



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

**Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible**

Trabajo de graduación

Evaluación de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum bicolor L.*) en invernadero noconvencional, La Trinidad, Estelí

AUTORES

Br. JordanEfrain Gonzales Díaz

Br. Marco Antonio García Reyes

ASESORES

Ing. Wendell Antonio Mejía Tinoco

Ing. Marta Moraga Quezada

Managua, Nicaragua. Abril 2015



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible™

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

Trabajo de Graduación

Evaluación de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum bicolor L.*) en invernadero noconvencional, La Trinidad, Estelí

AUTORES

Br. Jordan Efraim Gonzáles Díaz

Br. Marco Antonio García Reyes

ASESORES

Ing. Wendell Antonio Mejía Tinoco

Ing. Martha Moraga Quezada

Managua, Nicaragua. Abril 2015



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

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

Ingeniero Zootecnista

Ingeniero Agrónomo

Miembro del Tribunal Examinador

Ing. Jannin Hernandez
Presidente

Ing. Miguel Rios
Secretario

ing. Norman Andino
Vocal

INDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Ubicación del área de estudio	4
3.2 Diseño metodológico	5
3.2.1 Instalación del invernadero no convencional	5
3.2.2 Tratamientos	6
3.3 Manejo del Ensayo	6
3.4 Variables evaluadas	9
3.4.1 Producción de Biomasa	9
3.4.2 Composición Química	10
3.5 Análisis estadístico	10
3.5.1 Modelo aditivo lineal	
3.6 Análisis económico	11
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
4.1 Área Foliar	12
4.2 Longitud de Raíz	13
4.3 Diámetro del Tallo	14
4.4 Altura de la Planta	15
4.5 Producción de Biomasa Fresca	16
4.6 Porcentaje de Materia Seca	17

SECCIÓN	Página
4.7 Porcentaje de Proteína Cruda	18
4.8 Porcentaje de Fibra Bruta	19
4.9 Análisis presupuesto Parcial	21
V CONCLUSIONES	23
VI LITERATURA CITADA	24
VII ANEXOS	27

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo con mucho amor a las personas que tienen infinito valor en mi vida.

A Dios todo poderoso por darme el aliento de vida, sabiduría e inteligencia y estar a mi lado en todo momento que lo necesite.

A mis padres; **Maritza Díaz Luna**, y **Efraín Santos González Reyes** por darme su apoyo incondicional.

Al medio más importante la naturaleza, que provee la materia y a nuestros campesinos que la transforman día a día por un futuro mejor.

A mis hermanos, **Celeste Mariana González Díaz** y **Kevin Daniel González Díaz**, porque fueron mis inspiración para darles el ejemplo a través de mis estudios.

Todas esas personas que de alguna u otra manera me han motivado a nunca rendirme y que me han mostrado que todo se alcanza con esfuerzo propio como persona y como estudiante. En especial a **Santos Máximo Padilla Muñoz** mi entrenador de Taekwon-do

JordánEfraín Gonzales Díaz.

DEDICATORIA

Primeramente y de manera especial a **DIOS** todopoderoso por darme la vida, salud y capacidad física e intelectual para culminar mis estudios universitarios y ser mi guía en esta etapa tan importante

Con mucho cariño y amor a mis padres **Marco Aurelio García** y **MaríaAlicia Reyes**, por haberme inculcado valores éticos, morales y espirituales, y enseñarme lo hermoso que es la vida.

Mi familia que con mucho cariño me ha enseñado el camino correcto, por sus consejos y esfuerzo apoyándome en el transcurso de mi trayectoria académica.

A **mis amigos de clase**, por compartir esta experiencia a lo largo de estos cinco años de estudio universitario.

Marco Antonio García Reyes

AGRADECIMIENTO

Definitivamente, agradezco a **DIOS**, mi señor, mi guía, mi proveedor, mi fin último; solo él sabe lo esencial que has sido en mi posición firme de alcanzar esta meta. Y a mis amigos que me ayudaron para culminar este trabajo.

A mi mamá **Maritza Díaz Luna** y mi papá **Efraín Santos González Reyes** ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día, fueron los que me dieron ese cariño y calor humano necesario, son los que han velado por mi salud, mis estudios, mi educación alimentación entre otros, me inspiraron hacia un nuevo futuro lleno de conocimiento.

A la Universidad Nacional Agraria, por haberme dado la oportunidad de formarme académicamente.

Nuestro asesor: Ing. **Wendell Antonio Mejilla**, y al Ing. **Jerry Mendoza.**, quien nos ha mostrado los métodos esenciales para la elaboración de este trabajo investigativo, ya que sin la experiencia y paciencia de grandes maestros como ellos esto no fuera posible.

A todas aquellas personas que de alguna manera participaron en la realización de este trabajo

JordanEfraín Gonzales Díaz.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera muy especial a **DIOS** por estar siempre presente en mi vida, por darme fortaleza y sabiduría, y poder cumplir con esta fase de mi vida.

A **mi familia** por todo su apoyo, esfuerzo y motivación para la realización de mis sueños como profesional, gracias a todos!

A nuestra **Universidad Nacional Agraria (UNA)**, por haber contribuido en la enseñanza y formación de profesionales.

Al personal **docente de la UNA**, por brindar sus conocimientos en mi formación profesional para poder enfrentar nuevos retos en un futuro.

A nuestros asesores Ing. **Martha Moraga Quezada** e Ing. **Wendell Antonio Mejía**, por su tiempo y apoyo incondicional en la realización de nuestro trabajo de tesis.

Expresó mi agradecimiento a todas aquellas personas que de una forma u otra han contribuido a que lo que una vez fue un sueño, hoy es una realidad, porque sin ustedes, esto no hubiese sido lo que es...un verdadero éxito...!!

Marco Antonio García Reyes

INDICE DE CUADROS

CUADRO	Página
1 Dosis de fertilizantes en cada bandeja de 0.25 m ²	6
2 Frecuencia y lamina de riego	8
3 Área Foliar (cm ²) para tres tipos de fertilizantes y un testigo(agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo(<i>Sorghum bicolor L</i>) cv.INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí.	12
4 Longitud de la raíz (cm) para tres tipos de fertilizantes y un testigo(agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo(<i>Sorghum bicolor L</i>) cv.INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí	13
5 Diametro del tallo (cm) para tres tipos de fertilizantes y un testigo(agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo(<i>Sorghum bicolor L</i>) cv.INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí	14
6 Altura (cm) de plantas forrajeras, para tres tipos de fertilizantes y un testigo(agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo(<i>Sorghum bicolor L</i>) cv.INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí	15
7 Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de sorgo (kg/m ²). Utilizando tres tipos de fertilizantes y un testigo(agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo(<i>Sorghum bicolor L</i>) cv.INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí	16
8 Porcentaje de materia seca para tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (<i>Sorghum bicolor L</i>) cv. INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí	17
9 Porcentaje de Proteína Cruda para tres tipos de fertilizantes y un testigo(agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo(<i>Sorghum bicolor L</i>) cv.INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí	18
10 Porcentaje de fibra bruta utilizando tres tipos de fertilizantes y un testigo(agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo(<i>Sorghum bicolor L</i>) cv.INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí. Y la clasificación de los henos de acuerdo con su contenido en fibra	19
11 Clasificación de los henos de acuerdo con su contenido en fibra (Revuelta <i>et al.</i> , 1967 citado por Londoño F, 1993	20
12 Análisis Presupuesto Parcial Forraje Verde Hidropónico de Sorgo	21
13 Análisis de dominancia para tres tipos de fertilizantes y un testigo en la	22

CUADRO	Página
producción de forraje verde hidropónico de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L) cv. INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí	
14 Tasa de retorno marginal	22

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Ubicación del Área de Estudio	4
2	Dimensiones del invernadero no convencional	5

INDICE DE ANEXOS

ANEXO		Página
1	Resultado de Análisis Bromatológico	27
2	Foto 1. Invernadero no convencional	28
3	Foto 2. Limpieza de la semilla	28
4	Foto 3. Lavado y Desinfección de semilla	29
5	Foto 4. Riego con bomba de aspersión manual	29
6	Foto 5. Germinado de la semilla 4 ddg.	30
7	Foto 6. Fertilización	30
8	Foto 7. Forraje Verde Hidropónico 7 ddg	31
9	Foto 8. Pesaje de muestra de 500 g	31
10	Foto 9. Forraje Verde Hidropónico 12 ddg.	32
11	Foto 10. Efecto del exceso de humedad Pudrición de Raicillas	32
12	Elementos minerales esenciales para las plantas	33

RESUMEN

El objetivo general de esta investigación consistió en evaluar el efecto de tres tipos de fertilizantes sintéticos [T₁: completo (12.30.10), T₂: UREA (46%), T₃: completo (15.15.15)], y T₄: Sin Solución en la producción y calidad de forraje verde hidropónico de sorgo, cv. INTA tortillero precoz; este ensayo se estableció en la finca Santo Tomas de La Trinidad, Estelí. Se utilizó un diseño experimental completo al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones, donde se suministró dosis de fertilizante de acuerdo a cada tratamiento; (T₁= 14.5 g, T₂= 3.8 g, T₃= 11.6 g por litro de agua y un T₄= sin solución). La densidad de siembra fue de 0.5 kg de semilla por bandeja 0.25 m². Se midieron las siguientes variables; altura de la planta, diámetro del tallo, longitud de la raíz, área foliar m², porcentaje de fibra bruta, porcentaje de materia seca, porcentaje de proteína bruta y producción de biomasa fresca. Los resultados fueron tabulados y sometidos a un análisis de varianza y separaciones de media utilizando tukey (p<0.05). Para las variables expresadas en porcentaje se tomaron muestras compuestas de 500 g por tratamiento para enviarlas al laboratorio y se determinó porcentaje de: materia seca, proteína bruta y fibra bruta; No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables de Área Foliar y Diámetro del Tallo, las variables de longitud de raíz, altura de planta y producción de biomasa fresca si se encontraron diferencias significativas. El fertilizante completo 12.30.10 y testigo obtuvieron mayor porcentaje de Materia seca (20.59 y 19.4%) y el fertilizante 15.15.15 y UREA con menor porcentaje de materia seca (17.44 y 16.77 %). En cuanto a proteína bruta todos los tratamientos obtuvieron resultados aceptables oscilando el porcentaje entre 19.08 a 22.13 %. En cuanto a fibra bruta el porcentaje varía de 16.54 a 20.10%. Se concluye que todos estos tratamientos se pueden utilizar en cualquier unidad de producción ya que todos obtuvieron excelentes resultados a pesar de que se utilizó un invernadero no convencional.

Palabras clave: forraje verde hidropónico, Invernadero no convencional, Fertilizante Completo, 12.30.10, UREA; 15.15.15.

ABSTRACT

The overall objective of this research was to evaluate the effect of three types of synthetic fertilizers [T1: Full (12/30/10), T2: urea (46%), T3: Full (15.15.15)], and T4: No Solution in the production and quality of green hydroponic forage of sorghum cv. INTA early tortillero; this essay was established on the farm Santo Tomas de La Trinidad from Estelí; a complete randomized design was used with three treatments and four replications, where fertilizer dose was delivered according to each treatment; (T1 = 14.5 g, 3.8 g = T2, T3 = 11.6 g per liter of water and T4 = unresolved). The seeding rate was 0.5 kg of seed per tray 0.25 m². The following variables were measured; plant height, stem diameter, root length, leaf area m², percentage of crude fiber, dry matter percentage, crude protein percentage and production of fresh biomass. The results were tabulated and subjected to an analysis of variance and separations of medium using Tukey (p <0.05). For variables expressed in percentage composite samples of 500 g were taken for treatment to be sent to the laboratory and percentage determined: dry matter, crude protein and crude fiber; No significant differences between treatments for variables Leaf Area and stalk diameter, but the variables of root length, plant height and fresh biomass production were found when significant differences were found. The complete fertilizer 12/30/10 and witness obtained higher percentage of dry matter (20.59 and 19.4%) and 15.15.15 and UREA fertilizer with a lower percentage of dry matter (17.44 and 16.77%). About treatments crude protein, all the treatments obtained acceptable results, ranging from 19.08 percent to 22.13%. About the crude fiber, the percentage varies from 16.54 to 20.10%. It is concluded that all these treatments can be used in any production unit because all of them obtained excellent results, despite an unconventional greenhouse was used.

Keywords: hydroponic green fodder, unconventional greenhouse, Full Fertilizer, 12.30.10, UREA; 15.15.15,

I. INTRODUCCION

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 nutrición (Tarrillo, 2007).

A pesar de que los beneficios de una buena nutrición son bien conocidos, en nuestro medio se presentan una serie de factores que no permiten que la misma pueda llevarse a cabo, como lo es el aspecto económico. La mayoría de 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 son costosos y está de más recordar que por lo general, los gastos de alimentación en una explotación pueden oscilar entre el 50% y el 80% del total de los costos de producción (Rivera *et al.*, 2010).

Otros factores que limitan la nutrición adecuada para los animales, es la calidad, cantidad y disponibilidad de forraje con que se cuenta en la finca (Elizondo, 2005).

Una alternativa a estos problemas lo constituyen las diversas formas de conservación de forrajes como: el ensilaje, el heno y el henilaje (Elizondo, 2004 citado por Elizondo 2005).

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 (Elizondo, 2005).

Es una metodología de alimentación para el ganado que resulta propicia para evadir dificultades encontradas en zonas áridas y semiáridas para la producción convencional de forraje (López, *et al.*, 2009).

Desde el siglo pasado comenzó la investigación sobre cómo germinar granos con técnicas hidropónicas que necesitaban ambientes controlados y construcciones costosas requiriendo un nivel de conocimientos adecuados para poder manejar los módulos de producción. Hoy en día las técnicas de manejo han cambiado de tal modo que el paquete tecnológico esté al alcance de cualquier productor con equipo fácil de manejar obteniendo excelentes producciones en superficies reducidas (Tecno-campo Invernaderos, 2013).

El forraje hidropónico debido a su alta palatabilidad y buena digestibilidad es un excelente sustituto del alimento concentrado que puede ser ofrecido a las especies animales de importancia económica por lo que es una alternativa para especies menores en nuestro país (Hidroforrajes, 2013).

Las variaciones climáticas y la baja calidad de los forrajes usados en la producción pecuaria, constituyen dos de los factores que restringen el desarrollo adecuado de la ganadería nacional. Por ello, los productores agropecuarios suministran a sus animales, dietas suplementarias basadas en alimentos concentrados las cuales cada vez se hacen más costosas, porque los

insumos para su elaboración son importados. Por lo tanto nos planteamos la siguiente investigación con el propósito de evaluar el efecto de tres tipos de fertilizantes sintético en la producción y calidad de forraje verde hidropónico de sorgo, cv INTA tortillero precoz.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de tres tipos de fertilizantes sintéticos en la producción y calidad de forraje verde hidropónico de sorgo, cv. INTA tortillero precoz.

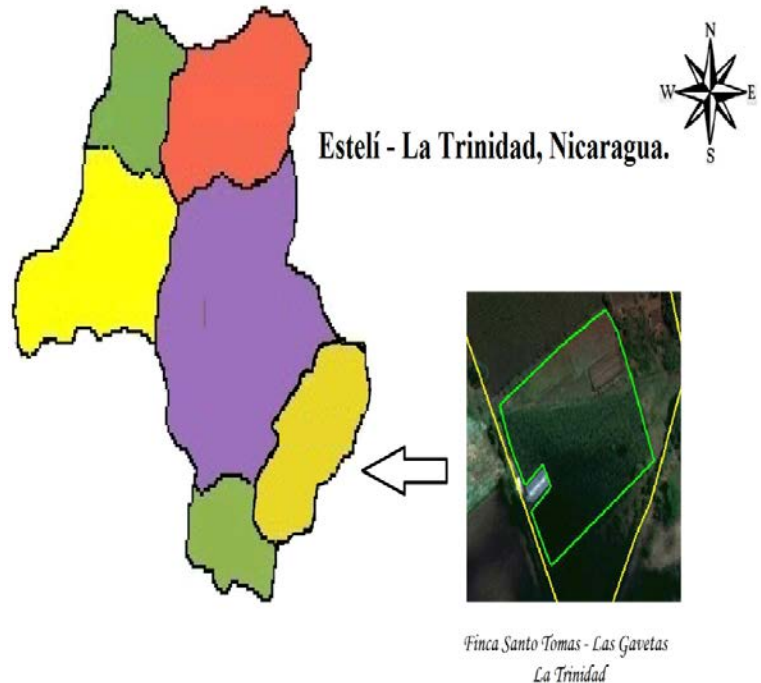
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de tres fertilizantes sintéticos en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo cv INTA tortillero precoz.
- Estimar el efecto de tres fertilizantes sintéticos sobre el porcentaje de materia seca, porcentaje de proteína bruta y porcentaje de fibra bruta del forraje verde hidropónico de sorgo cv INTA tortillero precoz.
- Realizar un análisis económico, mediante la metodología de “Presupuestos parciales”, para identificar los mejores tratamientos.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la finca Santo Tomas ubicado en la comunidad Las Gavetas, municipio de La Trinidad, Estelí, ubicada en las coordenadas 13°00'51.9" latitud norte y 86°13'23.2" longitud oeste, a 584 msnm. En este municipio se presenta un clima de sabana tropical que tiene variaciones según la altitud. Se registra una precipitación anual de entre 800 y 1200 mm, por lo que se caracteriza como una zona seca. Las temperaturas medias del municipio son cálidas y oscilan entre 24°C y 31°C, la humedad relativa promedio anual es de 70 %. (INETER, 2013).



3.2 Diseño metodológico

Figura 1. Ubicación del Area de Estudio

El modelo para el análisis estadístico fue un diseño completo al azar (DCA) el cual consistió en cuatro tratamientos y tres repeticiones. Donde la unidad experimental consiste en una bandeja de 0.25 m² con la cantidad de 500 gramos (0.5 kg) de semilla pura germinable por tratamiento y repetición.

El ensayo se realizó entre el 29 de marzo y el 13 de abril del año 2014, utilizando la metodología propuesta por Jiménez y Elizondo (2002).

La misma consiste en un molde (bandeja), donde posteriormente se deposita la semilla, previamente lavada, desinfectada y remojada, para pre germinarla, el riego se aplicó con bomba manual de aspersion para mantener la humedad. La cosecha de forraje verde hidropónico se hizo a los 12 días de germinada la semilla.

3.2.1. Instalación del invernadero no tradicional

Para la construcción del invernadero se tomo en cuenta propiciar un ambiente semi-cerrado tipo rectangular a fin de que el forraje obtenga excelente iluminación y una buena ventilación.

Dentro de la estructura del invernadero se hicieron bancos de madera con el objetivo de sostener las bandejas metálicas a utilizar con dimensiones de 0.25 m^2 con una profundidad de 5 cm, para un total de 12 bandejas, las mismas tienen perforaciones para facilitar el drenaje del agua, para esto se utiliza clavos de 2 pulgadas, clavos pequeños, para confeccionar la carpa se utilizaron sacos de nylon blanco que permita darle buena iluminación y evitar la radiación solar excesiva sobre el forraje verde hidropónico.

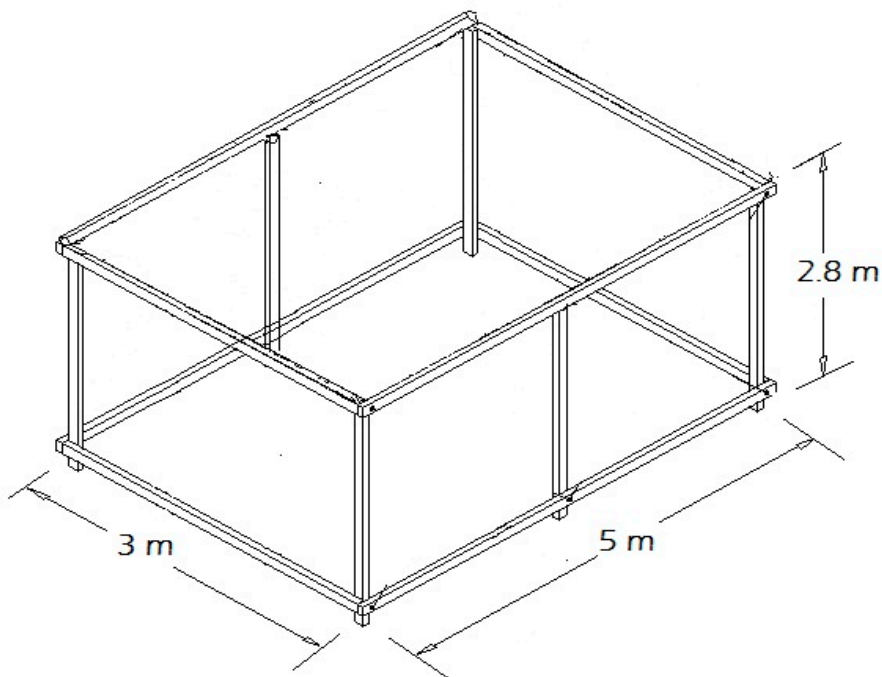


Figura 2. Dimensiones del invernadero no convencional.

3.2.2 Tratamientos

Los tratamientos a evaluar consistieron en tres tipos de fertilizantes sintéticos versus un testigo sin fertilizante.

Cuadro 1. Dosis de fertilizantes en cada bandeja de 0.25 m²

	Tratamiento	Gramos de fertilizante
T₁	Completo 12-30-10	14.5
T₂	Urea 46%	3.8
T₃	Completo 15-15-15	11.6
T₄	Testigo	0

El fertilizante que se utilizó se disolvió en un litro de agua para su aplicación y el aporte de cada elemento será el siguiente:12-30-10: 14.5 g equivale a 1.74 gramos de nitrógeno (N), 4.35 gramos de fosforo (P), 1.45 gramos de potasio (K); urea 3.8 gramos lo cual equivale a 1.75 gramos de nitrógeno (N);15-15-15: 11.6 gramos equivale a 1.74 gramos de nitrógeno (N), 1.74 gramos de fosforo (P), 1.74 gramos de potasio (K), respectivamente.

De cada tratamiento se hicieron tres repeticiones (equivalente a 3 bandejas por tratamiento), los tratamiento serán aplicados al azar mediante sorteo sin reposición con base en el número de bandejas.

El propósito de la utilización de diferentes fertilizantes en varios porcentajes de aplicación fue para evaluar dosis de urea, fosforo y potasio y determinar cuál es más eficiente para la producción de forraje verde hidropónico de sorgo cv INTA tortillero precoz.

3.3 Manejo del ensayo.

Para el montaje del experimento se utilizó semilla de sorgo variedad INTA tortillero precoz.

La unidad experimental se constituyó por la cantidad de 500 gramos de semilla pura germinable (SPG) por tratamiento y repetición (bandeja).

Para la producción de forraje verde hidropónico, se utilizó la metodología propuesta por Jiménez y 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 Forraje Verde Hidropónico se realizó a los 12 días después de germinada la semilla.

Las bandejas se colocaron en 3 bancos de madera dentro del invernadero no convencional.

Algunos procedimientos empleados en el manejo del ensayo fueron:

Prelavado: Las semillas se lavaron y desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio (cloro comercial) a una dosis de 10 ml en un litro de agua dejándolas remojar por tres minutos, luego se enjuagarán con agua limpia.

Remojo: se sumergió la semilla en un recipiente con agua, usando un litro de agua por kilogramo de semilla y se dejó remojar por un periodo de 24 horas.

Oreo: consistió en esparcir las semillas en una carpa para que se oreen uniformemente por un periodo de tiempo de 24 horas.

Pesaje de la semilla: en el ensayo se realizó el pesaje de la semilla que se depositara en cada bandeja. Tomando en cuenta el porcentaje de semilla pura germinable.

Traslado y tapado: se trasladaron y taparon las bandejas con las semillas para proveer un ambiente sin luz con el propósito de estimular las plántulas a germinar. Para esto se cubrieron con un plástico negro durante 24 horas.

Riego y fertilización: para lograr una adecuada germinación, las semillas en las bandejas dentro del invernadero se mantuvieron a temperatura ambiente con buena ventilación, luminosidad, haciendo uso de una bomba de aspersión manual se le suministro el riego. Del sexto al octavo día de sembrada la semilla, el riego se realizó con los fertilizantes sintéticos (15-15-15, 12-30-10, UREA 46%) de tal manera que se aplicó dosis de 1.75 gramos de nitrógeno por tratamiento tomando en cuenta las concentraciones de cada elemento en cada una de ellos. El número de riegos en la etapa de fertilización fue de 2 veces/día (06:00 y 18:00 horas), del día decimo hasta el décimo quinto, el riego se realizó exclusivamente con agua 0.5 litros de agua por 0.25m² sin fertilizante, para eliminar todo rastro de sales minerales que pudieran haber quedado sobre las hojas y/o raíces.

Cosecha: Esta se realizó a los 12 días después de germinada la semilla. Se procedió a pesar cada bandeja con las plántulas (peso total) luego se le resto el peso de la bandeja al peso total obteniéndose de esta manera el rendimiento de forraje verde hidropónico en 0.25 m² por cada tratamiento.

Preparación de muestras: para el análisis bromatológico se extrajouna muestrade 500 gramos de cada tratamiento, se hizo un secado natural el cual consistió en colocar el material envuelto en un periódico sobre el techoexponiéndolo a radiación solar durante una semana teniendo la precaución de moverlos frecuentemente y guardarlo durante la noche para evitar que el rocío afecte el secado uniforme.

Cuadro 2. Frecuencia y lámina de riego.

	Fecha	Día	N° de Riegos	Horas de Riego	Frecuencia Riego (h)	Riego (ml)
Riego	29.03.14	1	4	06:00; 10:00; 14:00; 18:00	4	500
	30.03.14	2	4	06:00; 10:00; 14:00; 18:00	4	500
	31.03.14	3	4	06:00; 10:00; 14:00; 18:00	4	500
	01.04.14	4	4	06:00; 10:00; 14:00; 18:00	4	500
	02.04.14	5	4	06:00; 10:00; 14:00; 18:00	4	500
Fertilización	03.04.14	6	2	06:00; 18:00	12	1000
	04.04.14	7	2	06:00; 18:00	12	1000
	05.04.14	8	2	06:00; 18:00	12	1000
	06.04.14	9	2	06:00; 18:00	12	1000
Riego	07.04.14	10	4	06:00; 10:00; 14:00; 20:00	4	500
	08.04.14	11	4	06:00; 10:00; 14:00; 20:00	4	500
	09.04.14	12	4	06:00; 10:00; 14:00; 20:00	4	500
	10.04.14	13	4	06:00; 10:00; 14:00; 20:00	4	500
Cosecha	11.04.14	14	4	06:00; 10:00; 14:00; 20:00	4	500
	12.04.14	15	1	06:00	0	500

En el cuadro 2. Se establece el programa de riego y fertilización utilizado en nuestro trabajo investigativo incluye horas de riego, la frecuencia diaria y la cantidad de milímetros de agua utilizados en cada riego.

3.4 Variables Evaluadas

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

3.4.1. Producción de biomasa

Altura de la planta (cm). Se determinó el momento de cosecha 12 días después de germinada se seleccionaron diez plántulas al azar por cada unidad experimental, se midió con una regla milimetrada desde la base del tallo hasta el ápice de la última hoja.

Diámetro del Tallo (mm). Se tomaron 10 plántulas de cada bandeja al azar, se midió con un vernier el diámetro del tallo en mm en el tallo, la medición se hizo antes de la primera inserción de hojas.

Longitud de la raíz (cm). Se tomaron una muestra al azar de diez plántulas se midió el largo de la raíz principal utilizando una regla milimetrada.

Área Foliar m². Al momento de la cosecha se tomó una muestra de diez plántulas al azar de cada bandeja de los tratamientos y con una cinta métrica se midió el ancho de la hoja y el largo de la hoja, se multiplicaron las medidas anteriores por el factor de conversión del área foliar.

El área foliar de cada hoja se estimó por medio de la siguiente fórmula.

$$AF = A * L * FC$$

- AF: Área Foliar
- A: Ancho de la hoja
- L: Longitud de la hoja
- FC: Factor de conversión

Donde el factor de conversión utilizado para sorgo es 0.75 CIAT, (1978).

Producción de Biomasa Fresca (kg de FVH/ m²). Para determinar esta variable, se registró el peso de forraje verde hidropónico cosechado de cada bandeja y se calculó el equivalente de la producción de forraje verde hidropónico de sorgo, por cada m² de superficie, a los 12 días después de germinado.

3.4.2. Composición química

Para hacer estos cálculos vamos a utilizar muestras compuestas de forraje verde hidropónico (FVH), de cada tratamiento y repetición por lo cual no hay necesidad de utilizar fórmulas matemáticas para deducirlas a otra unidad de medidas por que no son muestras

comparativas. Estas estarán reflejadas en su forma natural que es en porcentaje y las podemos calcular de las siguientes maneras.

Porcentaje de Materia Seca: se calculó mediante la fórmula: $MS = PS/PF*100$ donde la materia seca será igual a el peso seco sobre el peso fresco multiplicado por cien.

Porcentaje de Proteína Bruta: Para el cálculo de estos valores se envió al laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencia Animal una muestra de 500 g de FVH por tratamiento. El método que se utilizará para determinar la cantidad de proteína, es el método Kjeldahl. Este es un método indirecto, realmente lo que se determina es la cantidad de nitrógeno presente en la muestra. Una vez conocido este, al multiplicar la cantidad de nitrógeno obtenida por el factor 6.25, se obtiene la cantidad de proteína cruda del producto. (6.25 resulta de dividir 100/16).

Porcentaje de Fibra Bruta: se calculó llevando una muestra de 500 gramos al laboratorio de bromatología, se trató sucesivamente con soluciones en ebullición durante treinta minutos con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, posteriormente se filtró y lavó con agua hervida para no perder la acidez en la muestra, luego se seca en la estufa durante una hora a 100 °C, se pesa y se lleva a la calcinación en la mufla a 600°C durante treinta minutos. La pérdida de peso debida a la calcinación corresponde a la fibra bruta de la muestra de ensayo.

3.5 Análisis estadístico

3.5.1 Modelo aditivo lineal

Para el análisis de las variables a evaluar se utilizó un DCA con cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, mediante 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 tratamiento i

ε_{ij} = Error aleatorio.

Para el procesamiento de datos se utilizará el software MINITAB, estableciendo según los resultados de las prueba de medias de Tukey. La separación de media se realizó a un nivel de significancia de (0.05%).

3.6 Análisis económico.

Con el fin de establecer y comparar los costos de producción y el beneficio económico de los tratamientos a evaluar en este ensayo se realizó un análisis de presupuesto parcial según el método propuesto por el centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT, 1998), haciendo análisis de presupuesto parcial, análisis de dominancia y cálculo de la tasa de retorno marginal.

Según CIMMYT (1998), el paso inicial para realizar un análisis económico de ensayos de campo es calcular los costos relacionados con los insumos mano de obra y preparación de suelo.

Los costos variables totales en el estudio se determinaron con relación al costo de los fertilizantes. Los rendimientos obtenidos fueron reducidos en un 5% a fin de reflejar las diferencias entre el rendimiento experimental y el que el productor podría lograr usando la misma tecnología.

El rendimiento ajustado fue multiplicado por el precio del producto (c\$ 10/m²) y así obtener el beneficio bruto. En cuanto al beneficio neto obtenido fue el resultado de la diferencia de entre beneficio bruto y total de costos que varían.

Dominancia: Se efectúa, primero ordenando los tratamientos de menores a mayores totales de costos que varían. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos.

Tasa de retorno marginal: Es la relación de los beneficios netos marginales sobre los costos variables marginales por cien.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Área foliar (cm²)

El área foliar es una variable muy importante con la que se puede determinar el índice de crecimiento de un cultivo en determinado período de tiempo. A mayor área foliar mayor será la cantidad de luz que se podrá captar, lo que incrementará el proceso de fotosíntesis e incidirá positivamente en el crecimiento de la planta (Vásquez, 1999).

Samperio, G (1997), indica que la luz es un factor indispensable para el buen desarrollo de las plantas, pues es la energía que necesitan para realizar la fotosíntesis, por medio de la cual obtendrán energía química para utilizarla en las diferentes etapas de desarrollo de las plantas.

Cuadro 3. Área Foliar (cm²) para tres tipos de fertilizantes y un testigo en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum bicolor L*) cv. INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí.

	Tratamientos	AF (cm ²)	Prueba de Tukey*	% CV	ANDEVA
T ₁	Completo 12-30-10	2.72	a		NS
T ₂	Urea 46%	2.26	a		NS
T ₃	Completo 15-15-15	2.46	a		NS
T ₄	Testigo	2.39	a	19.78	NS

AF: Área Foliar en centímetros cuadrados.

Con respecto a la comparación de los resultados de área foliar (Tratamiento uno: 2.72, Tratamiento dos: 2.26, Tratamiento tres: 2.46 y Tratamiento cuatro: 2.39) los diferentes tratamientos 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.

Según (Rivera et al 2010), nuestros resultados están por debajo de los que ella encontró en su estudio (3.6 cm² y 3.8 cm²), utilizando dosis de 1.5 kg/m² respectivamente.

4.2 Longitud de la Raíz(cm)

Las raíces que se desarrollan durante la etapa de germinación corresponden a la radícula y a las raíces seminales. Este sistema primario de raíces deja de crecer luego que las plantas alcanzan el estado de tres a cuatro hojas kg/ m².

Cuadro 4. Longitud de la raíz (cm) para tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum bicolor L*) cv. INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí.

	Tratamientos	LR (cm)	Prueba de Tukey*	% CV	ANDEVA
T ₁	Completo 12-30-10	10.77	a		NS
T ₃	Completo 15-15-15	8.80	a b		*
T ₂	Urea 46%	8.53	a b		*
T ₄	Testigo	7.77	b	63.27	**

LR: Longitud de raíz en centímetros.

Las comparaciones de media muestran que hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos para esta variable (ver cuadro 4). Lo que muestra que el tratamiento unocompleto 12-30-10 fue superior en longitud de raíz (10.77 cm), seguido de otra fórmula completa 15-15-15 (8.80) luego luego el tratamiento dos con urea 46% (8.53 cm), finalizando con el testigo sin solución (7.77 cm) de longitud en raíz.

Según López, (2007) utilizando dosis de semilla 2.0 kg/ m² encontró longitud de raíz con una media igual a 15 cm, así también otro investigador (Cuesta y Machado, 2009) obtuvo como resultado de su experimento 12.3 cm de longitud de raíz utilizando densidad de siembra 3.4 kg/ m².

Esto se debe a que en la fórmula completa de 12-30-10, contiene 30% Fósforo (P) y este elemento es esencial para el desarrollo radicular sobre todo para las raicillas laterales y fibrosa logrando así un buen colchón radicular además la aplicación entra en contacto directo con las raíces al ser esta una semilla desnuda sin sustrato.

4.3 Diámetro del tallo (mm)

El diámetro promedio (mm) del tallo de sorgo fue estadísticamente similar en todos los tratamientos de manera que las plántulas estaban bastante homogéneas y no se muestran diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$).

Cuadro 5. Diámetro del tallo (mm) para tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum bicolor L*) cv. INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí.

	Tratamientos	DT (mm)	Prueba de Tukey*	% CV	ANDEVA
T ₁	(12-30-10) completo	3.04	a		NS
T ₂	Urea 46%	2.38	a		NS
T ₃	(15-15-15) completo	2.50	a		NS
T ₄	Testigo	2.32	a	6.34	NS

DT: Diámetro del tallo en centímetros

Se puede observar que en el cuadro anterior el Tratamiento uno 12-30-10 con 3.04 presenta un mayor grosor de tallo seguido del Tratamiento dos urea 46% 2.38, el Tratamiento tres 15-15-15 con 2.50 y el que tuvo menor diámetro fue el tratamiento cuatro con 2.32 este tratamiento está más limitado por que no recibe minerales suficiente para el desarrollo de la planta y aquí solo está expresado el potencial genético de la semilla.

Los resultados obtenidos en este ensayo son bastante similares a los presentados por León, S (2005) a los 15 días del cultivo, ya que presentan promedios de 3.5 y 4 mm.

Las plantas tienen buen aprovechamiento de los macro y micronutrientes aportados por el agua junto a las soluciones nutritivas que favorece el desarrollo de áreas fisiológicas de las mismas así como otros factores como luminosidad y humedad relativa favorecen el aumento de la fotosíntesis y un mayor desarrollo vegetativo en las plantas (Cuesta y Machado, 2007).

4.4 Altura de planta(cm)

La altura de la planta de sorgo es un parámetro importante como indicador de la velocidad de crecimiento y cantidad de biomasa. Además es fuertemente influenciada por las condiciones ambientales como temperatura, humedad relativa, cantidad y calidad de luz (Cuadra 1998).

No existen diferencias significativas para la variable altura de la plantas con respecto a los tratamientos, tratamiento uno, tratamiento dos, tratamiento tres, pero si con respecto al tratamiento cuatro.

Cuadro 6. Altura (cm) de plantas forrajeras, para tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum bicolor L*) cv. INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí.

	Tratamientos	AP (cm)	Prueba de Tukey*	% CV	ANDEVA
T ₁	(12-30-10) completo	14.02	a		NS
T ₂	Urea 46%	12.74	a		NS
T ₃	(15-15-15) completo	12.67	a		NS
T ₄	Testigo	10.21	b	52.35	*

AP: Altura de la planta en centímetros

El cuadro #6 muestra que no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos completo 12-30-10; UREA 46% y completo 15-15-15 pero si hay diferencia significativa con el tratamiento Testigo para la variable altura de planta. Lo que muestra que el Tratamiento uno fue superior en altura (14.02 cm), seguido del Tratamiento UREA 46% (12.74 cm), y Tratamiento tres 15-15-15 (12.67 cm) y la que alcanzo menos altura fue el Tratamiento cuatro (10.21 cm).

(Moyano & Sánchez, 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.

Con la variedad y calidad de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor L* cv. INTA Tortillero Precoz) fue con la que se experimentó el ensayo la cosecha se realizó a los 12 días después de germinado, y no se pudo confirmar que bajo las condiciones ambientales proporcionadas por el invernadero no convencional los tratamientos evaluados y la técnica de solución de los fertilizantes no fue posible llegar a esa altura planteada por (Moyano & Sánchez, 2012) debido a diversos factores que afectaban las características fenológicas del cultivo.

4.5 Producción de biomasa fresca (kg/m²)

Las comparaciones de media muestran que hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos para esta variable. (Ver cuadro # 7). Lo que muestra que el Tratamiento uno fue superior en peso (13.51 kg/m²), seguido del Tratamiento tres igual a (13.32 kg/m²), el Tratamiento dos (12.22 kg/m²) y finalmente el testigo sin solución Tratamiento cuatro (9.85 kg/m²)

Cuadro 7. Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de sorgo (kg/m²). Utilizando tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum bicolor L*) cv. INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí.

Tratamientos	PBF (kg/m ²)	Prueba de Tukey*	% CV	ANDEVA
T ₁ (12-30-10) completo	13.51	a		NS
T ₃ (15-15-15) completo	13.32	a		NS
T ₂ Urea 46%	12.22	a b		*
T ₄ Testigo	9.85	b	42.35	**

PBF: Producción de biomasa fresca en kilogramos por metro cuadrado

López *et al.* (2012), señala que el rendimiento de forraje fresco depende, en mayor medida, del día de cosecha, la fertilización, la densidad de siembra y el porcentaje de germinación de la semilla.

En este caso la fertilización superó significativamente al testigo, lo anterior es debido al bajo aporte nutrimental del agua potable ya que la producción de biomasa en Forraje Verde Hidropónico, se favorece cuando es fertilizado con al menos 200 mg de Nitrógeno por litro de agua (FAO, 2001).

Los resultados planteados en la tabla anterior no concuerdan con el estudio realizado por Salas *et al.* (2010), quienes señalan que el rendimiento de forraje fresco de maíz a partir de un kilogramo puede producir 16.49 kg/m² a los 12 días de edad si se tiene en cuenta que en el presente estudio se utilizó 0.5 kilogramo de semilla de sorgo.

De acuerdo con Vargas (2008) citado por Osorno *et al.* (2012), que a partir de un kilogramo de semilla se puede producir una masa forrajera de 6 a 8 kilogramos de masa consumible en su totalidad promedio que resulta similar a la obtenida en este trabajo.

Nuestros resultados obtenidos en producción de biomasa fresca coincide parcialmente con los datos presentados por Vargas (2008) citado por Osorno *et al.* (2012), donde hay similitud en los tratamientos, el tratamiento uno 12-30-10 (13.51 kg/m²), seguido del tratamiento tres 15-15-15 (13.32 kg/m²) y el tratamiento dos UREA 46% (12.22 kg/m²) en el caso del tratamiento cuatro testigo no hubo similitud fue inferior por lo que solo lo constituyen minerales presentes únicamente en el agua nos dio (9.85 kg/m²), pero no llegamos a obtener resultados como los de Salas *et al.* (2010), ya que este fue un ensayo en maíz.

4.6 Porcentaje de Materia Seca

El consumo de materia seca es fundamentalmente importante en nutrición porque establece la cantidad de nutrientes disponibles para la salud y producción animal (NRC, 2001).

En este estudio el tratamiento con mayor porcentaje en materia seca se obtuvo con la formulación del tratamiento uno (12-30-10) que es igual a 20.59%, seguido del tratamiento cuatro (testigo) con 19.34%, obteniendo los valores menores el tratamiento tres (15-15-15) con 17.44 y el tratamiento dos (Urea) 16.77 %, respectivamente.

Cuadro 8. Porcentaje de materia seca para tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum bicolor L*) cv. INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí.

	Tratamientos	Materia Seca (%)
T ₁	(12-30-10) completo	20.59
T ₄	Testigo	19.34
T ₃	(15-15-15) completo	17.44
T ₂	Urea 46%	16.77

Los resultados de este estudio concuerdan con lo expresado por Tarrillo (2007) quien recopilando información de varios autores aduce 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.

La materia seca y el contenido de proteína cruda del forraje son los mejores indicadores de la calidad del forraje, ya que regulan la digestibilidad y la productividad en mono gástricos y rumiantes Mejía, (2002).

Existe evidencia de que el consumo de MS en bovinos, equinos, porcinos, caprinos, ovinos, aves y para la producción cunicula. Disminuye cuando la proteína del forraje se encuentra por debajo del 18% (Acero, 2007).

4.7 Porcentaje de Proteína Cruda

El contenido de proteína cruda en el forraje tanto como en los demás componentes de alimentos que forman una dieta es importante saberlo para hacer un buen balance a la hora de formular una ración para tener un desarrollo adecuado en los animales ya que las proteínas son los constituyentes principales de los tejidos en el cuerpo animal por lo cual se estudió el contenido de proteína.(Kösteret *al.*, 2002).

En cuanto al porcentaje de proteína, de los tratamiento evaluados el tratamiento cuatro y tratamiento tres presentaron el menor contenido con (19.08%) y (19.20) respectivamente siendo los más altos el tratamiento uno (22.13%) seguido del tratamiento dos (20.94 %), a los 12 días de edad.

Cuadro 9. Porcentaje de Proteína Cruda para tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum bicolor L*) cv. INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí.

	Tratamientos	Proteína Cruda (%)
T ₁	(12-30-10) completo	22.13
T ₃	(15-15-15) completo	20.94
T ₂	Urea 46%	19.20
T ₄	Testigo	19.08

En un estudio realizado por Moyano et *al.*, (2012) Observaron 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 decimo 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.

León, S (2005), registro en su investigación 13.31 % de proteína cruda al realizar el análisis bromatológico de sorgo. Los resultados obtenidos demuestran que los tratamientos aplicados inciden en el contenido de proteína.

Rojas(2006), mencionan que una adecuada disponibilidad de nitrógeno favorece la producción de proteína.

4.8 Porcentaje de fibra bruta

La fibra es el constituyente mayoritario del alimento. Su importancia para los animales radica en su influencia sobre la velocidad de tránsito, 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).

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).

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). (Rodríguez, 1999)

El mayor contenido de fibra bruta, lo obtuvo el Tratamiento cuatro (agua) con un porcentaje de 20.10%, seguido por Tratamiento uno y Tratamiento tres con un porcentaje de 17.59 % y 17.20% respectivamente. El Tratamiento dos obtuvo menor porcentaje con 16.54% (cuadro 6).

Cuadro 10. Porcentaje de fibra bruta utilizando tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum bicolor L*) cv. INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí.

	Tratamientos	Fibra Bruta (%)
T ₁	(12-30-10) completo	17.59
T ₂	Urea 46%	16.54
T ₃	(15-15-15) completo	17.20
T ₄	Testigo	20.10

En un estudio realizado en producción y calidad de biomasa, las comparaciones de medias para las variables de fibra cruda de maíz (*Zea mays L.*), sorgo (*Sorghum bicolor L.*), y arroz (*Oriza sativa L.*) obtuvieron porcentajes de (21.59, 19.71 y 34.59 respectivamente) (Osorno *et al.*, 2012).

(Revuelta *et al.*, 1967 citado por Londoño F, 1993) Elaboraron una escala de calificación para las comparaciones de resultados de análisis de fibra en los pastos y forrajes. Los resultados obtenidos en el presente estudio se pueden calificar excelente con respecto a la clasificación de Revuelta, obteniendo un promedio de FB de 17.85%.

Cuadro 11. Clasificación de los henos de acuerdo con su contenido en fibra (Revuelta *et al.*, 1967 citado por Londoño F, 1993)

Escala	Fibra bruta(%)
Mediocre	33.5
Regular	26.0
Muy bueno	No >de 22
Excelente	No >de 19.5

4.9. Análisis de Presupuesto Parcial

El análisis económico practicado a los diferentes tratamientos presenta c\$ 16 en costos variables para la aplicación de fertilizante completo 12-30-10; c\$ 14 para el tratamiento dos UREA 46% y c\$ 15 para el fertilizante 15-15-15. En el cuadro 12 se refleja que los productores deberían utilizar 15-15-15 para protegerse del riesgo de pérdida pues este obtuvo un beneficio neto de c\$/m² 111.5 a un menor costo variable que la aplicación de fertilizante completo 12-30-10 con mayores costos variables.

Cuadro 12. Análisis Presupuesto Parcial Forraje Verde Hidropónico de Sorgo

TRATAMIENTOS	UM	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
INGRESO					
Rendimiento Medio	kg/m ²	13.51	12.22	13.32	9.85
Rendimiento Ajustado	kg/m ²	12.83	11.61	12.65	9.36
Beneficios Brutos	c\$/m²	128.30	116.12	126.5	93.6
COSTOS VARIABLES					
Costo Fertilizante	c\$/m ²	16	14	15	0
Total de costos variables	c\$/m²	16	14	15	0
Beneficios Netos	c\$/m²	112.3	102.12	111.5	93.6

Análisis de Dominancia

El análisis de dominancia (cuadro 13) practicado a los diferentes tratamientos muestra que existen tres tratamientos no dominados (ND) siendo estos la aplicación de fertilizantes completo como 15-15-15, 12-30-10 y el testigo. Un tratamiento es dominado por otro tratamiento cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajosr. El UREA 46% se muestran como dominado debido a sus bajos beneficios netos y altos costos variable (CIMMYT, 1988)

Cuadro 13. Análisis de dominancia para tres tipos de fertilizantes y un testigo en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum bicolor L*) cv. INTA Tortillero Precoz, La Trinidad-Estelí.

Tratamientos	Días	Total de costos Variables	Beneficio Neto	Dominancia
T ₄	Solo Agua	0	93.6	ND
T ₂	3.8 gr Urea 46%	14	102.1	D
T ₃	5.8 gr 15-15-15	15	111.5	ND
T ₁	14.5 gr 12-30-10	16	112.3	ND

Análisis de retorno marginal

El cuadro 14 muestra que la aplicación de 15-15-15 presenta una tasa de retorno marginal mayor que la aplicación del fertilizante completo 12-30-10. Así mismo, la tasa de retorno marginal indica que los agricultores pueden esperar recuperar \$ 3.58 por cada córdoba invertido. Lo anterior es una tasa de retorno con un margen de ganancias aceptables

Cuadro 14. Tasa de retorno marginal

Tratamiento	CV c\$/m ²	CVM c\$/m ²	BN c\$/m ²	BNM c\$/m ²	T.R.M %
T ₄	0	--	93.6	--	--
T ₃	15	5	111.5	17.9	358
T ₁	16	1	112.3	0.8	80

CV: costos variables CVM: costos variables marginales BN: beneficio neto BNM: beneficio neto marginal TRM: tasa de retorno marginal

IV. CONCLUSIONES

En base a las condiciones experimentales podemos concluir que la aplicación de fertilizante sintético incrementó la altura de la planta, diámetro de tallo, longitud de raíz y el rendimiento por metro cuadrado.

El tratamiento uno: T₁ (12-30-10) fue el que presentó la mayor área foliar (2.72 cm²) el mayor diámetro de tallo 3.04 mm, la mayor altura de la planta 14.02 cm ya mayor longitud de raíz 10.77 cm.

El tratamiento uno: T₁ (12-30-10) fue el que presentó el mayor peso de biomasa fresca con 13.51 kg / m² y los mayores porcentajes de materia seca 20.59 %, y proteína cruda 22.13%, el contenido de fibra bruta fue de 17.59 %. La urea presentó el mejor porcentaje de fibra siendo de 16.54% seguido del 15-15-15 que presentó un valor de 17.20.

V. LITERATURA CITADA

- Acero, MA. 2007. Centro De Ciencias Agropecuarias Departamento De Disciplinas Pecuarias: Manual De Prácticas De Bromatología. (En línea) consultado el 09 Jul 2014.415p.<http://www.uaa.mx/centros/cca/MVZ/M/6/Manualdepracticass29-1528.pdf>.
- Brenes, A., Brenes, J., y Pontes, M., 1977. Alimentación. UAB, pp. 117-27
- Cuadra R, M. 1998. Efecto de diferentes densidades de siembra entre hileras sobre el crecimiento y desarrollo del sorgo. Tesis. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua 38 p.
- Cuesta, T; Machado, P. 2009. Producción y evaluación de la calidad nutricional del forraje verde hidropónico (FVH) a base de maíz (*Zea mays*) como alternativa para la alimentación de pollos de engorde en la Estación Ambiental Tutunendo, Chocó, Colombia. 127 p
- CIAT (Centro Internacional de agricultura Tropical, CO). Sistema estándar para la evaluación de Germoplasma de frijol. 1987. Ed. AV, Schoonhoven; MA, Pastor Corrales. 56 p
- CIMMYT (MEX.) PROGRAMADEMAIZ. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. México, D. F.
- Elizondo, J. 2005. Forraje verde hidropónico: Una alternativa para la alimentación animal. Revista EIAG informa. 2. Edit. Athenas. San José, CR. 36-39p.
- Espinoza, F.; Argeti, P.; Urdaneta, G.; Areque, C.; Fuentes, A.; Palma, J; Bello, C. 2004. Uso del forraje del maíz (*Zea mays*) hidropónico en la alimentación de toretes mestizos. Vene. Revista Zootecnia Tropical 22(4): 303-315p.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT, 2001. Manual técnico Forraje verde hidropónico: El forraje verde hidropónico (FVH) como tecnología apta para pequeños productores agropecuarios (En línea) Santiago, CHIL. Oficina Regional de la FAO para América Latina. Consultado el 18 junio 2014. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/field/009/ah472s/ah472s00.pdf>.
- 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
- Hidroforraje. 2013. Manual de equipos de producción de forraje hidropónico. (En línea). Consultado 8 de feb 2014. Disponible en: <http://info@hidroforraje.com.ar>

- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, NI). 2013. Dirección general de meteorología. Condega. Esteli
- Jiménez, C.; Elizondo, J. Sf. 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 Número 15). San José. CR.2p.
- Kóster, H. H., B. C. Woods, R. C. Cocham, E. S. Vanzant, E. C. Titgemeyer, D. M. Grieger, K. C. Olson and G. Stokka. 2002. Effect on increasing proportion of supplemental N from urea in prepartum supplements on range beef cow
- León, S. 2005. Efecto del fotoperiodo en la producción de FVH de sorgo con diferentes soluciones nutritivas para la alimentación de conejos en el periodo de engorde. Tesis de Grado. Escuela superior de Chimborazo Riobamba-Ecuador
- Londoño, F. 1993. Fundamentos de Alimentación Animal. Managua, Ni. 108-109 p.
- López, B.; Cisneros, M.; Valdivie, M.; Sotto, V.; Ramírez, J.; Savon, L.; Soza, W. 2012. Indicadores del valor nutritivo del Hidroforraje de Leucaena (leucocephala) para la alimentación de conejos, REDVET. 13(2). 2, 12 p.
- López, B; 2007. Evaluación de edad de cosecha y niveles de forraje verde hidropónico de cebada, maíz y trigo en el crecimiento de conejos de carne (*oryctolagusuniculus*) raza neozelandés. , Ibarra-Ecu.
- López, R.; Murillo, B.; Rodríguez, G. 2009. El forraje verde hidropónico FVH: Una alternativa de producción para el ganado en zonas áridas (En línea).Caracas VEN Sciel 34 (2) Consultado 17 junio 2014. 121p. Disponible en http://produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/142hidroponica.pdf.
- Mejía-Haro, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. Acta Universitaria 12: 56-63.
- Moyano, L; Sanchez, H; 2012. Comportamiento de la proteína de forraje verde hidropónico (FVH) en función del tiempo de cosecha. en línea consultado el 11 nov de 2014. Disponible en: <http://www.sistemasagroecologicos.co/art5/Comportamiento%20de%20la%20proteina%20de%20forraje%20verde%20hidroponico%20en%20funcion%20del%20tiempo%20de%20cosecha.pdf>
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle: 7th revised edition. National Academy Press.Washington, D. C. <http://www.nap.edu/catalog/9825.html> 408

- Osorno, R.; González L. 2012. Producción y calidad de la biomasa de maíz (*Zea mays*) sorgo (*Sorghum bicolor*) arroz (*Oriza sativa*) en alfombra forrajera hidropónica. Tesis de grado. Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria, Managua, NI. 17p
- Rivera, A.; Morant, M.; Gonzáles, M.; Gonzáles, D.; Perdomo, D.; García, D.; Hernández, G. 2010. Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* l) en condiciones de iluminación deficiente. *Zootecnia tropical*. 28(1). 41p.
- Rodríguez, D. 1999. Caracterización de la Respuesta a la Fertilización y Calidad Forrajera en los Valles de Chiquinquirá y Simijaca. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 56 p.
- Rojas BA (2006) Nitrógeno orgánico y químico en sorgo negro con cobertura permanente de maní forrajero. II. Fraccionamiento de la proteína. *Agron. Costarric*.30: 61-69.
- Salas, L; Preciado, Preciado, P; Esparza, J; 2010. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica; Chapingo, MX. en línea. Consultado 15. Ago.2014 Disponible en:<http://www.redalyc.org/pdf/573/57318502007.pdf>
- Samperio, G. 1997. HidroponíaBásica. 1ra ed. Mexico, Mexico. Edit. Diana p.13
- Tarrillo, H. 2007. Forraje verde Hidropónico, forraje de alta calidad para la alimentación animal. (En línea). Arequipa, PE. Consultado 15 jul 2013. Disponible en <http://www.ofertasagricolas.cl/articulos/print.php>.
- Tecno-campo Invernaderos. 2013: Manual. Hidropónico S-6: Producción de forraje verde hidropónico. (En Línea). Consultado 8 febrero 2014. Disponible en: <http://www.tecnocampo.com.mx> México. 9 p.
- Vargas, R. 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero (En línea). Cartago, CR. Agronomía Mesoamericana a Consultado el 17 junio. 2014. 234p. Disponible en: <http://www.isar.org/pubs/sT/hydroponics47.html>
- Vásquez, H. V. 1999. Índice de área foliar, acumulación de materia seca y rendimiento de grano de maíz bajo tres condiciones de agua en el suelo. Trabajo de diploma. Coahuila, México. 53 p.

ANEXOS

Anexo 1. Resultado de Análisis Bromatológico



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
Departamento de Sistemas Integrales de Producción Animal
SIPA

RESULTADOS ANÁLISIS BROMATOLÓGICO


Nombre: Marco Antonio García, Jordan Efraín Gonzales Díaz
Fecha de recepción: 05-07-14
Fecha de entrega: 12-07-14

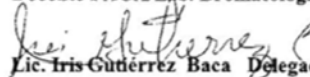
Muestra: Forraje Hidropónico verde (FHV), sorgo tortillero

No. De muestras: 4

Muestra	%PC	%FB
Forraje hidropónico verde (agua)	19.08	20.10
Forraje hidropónico verde (12/30/10)	22.13	17.59
Forraje hidropónico verde (15/15/15)	20.94	17.20
Forraje hidropónico verde (46% Urea)	19.20	16.54

PC: Proteína cruda. FB: fibra bruta


Lic. Damaris Mendieta Téllez
Docente FACA/Lab. Bromatología


Lic. Iris Gutiérrez Baca Delegada Administrativa FACA



Managua: Km. 12 ½ carretera norte
Teléfonos N°. 2331501, 2331188;
ext. 603, 605. [http/ www.una.edu.ni](http://www.una.edu.ni)

Campus Universitario Ing. MSc. Tania Beteta
Herrera, Café El Mejor 1 Km. al lago, 200 m. al
oeste, celular N°: 8879131, apartado N° 453



Anexo 2, Foto 1. Diseño del Invernadero no convencional



Anexo 3, Foto 2. Limpieza de la semilla



Anexo 4,Foto 3. Lavado y Desinfección de semilla



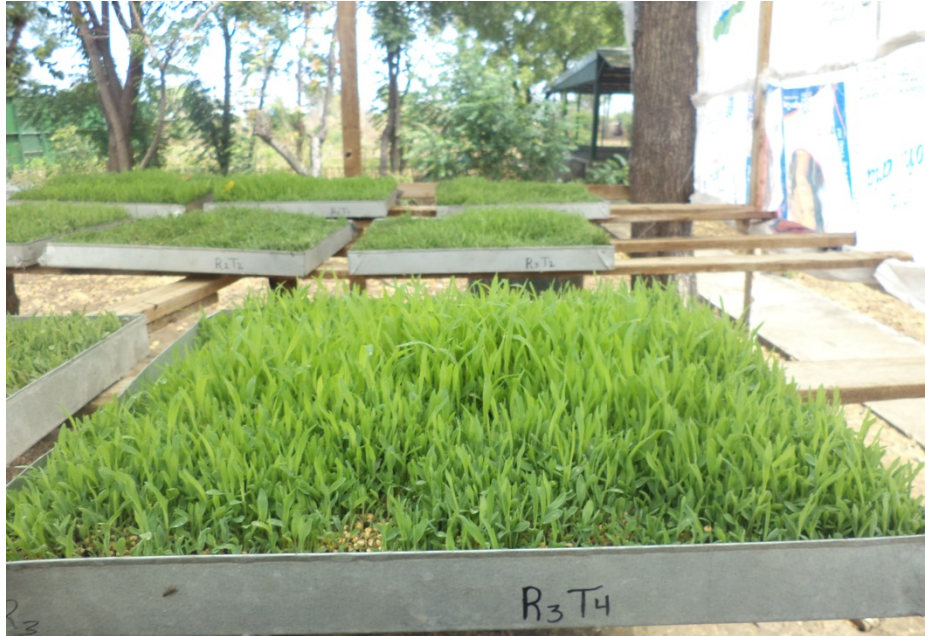
Anexo 5, Foto 4. Riego con bomba de aspersión manual



Anexo 6,Foto 5. Germinado de la semilla 4 ddg



Anexo 7, Foto 6. Fertilización



Anexo 8,Foto 7. Forraje Verde Hidroponico 7 ddg



Anexo 9, Foto 8. Pesaje de muestra de 500 g



Anexo 10,Foto 9. Forraje Verde Hidropónico 12 ddg



Anexo 11, Foto 10. Efecto del exceso de humedad Pudrición de Raicillas

Anexo. 12. Elementos minerales esenciales para las plantas

Elementos Minerales	Símbolo Químico
MACRONUTRIENTES	
Nitrógeno	N
Fósforo	P
Potasio	K
Calcio	Ca
Magnesio	Mg
Azufre	S
MICRONUTRIENTES	
Hierro	Fe
Manganeso	Mn
Zinc	Zn
Boro	B
Cobre	Cu
Molibdeno	Mo
Cloro	Cl