfombra forrajera hidropónica. Managua, Nicaragua	12
3	Comparaciones de medias para la variable rendimiento de forraje verde (kg/m ²), del maíz (<i>Zea mays</i>), sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>), y arroz (<i>Oriza sativa</i>) en alfombra forrajera hidropónica. Managua, Nicaragua.	13
4	Comparaciones de medias para la variable rendimiento de Materia Seca (kg/m ²), del maíz (<i>Zea mays</i>), sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>), y arroz (<i>Oriza sativa</i>) en alfombra forrajera hidropónica. Managua, Nicaragua	14
5	Comparaciones de medias para la variable Materia Seca (%), del maíz (<i>Zea mays</i>), sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>), y arroz (<i>Oriza sativa</i>) en alfombra forrajera hidropónica. Managua, Nicaragua.	15
6	Comparaciones de medias para la variable Proteína Cruda del maíz (<i>Zea mays</i>), sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>), y arroz (<i>Oriza sativa</i>) en alfombra forrajera hidropónica. Managua, Nicaragua.	16

- 7 Comparaciones de medias para la variable Fibra Cruda del maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), y arroz (*Oriza sativa*) en alfombra Forrajera Hidropónica. Managua, Nicaragua. 18
- 8 Comparaciones de medias para la variable Ceniza del maíz (*Zea Mays*), (*Sorghum bicolor*), y arroz (*Oriza sativa*) en alfombra Forrajera Hidropónica. Managua, Nicaragua 19

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA

FOTOGRAFÍA	PÁGINA
1 Selección manual de semilla de <i>Zea mays</i> , <i>Oriza sativa</i> y <i>Sorghum bicolor</i> para el cultivo de alfombra forrajera Hidropónica	6
2 Pesaje de semilla de <i>Zea mays</i> , <i>Oriza sativa</i> y <i>Sorghum bicolor</i> para el cultivo de alfombra forrajera hidropónica	6
3 Prelavado de semilla de <i>Zea mays</i> , <i>Oriza sativa</i> y <i>Sorghum bicolor</i> para el cultivo de alfombra forrajera hidropónica	6
4 Lavado y desinfección de semilla de <i>Zea mays</i> , <i>Oriza sativa</i> y <i>Sorghum bicolor</i> para el cultivo de alfombra forrajera hidropónica	6
5 Extendido de semilla en plástico <i>Zea mays</i> , <i>Oriza sativa</i> y <i>Sorghum bicolor</i> para el cultivo de alfombra forrajera hidropónica	7
6 Volteo y oreo de semilla por 24 horas de <i>Zea mays</i> , <i>Oriza sativa</i> y <i>Sorghum bicolor</i> para el cultivo de alfombra forrajera hidropónica	7

7	Colocación de 245 g de sustrato de heno de Ct – 115 para el cultivo de <i>Zea mays</i> , <i>Oriza sativa</i> y <i>Sorghum bicolor</i> en alfombra forrajera hidropónica	7
8	Distribución de 1 kg de semilla pura germinable de <i>Zea mays</i> , <i>Oriza sativa</i> y <i>Sorghum bicolor</i> para el cultivo de alfombra forrajera Hidropónica	7
9	Tapado de bandejas para el proceso de germinación <i>Zea mays</i> , <i>Oriza sativa</i> y <i>Sorghum bicolor</i> para el cultivo de alfombra forrajera Hidropónica	8
10	Riego de bandejas con semillas germinadas de <i>Zea mays</i> , <i>Oriza sativa</i> y <i>Sorghum bicolor</i> para el cultivo de alfombra forrajera Hidropónica	8
11	<i>Cultivo en pleno desarrollo de Zea mays, Oriza sativa y Sorghum bicolor</i> para el cultivo de alfombra forrajera hidropónica	8
12	Cultivo de 12 días y sistema radicular formando las alfombras forrajeras de <i>Zea mays</i> , <i>Oriza sativa</i> y <i>Sorghum bicolor</i>	8
13	Alfombra apta a cosecha de <i>Zea mays</i> , <i>Oriza sativa</i> y <i>Sorghum bicolor</i>	9
14	Cosechas de las alfombras forrajeras de <i>Zea mays</i> , <i>Oriza sativa</i> y <i>Sorghum bicolor</i> para el cultivo de alfombra forrajera hidropónica	9

15	Pesaje de las bandejas con cultivos forrajeros hidropónicos	9
16	Toma de muestras para su envío al laboratorio de bromatología <i>Zea mays</i> , <i>Oriza sativa</i> y <i>Sorghum bicolor</i> para el cultivo de alfombra forrajera Hidropónica	9

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar los tratamientos *Zea mays*, *Sorghum bicolor* y *Oriza sativa*, para determinar su rendimiento y composición química, como alfombra forrajera hidropónica, se realizó un ensayo en el Invernadero del Departamento de Protección Vegetal y Forestal (DEPAF) - Universidad Nacional Agraria, Managua, ubicada en el km 12 ½ carretera norte. Como sustrato para la alfombra se utilizó heno del pasto Cubano CT - 115 (*Pennisetum purpureum* x *P. tiphoides*). Se utilizó un Diseño Completo al Azar, con tres tratamientos y, tres repeticiones. Como unidad experimental se utilizó la cantidad de 1000 gr (1 kg) distribuida uniformemente en bandejas plástica de 0.2034 m². Las variables de estudio fueron; rendimiento de alfombra en verde y seca, por bandeja y por metro cuadrado; porcentajes de; materia seca, proteína cruda, fibra cruda y cenizas. Se realizaron Análisis de Varianza y, separaciones de medias, usando Duncan (P<0.05). Para el análisis estadístico las variables codificadas en porcentajes se transformaron, según, 2 arco seno \sqrt{p} (Dos veces Arco seno de la raíz cuadrada de la proporción). No hubo diferencias significativas (P>0,05) para el rendimiento por bandeja de alfombra en verde entre tratamientos, pero sí para el rendimiento (kg) por bandeja de materia seca (P<0.05) entre la producción del arroz (0.91) y sorgo (0.65), no así entre el arroz y maíz, ni entre el maíz y el sorgo. Resultados similares se encontraron para la producción por m². No se encontraron diferencias significativas (P>0.05) entre los tres cultivos, oscilando la producción desde 23.59 a 28.35 kg/m², para sorgo y maíz respectivamente. Se encontraron diferencias significativas (P<0.05) entre tratamientos para la producción de biomasa seca, la mayor producción la obtuvo el arroz y la menor el sorgo (4.48 y 3.22 kg/m²). La gramínea con el porcentaje de MS más alto fue el arroz (16.48), que mostró diferencias significativas (P<0,05) con respecto al sorgo y el maíz; el maíz presentó los porcentajes de MS más bajos (12.41). Respecto a la proteína cruda se encontraron diferencias significativas (P<0.05) entre los cultivos. El mayor contenido (%) se obtuvo en el sorgo (15.01) y el menor (9.76) en el arroz. Los contenidos de fibra cruda presentaron diferencias significativas (P< 0.05) entre el arroz con el maíz y sorgo, no así entre sorgo y maíz. El arroz presentó mayores contenidos (34.59 %), registrándose el menor tenor en el sorgo (19.71 %). Los contenidos de cenizas presentaron las mismas tendencias que la fibra cruda en cuanto a las diferencias estadísticas encontradas. El mayor contenido (%) de cenizas se obtuvo en el arroz (9.31) y el menor para el maíz (4.51). La alfombra forrajera hidropónica es una alternativa viable para la producción de forraje de alta calidad e inocuidad.

Palabras Claves: Alfombra forrajera, Hidroponía, *Zea mays*, *Sorghum bicolor*, *Oriza sativa*, Sustrato, Heno.

ABSTRACT

With the aim to evaluate the treatments *Zea mays*, *Sorghum bicolor* and *Oryza sativa*, to determine his performance and chemical composition, like carpet forrajera hidropónico, realized an essay in the Invernadero of the Department of Vegetal Protection and Forestal (DEPAF) - Agricultural National University, Managua, situated in the km 12 ½ car. Used a Complete Design at random, with three treatments and, three repetitions. Like experimental unity used the quantity of 1000 gr (1 kg) distributed uniformemente in bandejas plastic of 0.2034 m². The variables of study were; performance of carpet in green and dry, by bandeja and by square subway; percentages of; dry subject. There were not significant differences ($P>0,05$) for the performance by bandeja of carpet in green between treatments, but himself for the performance (kg) by bandeja of dry subject ($P<0,05$) Did not find significant differences ($P>0,05$) between the three crops, oscilando the production from 23.59 to 28.35 kg/m², for sorgo and maíz respectively. They found significant differences ($P<0,05$) Between the production of the rice (0.91) and sorgo (0.65), no like this between the rice and maíz, neither between the maíz and the sorgo. Similar results found for the production by m². Between treatments for the production of dry biomass, the main production obtained it the rice and the minor the sorgo (4.48 and 3.22 kg/m²). The gramínea with the percentage of MS higher was the rice (16.48), that showed significant differences ($P<0,05$) Regarding the sorgo and the maíz; the maíz presented the percentages of MS lower (12.41). As regards the raw protein found significant differences ($P<0,05$) Between the crops. The main content (%) obtained in the sorgo (15.01) and the minor (9.76) in the rice. The contents of raw fibre presented significant differences ($P< 0,05$) Between the rice with the maíz and sorgo, no like this between sorgo and maíz. The rice presented main contents (34.59 %), registering the minor tenor in the sorgo (19.71 %). The contents of cenizas presented the same trends that the raw fibre regarding the statistical differences found. The main content (%) of cenizas obtained in the rice (9.31) and the minor for the maíz (4.51). The carpet forrajera hidropónica is a viable alternative for the production of forraje of high quality and inocuidad.

Keywords: Carpet forage, Hydroponic, *Zea mays*, *Sorghum bicolor*, *Oryza sativa*, Substrate, Hay.

I. INTRODUCCIÓN

Cerca de una tercera parte de la superficie de la tierra está dedicada a la producción pecuaria. Esta enorme extensión está constituida por pastizales nativos y mejorados, así como por tierras agrícolas dedicadas al cultivo del forraje cosechable (CIAT, 2000).

La demanda mundial de carne, leche y otros productos de origen animal crecerá de manera dramática en las próximas décadas e igualmente lo hará la necesidad de disponer de forrajes mejorados.

Los pequeños productores pecuarios de los países en desarrollo, que se enfrentan con la competencia rígida de las operaciones industriales de alta eficiencia, tanto nacionales y extranjeras, tendrán que buscar nuevas opciones técnicas como la combinación de gramíneas y leguminosas de superior calidad para remplazar con ellas el forraje del pastizal nativo, cuyo valor nutritivo tiende a ser bajo (CIAT, 2000).

La escasa disponibilidad y la pobre calidad de los forrajes, se considera entre otros uno de los factores que limita la producción animal en los trópicos. Una alternativa a algunos de estos problemas lo constituyen las diversas formas de conservación de forrajes como el ensilaje, el heno y el henilaje (Elizondo, 2004). Sin embargo, para muchos podría no ser la alternativa más viable, pues cualquiera de las tres formas requiere una inversión fuerte en maquinaria y equipo.

Una alternativa viable y poco conocida en nuestro país, la constituye el Forraje Verde Hidropónico (FVH), el cual consiste en la germinación de semillas y su posterior crecimiento, bajo condiciones ambientales controladas, en ausencia de suelo (Rotar, 2004).

Hoy en día, la técnica de hidroponía juega un papel muy importante en el desarrollo global de la agricultura. La presión por el incremento de la población, los cambios climáticos, la erosión del suelo, la falta de agua y su contaminación, son algunos de los factores que han influenciado la búsqueda de nuevos métodos alternos de producción (FAO, 2002).

Existe actualmente una opción a la producción convencional de forraje hidropónico que es la alfombra forrajera, en la que se utiliza un sustrato en el que crece el forraje y a la vez sirve como fuente de fibra.

4.4 Alfombra forrajera hidropónica

Existen muchas variaciones en los sistemas hidropónicos, desde los que prescinden de los sustratos de soporte y proveen aireación de manera artificial para la oxigenación de las raíces, hasta los que se han diseñado para uso casero con sustratos de bajo costo y tecnologías sencillas de preparación y uso de las soluciones nutritivas (Jiménez y Elizondo, 2002).

Se requieren cuatro elementos para esta práctica:

- un molde adecuado,
- un sustrato para soporte,
- una buena semilla y
- una adecuada solución nutritiva.

El molde, puede ser una bandeja, una pila cementada o una simple lámina plástica moldeada con reglas de madera, de 3 a 5 cm de hondo. El largo y el ancho de cada molde tendrá que ser definido por varios factores, entre los principales; las necesidades de alimento para los animales, el largo del período en que se va a usar la alfombra como alimento, el diseño del sistema de producción (en uno o más niveles, si es intensivo con uso de luz artificial, etc.).

El sustrato, debe tener las características de ser tosco, con un tamaño de partícula igual o mayor que la semilla y no ser de bajo valor nutritivo, pues el uso final de la alfombra es el consumo por los animales. Se recomiendan sustratos como olote molido, bagacillo o bagazo molido de caña de azúcar, cascarilla de soya, pasto seco o heno (molidos). No resulta tan recomendable la utilización de la cascarilla de arroz.

La semilla del cultivo forrajero debe ser una de fácil adquisición y de adecuado precio. No se requiere que sea semilla certificada o autorizada, basta con que sea fresca y germine en más de un 80%.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar el rendimiento y calidad de la biomasa de tres gramíneas de grano *Zea mays*, *Sorghum bicolor* y *Oriza sativa*, utilizando cultivo hidropónico en alfombra forrajera.

2.2. Objetivos específicos

Determinar los parámetros de calidad (Materia Seca, proteína cruda, fibra cruda) en la biomasa de tres gramíneas *Zea mays*, *Sorghum bicolor* y *Oriza sativa* en alfombra forrajera hidropónica

Identificar la gramínea de mejor comportamiento con base en los rendimientos de biomasa y calidad, evaluadas en alfombra forrajera hidropónica.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El trabajo de investigación se realizó entre febrero 23 y marzo 05 del año 2012. Se designó para tal efecto el invernadero del departamento de protección vegetal y forestal (DEPAF) de la Universidad Nacional Agraria, Managua, ubicada en el km 12 ½ carretera norte, municipio de Managua, departamento de Managua, localizada entre las coordenadas geográficas 12°08'44.93" de latitud norte y 86°09'45.4" de longitud oeste, a una altura de 56 msnm.

3.2. Clima

La zona presenta una época lluviosa bien definida durante los meses de mayo a noviembre, la precipitación media anual es de 1132,07 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 especies de gramíneas de grano *Zea mays*, *Sorghum bicolor* y *Oriza sativa*. Como forraje verde hidropónico en la modalidad de alfombra forrajera hidropónica.

El diseño utilizado fue un completo al azar (DCA) con tres repeticiones. Como unidad experimental se utilizó la cantidad de 1000 g (1 kg) de semilla pura germinable por tratamiento y repetición.

3.4 Variables medidas

Las variables de interés en este ensayo como parámetros de producción e indicadores de la calidad nutritiva de las alfombras forrajeras hidropónicas fueron:

3.4.1 Producción de biomasa

- Rendimiento de alfombra verde hidropónica (kg FV/0.2034m²)
- Rendimiento de alfombra verde hidropónica (kg FV/m²)
- Rendimiento de la alfombra con base en materia seca (kg MS/0.2034m²)
- Rendimiento de la alfombra con base en materia seca (kg MS/m²)

3.4.2 Calidad de la biomasa

- Materia seca (%)
- Proteína cruda (%)
- Fibra Cruda (%)
- Cenizas (%)

3.5 Diseño Metodológico

El presente estudio se enmarca dentro de un plan de investigación nutricional básico (Ruiz, 1980).

Por lo que es necesario establecer la variabilidad de los parámetros de calidad, mediante un análisis de laboratorio con el fin de obtener información sobre los elementos de mayor aporte y los elementos limitantes.

En este sentido el presente estudio para la producción de forraje verde hidropónico, se utilizó la metodología propuesta por Jiménez y Elizondo (2002).

La misma consiste en un molde de plástico (Bandeja) donde se colocó un sustrato de heno de la gramínea forrajera cuba CT – 115 (*Pennisetum purpureum x P. typhoides*). Posteriormente se depositó la semilla, previamente lavada, desinfectada y remojada, para pregerminarla bajo condiciones de cuarto oscuro. Una vez colocada la semilla, se agregó agua hasta cubrirla levemente para que el sustrato absorbiera la humedad, de ser necesario se agregaría más agua. Se aplicó riegos diarios en forma de lluvia para mantener la humedad. La cosecha de la alfombra se realizó a los 12 días de germinada incluyendo el sustrato.

Para la determinación de los parámetros de calidad materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC) y cenizas (CEN), se utilizó la metodología del análisis de Weende o análisis proximal (AOAC, 1990).

3.5.1 Procedimiento para el montaje y manejo del experimento

Para el montaje del experimento se utilizó semilla comercial de las especie graníferas Maíz (*Zea mays*) variedad NB6 con 98% de germinación, Sorgo (*Sorghun bicolor*) variedad INTA-CNIA categoría registrada con 73 % de germinación y; Arroz (*Oriza sativa*) Variedad INTA Dorado, categoría registrada con 90 % de germinación.

La unidad experimental estuvo constituida por la cantidad de 1000 g de semilla pura germinable de las gramíneas evaluadas por tratamiento y repetición.

Las bandejas fueron colocadas sobre una mesa de concreto del invernadero.

Procedimiento de cultivo

1. Pesaje y escogencia de las semillas: En el presente ensayo se realizó una modificación en cuanto a la densidad de siembra, otros autores (Carballo, 2000; Elizondo, 2008) utilizan densidades de siembra basados en el peso del grano, no considerando las diferencias entre los porcentajes de germinación de los cultivos.

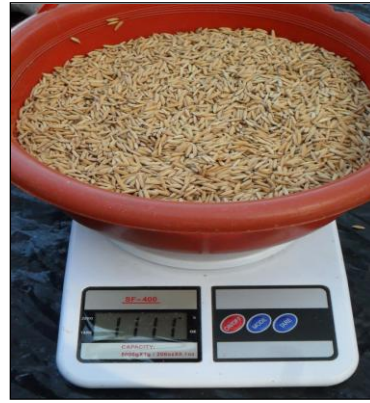
En nuestro caso considerando los porcentajes de germinación, utilizamos 1 kg de semilla pura germinable (según fórmula descrita abajo) por cultivo y bandeja de 0.2034 m².

Se hizo una selección manual de las semillas para eliminar todas aquellas que estaban en mal estado (semillas partidas) y con cuerpos extraños (Fotografía 1 y 2).

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



Fotografía 1. Selección manual de semillas
Tomada por Román Osorno (2012)



Fotografía 2. Pesaje de las semillas
Tomada por Román Osorno (2012)

2. **Prelavado:** En recipientes de baldes plásticos se remojó la semilla colocando por separado cada grupo de semillas de las diferentes gramíneas a evaluar, esto permitió eliminar todas aquellas que flotaban en agua (Fotografía 3).



Fotografía 3. Prelavado de semillas
Tomada por Román Osorno (2012)

3. **Lavado:** se lavaron y desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio (5,25%) al 1% (10 ml de solución de cloro comercial en un litro de agua) dejándolas remojar, en ésta, durante 30 minutos a una hora, luego se enjuagaron con agua. (Fotografía 4).



Fotografía 4. Lavado y desinfección de las semillas
Tomada por Román Osorno (2012)

4. Remojo: Se sumergieron las semillas en agua por un periodo de tiempo de 18-20 horas, se hizo recambio manual del agua que se veía turbia.

5. Oreo: Las semillas se colocaron sobre plásticos limpios extendidos para orearlos por un lapso de 24 horas (Fotografía; 5 y 6)



Fotografía 5. Extendido de las semillas para oreo
Tomada por Román Osorno (2012)



Fotografía 6. Volteo y oreo de las semillas
Tomada por Román Osorno (2012)

6. Traslado: Se colocó una capa uniforme de sustrato (245 g) de heno de CT - 115 Taiwán Cubano (*Pennisetum purpureum x P. typhoides*), posteriormente se colocaron las semillas en las bandejas de un tamaño de 0.2034 m², utilizando tres bandejas por gramínea (Fotografía; 7 y 8)



Fotografía 7. Sustrato de heno de CT - 115
Tomada por Román Osorno (2012)



Fotografía 8. Bandejas plásticas con semillas
Tomada por Román Osorno (2012)

7. Germinación: Para lograr una adecuada germinación, las bandejas fueron cubiertas con un plástico negro (Fotografía, 9), así se dispusieron las mismas en el invernadero donde se mantuvo a temperatura ambiente, buena ventilación, oscuridad y con la ayuda de una regadera (Fotografía, 10), se suministró el agua evitando que se movieran las semillas, este proceso duró 24 horas.



Fotografía 9. Recubrimiento de las bandejas
Tomada por Román Osorno (2012)



Fotografía 10. Riego con regadera de mano
Tomada por Román Osorno (2012)

8. Producción: Una vez pasado el tiempo de germinación, se retiró el plástico negro que cubrió las bandejas, a partir de este momento se iniciaron los riegos, espaciados en dos riegos diarios (Mañana y Tarde) hasta completar los 12 días de crecimiento de los cultivos (Fotografía; 11 y 12).



Fotografía 11. Crecimiento del cultivo
Tomada por Román Osorno (2012)



Fotografía 12. Cultivo de 12 días de crecimiento
Tomada por Román Osorno (2012)

9. Cosecha: Se realizó cuando las tres especies evaluadas tuvieron 12 días de edad después de la germinación (Fotografía; 13 y 14). Se pesó toda la alfombra incluyendo la bandeja, se restó el peso de la bandeja y se obtuvo el peso fresco por bandeja. Se obtuvo una muestra de 750 g para ser enviada al laboratorio de bromatología de la Facultad de Ciencia Animal de la UNA. Posteriormente con los rendimientos obtenidos de cada bandeja por cultivo y repetición se extrapolaron los datos para obtener el rendimiento de alfombra por m² (Fotografía; 15 y 16)



Fotografía 13. Alfombra apta a cosecha
Tomada por Román Osorno (2012)



Fotografía 14. Cosecha de alfombra forrajera hidropónica
Tomada por Román Osorno (2012)



Fotografía 15. Pesaje de las bandejas con cultivos
Tomada por Román Osorno (2012)



Fotografía 16. Muestras para envío al laboratorio
Tomada por Román Osorno (2012)

3.5.2 Procedimiento analítico

Para las variables de estudio:

- Rendimiento de alfombra verde (kg FV/0.2034 m² y kg FV/m²)
- Rendimiento de la alfombra con base en materia seca (kg MS/0.2034 m² y kg FV/m²)
- Materia seca (%)
- Proteína cruda (%)
- Fibra cruda (%)
- Cenizas (%)

Se realizaron análisis de varianza utilizando el siguiente modelo matemático:

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

Donde:

Y_{ij} : Es una observación cualquiera de las características en estudio.

μ : Es la media poblacional de las características.

T_i : Es el efecto del i -ésimo tratamiento.

ε_{ij} : Error experimental

i : Tratamientos

j : Repetición

Para el análisis estadístico las variables codificadas en porcentajes se transformaron según, $2 \arcsin \sqrt{p}$ (dos veces el Arco seno de la raíz cuadrada de la proporción); con el fin de ajustar los datos porcentuales a una distribución normal (Steel y Torrie, 1988).

Posteriormente se realizaron comparaciones de medias usando la prueba de Tukey.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de Alfombra Forrajera Hidropónica

4.1.1 Rendimiento por bandeja

El mayor rendimiento de biomasa en forraje verde se obtuvo en maíz. En promedio, las bandejas de 2,034 cm² de esta semilla lograron producir 5.77 kg de forraje verde en alfombra forrajera hidropónica (AFH).

Por su parte, el arroz alcanzó el segundo nivel de producción, generando 5.53 kg de biomasa y, por último, el sorgo, cuyos rendimientos no superaron los 4,80 kg. No hubo diferencias significativas ($P>0,05$) entre los tres cultivos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparaciones de medias para la variable rendimiento de forraje verde (kg/Bandeja), del maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), y arroz (*Oriza sativa*) en alfombra forrajera hidropónica. Managua, Nicaragua.

Tratamiento (Especie)	Medias (kg/bandeja)	Prueba de Tukey *
<i>Zea mays</i>	5.77	a
<i>Oriza sativa</i>	5.53	a
<i>Sorghum bicolor</i>	4.80	a

* Valores con literales iguales en la misma columna no difieren ($P>0.05$)

Con respecto a la relación semilla pura germinable (SPG) los materiales producido en los caso del maíz arroz y sorgo fueron los mismos rendimientos expresado en el cuadro anterior. Sin embargo basados en la cantidad de grano depositado en cada bandeja la relación fue de 1:5.65; 1:4.98 y 1:3.52 respectivamente. Relaciones que superan a los encontrados por Vargas (2008) para maíz y arroz e inferior para el caso del sorgo (1:3.52 vs 1:5.45).

De acuerdo con Tarrillo (2007) citado por Vargas, (2008) a partir de 1 kg de semilla se puede producir una masa forrajera de 6 a 8 kg consumible en su totalidad.

Elizondo (2005) menciona que a partir de 1 kg de semilla se pueden obtener 9 kg de biomasa; sin embargo, en el presente trabajo no se logró alcanzar esos rendimientos a pesar que se añadió un sustrato en forma de heno de CT-115. No obstante, coincide con lo establecido por Valdivia (1997), Sneath y McIntosh (2003) citados por Vargas (2008), quienes indican que se puede considerar un buen rendimiento en forrajes bajo sistemas hidropónicos, cuando la relación se mantiene en 1: 5.

Por otro lado, hay que considerar que las diferentes densidades de siembra que dichos autores utilizaron, fue con base en el grano y no consideraron el porcentaje de germinación. En el presente estudio se consideró los porcentajes de germinación para obtener los kg de semilla pura germinable (SPG).

La producción de materia seca por bandeja lograda para los mismos cultivos fue diferente a la producción de forraje verde, siendo el arroz el que brindó mayor producción de materia seca (0.91 kg de MS/Bandeja) y el sorgo el de menor producción (0.65 kg de MS/Bandeja). Se encontraron diferencia significativas ($P < 0.05$) entre la producción del arroz y sorgo, no así entre el arroz y maíz, ni entre el maíz y el sorgo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparaciones de medias para la variable rendimiento de Materia Seca (kg/Bandeja), del maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), y arroz (*Oriza sativa*) en alfombra forrajera hidropónica. Managua, Nicaragua.

Tratamiento (Especie)	Medias (kg/bandeja)	Prueba de Tukey *
<i>Oriza sativa</i>	0.91	a
<i>Zea mays</i>	0.71	a b
<i>Sorghum bicolor</i>	0.65	b

* Valores con literales distintas en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$)

Podemos apreciar que la mayor producción de materia seca del arroz pudo deberse a que la cascarilla remanente de la germinación y la semilla que no germinó, presentan un alto contenido de fibra lo que incrementa el contenido de biomasa seca. Por el contrario, las semillas de maíz y sorgo presentan mayor contenido de sustancias energéticas.

Vargas (2008) al evaluar maíz, arroz y sorgo negro en Cartago, Costa Rica, encontró mayor contenido de materia seca en el arroz, seguido por maíz y sorgo respectivamente, orden de resultados similares a los encontrados en el presente trabajo para la misma variable.

4.1.2. Rendimiento de forraje por metro cuadrado

Al extrapolar la producción de biomasa fresca y seca obtenida por bandeja se encontraron resultados similares para el rendimiento por metro cuadrado. Para el rendimiento de forraje verde de la alfombra forrajera no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tres cultivos, oscilando la producción desde 23.59 a 28.35 kg AFH /m², para sorgo y maíz respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparaciones de medias para la variable rendimiento de forraje verde (kg/m²), del maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), y arroz (*Oriza sativa*) en alfombra forrajera hidropónica. Managua, Nicaragua.

Tratamiento (Especie)	Medias (kg/m ²)	Prueba de Tukey *
<i>Zea mays</i>	28.35	a
<i>Oriza sativa</i>	27.20	a
<i>Sorghum bicolor</i>	23.59	a

* Valores con literales iguales en la misma columna no difieren ($P > 0.05$)

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos para la producción de biomasa seca de la alfombra forrajera hidropónica (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparaciones de medias para la variable rendimiento de Materia Seca (kg/m^2), del maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), y arroz (*Oriza sativa*) en alfombra forrajera hidropónica. Managua, Nicaragua.

Tratamiento (Especie)	Medias (kg/m^2)	Prueba de Tukey *
<i>Oriza sativa</i>	4.48	a
<i>Zea mays</i>	3.51	a b
<i>Sorghum bicolor</i>	3.22	b

* Valores con literales distintas en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$)

Se observó las mismas tendencias, en cuanto a las diferencias encontradas entre el arroz y sorgo, no entre arroz y maíz, ni entre maíz y sorgo, resultados que son iguales al rendimiento por bandeja debido a que solo se realizó extrapolación de los datos para obtener el rendimiento por metro cuadrado.

Cabe mencionar que en el rendimiento de materia seca puede estar influenciado por el aporte que realiza el sustrato de heno de (Ct-115) que presentó un porcentaje de materia seca de 89.50 %; así, como las concentraciones de materia seca de los diversos cultivos (Cuadro 5). Por otro lado, el rendimiento se ve influenciado por el tipo de cultivo, variedad dentro del cultivo, edad de cosecha y la aplicación de soluciones nutritivas.

Vargas (2008) al comparar maíz, sorgo negro y arroz, encontró rendimientos superiores a los de este estudio; sin embargo, cosechó a los 20 días con aplicaciones de soluciones nutritivas, por el contrario en este estudio la cosecha se realizó a los 12 días sin aplicaciones de solución nutritiva.

EL manual de la FAO (2002) sobre forraje verde hidropónico, afirma que uno de los factores más influyentes para la producción de FVH es la Calidad de la Semilla.

El éxito del FVH comienza con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica. Y recomienda que la semilla de be presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75% para evitar pérdidas en los rendimientos de FVH.

En nuestro trabajo se utilizó semilla proveniente del INTA; sin embargo, solo el maíz y arroz (98 y 90 % respectivamente) presentaban un porcentaje de germinación por encima de lo recomendado y el sorgo un porcentaje inferior (73 %).

4.2 Parámetros de calidad de AFH

4.2.1 Materia Seca

Como se observa en el Cuadro 5, la gramínea con el porcentaje de MS más alto fue el arroz que mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) con respecto al sorgo y el maíz. El maíz presentó los porcentajes de MS más bajos.

Cuadro 5. Comparaciones de medias para la variable Materia Seca (%), del maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), y arroz (*Oriza sativa*) en alfombra forrajera hidropónica. Managua, Nicaragua.

Tratamiento (Especie)	Medias (%)	Prueba de Tukey *
<i>Oriza sativa</i>	16.48	a
<i>Sorghum bicolor</i>	13.71	b
<i>Zea mays</i>	12.41	c

* Valores con literales distintas en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$)

Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Tarrillo, 2007 (citado por Vargas, 2008) quien recopilando información de varios autores aduce que es posible obtener valores de MS entre 12-20% en sistemas hidropónicos. Esto se asemeja a lo encontrado por Espinoza *et al.*, (2004) quienes, en un estudio utilizando forraje verde hidropónico (FVH) para alimentar toretes mestizos, obtuvieron maíz con 14,43 % de MS, valor superior al encontrado con esta variedad de maíz que se utilizó en el presente estudio.

También concuerda con Rodríguez (2000), quien menciona que dependiendo de la especie forrajera, es posible obtener materiales que varían entre 12 y 18% MS.

No obstante, los resultados no coinciden con los valores mencionados por otros autores quienes aseveran que los rendimientos esperados en cuanto a porcentajes de MS rondan entre 20 y 30% (Carballo; 2000; FAO, 2001; Elizondo, 2005).

4.2.2 Proteína Cruda

En el caso de la proteína cruda se encontraron diferencias significativas entre los cultivos evaluados (Cuadro 6).

Cuadro 6 Comparaciones de medias para la variable Proteína Cruda del maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), y arroz (*Oriza sativa*) en alfombra forrajera hidropónica. Managua, Nicaragua.

Tratamiento (Especie)	Medias (%)	Prueba de Tukey *
<i>Sorghum bicolor</i>	15.01	a
<i>Zea mays</i>	12.57	b
<i>Oriza sativa</i>	9.76	c

* Valores con literales distintas en la misma columna son diferentes (P<0.05)

El valor de la proteína cruda pasó de 9.76 % para el arroz a 15.01 % para el sorgo. Es importante señalar y resaltar estos contenidos de proteína cruda, sí consideramos que el material utilizado como sustrato presentaba un moderado contenido proteico (4.78 %).

El contenido de nitrógeno en los materiales hidropónicos es mayor a edades tempranas (10 días). Lo anterior se debe a que en las plantas jóvenes el crecimiento está relacionado principalmente, con un aumento en la superficie de las hojas que son los órganos ricos en nitrógeno Müller *et al.* (2005) citado por Vargas (2008).

Con un incremento en la edad, las partes estructurales y de acumulación como tallo y pecíolos, que son más pobres en nitrógeno, se tornan preponderantes; así mismo, las necesidades de ese elemento para la síntesis de biomasa son menores.

Es de destacar que, a los 12 días, todas los aminoácidos, la energía, las vitaminas y los minerales están libres; los cuales, hacen que haya una alta digestibilidad de la ración, cosa que no ocurre con otros forrajes cuando inician su madurez a como el Gigante que es a medida que se envejecen o con el heno (Castro, sf.)

Los contenidos de Pc de la AFH del maíz, sorgo y arroz afirma el potencial nutricional de estos cultivos, comparado con la utilización de gramíneas de pastoreo que exhiben, aún en el momento óptimo de cosecha, contenidos de Pb y valor nutricional inferior (Minson, 1992; Elizondo y Boschini, 2001).

4.2.3 Fibra Cruda

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

El análisis de fibra abarca a todos los componentes de la pared celular (Celulosa, Hemicelulosa, Lignina y Sílice). A medida que el forraje madura aumenta su contenido de Fibra, lo que determina una más lenta tasa de digestión de esta, con mayor tiempo de pasaje por el tracto digestivo.

En el Cuadro 7, se puede observar para los diferentes tratamientos los contenidos de fibra, existen diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el arroz con respecto al maíz y sorgo, no así entre sorgo y maíz.

Cuadro 7. Comparaciones de medias para la variable Fibra Cruda del maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), y arroz (*Oriza sativa*) en alfombra forrajera hidropónica. Managua, Nicaragua.

Tratamiento (Especie)	Medias (%)	Prueba de Tukey *
<i>Oriza sativa</i>	34.59	a
<i>Zea mays</i>	21.59	b
<i>Sorghum bicolor</i>	19.71	b

* Valores con literales distintas en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$)

Los mayores contenidos fueron para el arroz y los menores para el sorgo (34.59 y 19.71 % respectivamente). Los mayores contenidos de fibra en el arroz posiblemente se deben a que la cascarilla es alta en contenido de sílice y, por ende, aporta un gran porcentaje al tenor de fibra cruda.

Estos contenidos que mostraron el arroz y el maíz fueron muy altos, posiblemente eso se debe a la cutícula que recubre la semilla de ambos materiales (arroz y maíz) con valores de 2% y 1,84% obtenidos respectivamente por FAO (2001), caso contrario que sucede con el maíz. En nuestro estudio, el arroz y maíz son los que presentaron los mayores contenidos resultando ser diferentes a los resultados encontrados por Vargas (2008).

La composición de la pared celular define el contenido de fibra cruda. Por otro lado los bajos contenidos de esta fracción encontrados en el sorgo con respecto al maíz y arroz se puede deber a que sus tallos, a estas edades, son bien delgados y, el diámetro de la semilla es menor, en comparación a los otros cultivos.

Las plantas en estadios vegetativos tempranos o en pleno crecimiento, tienen una sola capa de células en su pared celular, de escaso espesor (Pared Primaria).

A medida que la planta madura se deposita una segunda capa interna de células de mayor espesor (Pared Secundaria). Para esta última los principales componentes son carbohidratos de Celulosa y Hemicelulosa, que en estados avanzados de maduración pueden constituir más del 50 % de la composición total del forraje (Martín, 1999).

4.2.4 Contenido de Cenizas

Se encontró diferencias significativa ($P < 0.05$) entre el contenido de cenizas del arroz con respecto al sorgo y maíz; no así, entre el sorgo y el maíz (Cuadro 8). El mayor contenido de cenizas se obtuvo en el arroz (9.31 %) y el menor para el maíz (4.51 %). Los mayores contenidos encontrados en el arroz pueden deberse a la semilla que no germinó y la cantidad de cascarilla de las semillas germinada cuyo mayor aporte es de sílice.

Cuadro 8. Comparaciones de medias para la variable Ceniza del maíz (*Zea Mays*), (*Sorghum bicolor*), y arroz (*Oriza sativa*) en alfombra forrajera hidropónica. Managua, Nicaragua

Tratamiento (Especie)	Medias (%)	Prueba de Tukey *
<i>Oriza sativa</i>	9.31	a
<i>Sorghum bicolor</i>	4.62	b
<i>Zea mays</i>	4.51	b

* Valores con literales distintas en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$)

Flores y Jaime (2004), al estudiar la producción de biomasa de *Moringa oleifera* a diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte reportan valores de cenizas de 9.10, 9.41 y 9.84 % para 60, 45 y 75 días respectivamente, los cuales son superiores a los encontrado para el maíz y sorgo pero inferiores al arroz con la frecuencia de 60 días.

Otros autores (Malik *et al.*, 1967; Makkar y Becker, 1997) citados por Flores y Jaime (2004), reportan valores de 9.10, 8.87 y 8.70 % respectivamente, los cuales son superiores a los encontrados en este trabajo con excepción del contenido de cenizas del arroz.

V. CONCLUSIONES

- ❖ La producción de forraje verde hidropónico como alfombra forrajera es una alternativa viable de obtener un alimento de alta calidad para productores que no cuenten con suficiente recursos de tierra para la producción convencional de forraje y/o que la disponibilidad de agua sea una limitante.

- ❖ El maíz y sorgo son los cereales que por su producción y calidad son los recomendados utilizar, además son los granos por excelencia que cultivan nuestros productores.

- ❖ El arroz presenta mayores rendimientos de materia seca por su alto contenido de fibra cruda, sin embargo, presenta los menores porcentajes de proteína.

VI. RECOMENDACIÓN

- ❖ Realizar con maíz y sorgo trabajos de investigación con diferentes densidades de siembra y otros sustratos, siguiendo el mismo protocolo que se implementó en este estudio.

VII. LITERATURA CITADA

Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. 13ed. Washington DC. US. 32p.

Castro, R. A. sf. Gerente Programa Nacional de Especies Menores. Ministerio de Agricultura y Ganadería 4 p. (en línea). Consultado el 22 de Mayo del 2012. Disponible en: www.mag.go.cr

Elizondo, J. y C. Boschini. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2): 181-187.

_____ 2004. Heno, henilaje y ensilaje. En Prensa en Revista Info Holste in. Calidad de heno. *Agronomía Mesoamericana*, 14(4): 174- 178.

FAO. 2002. Forraje Verde Hidropónico: Manual Técnico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 69 p.

Flores, L. B.A.; Jaime, D.F. 2004. Producción de biomasa de *Moringa oleifera* sometida a diferentes densidades y frecuencias de corte, en el trópico seco de Managua, Nicaragua. Tesis. Ingeniero en zootecnia. Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 51 p.

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.

Jiménez, c.; Elizondo, J. Sf. Eelaboración y uso de alfombras forrajeras hidropónicas. Serie: Utilización de cultivos forrajeros. Facultad de Agronomía Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. (Guía técnica Número 15). San José. CR.2p.

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.2006. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Datos de la estación Meteorológica SAINSA. Managua. NI.

Minson, 1992. Composición química y valor nutritivo de las gramíneas tropicales. In: (Skerman, P Ed.), FAO, Roma IT. p. 181-202.

Rivera, A.; Moronta. M.; Estupiñán, M. G.; González, D.; Perdomo, D.; García, DE.; Hernández., G. 2010. Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.), en condiciones de iluminación deficiente. *Zootecnia Trop.*, 28(1): 33-41

Rotar, P. 2004. Hydroponic techniques sprout healthy, inexpensive fodder. Disponible en: <http://www.isar.org/isar/archive/ST/hydroponics47.html>

Steel R G.; Torrie, J H. 1988. Bioestadística. Principios y procedimientos. 2 ed. Traducido por Ricardo Martínez B. McGraw-Hill, MX. 614 p.

Tarrillo, OH. 2008. Forraje Verde Hidropónico. (En línea). Consultado el 20 de Julio del 2011. Disponible en: www.forrajehidroponico.com