



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
SEDE REGIONAL CAMOAPA**

**RECINTO MIRIAN ARAGON FERNANDEZ**

**Trabajo de graduación**

Evaluación de dos fertilizantes orgánicos en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) en el Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa, durante el período de enero-marzo, 2018.

**Autores:**

Br. Ana Yansi Méndez

Br. Vanessa del Carmen González Duarte

**Asesor:**

Ing. MSc. Luis Guillermo Hernández Malueños

**Camoapa, Boaco, Nicaragua  
Abril 2018**



Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible™

**UNIVERSIDAD NACIONAL Agraria**  
**SEDE REGIONAL CAMOAPA**  
**RECINTO MIRIAN ARAGON FERNANDEZ**

**Trabajo de graduación**

Evaluación de dos fertilizantes orgánicos en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) en el Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa, durante el período de enero-marzo, 2018.

**Autores:**

Br. Ana Yansi Méndez

Br. Vanessa del Carmen González Duarte

**Asesor:**

Ing. MSc. Luis Guillermo Hernández Malueños

**Camoapa, Boaco, Nicaragua**  
**Abril 2018**

**ÍNDICE GENERAL**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
SEDE REGIONAL CAMOAPA

RECINTO MIRIAN ARAGÓN FERNÁNDEZ

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la decanatura de la facultad y director de sede:

Ing. MSc. Luis Guillermo Hernández Malueños

Como requisito parcial para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo.

Miembro del tribunal examinador

---

Ing. Nestor Javier Espinoza Granados  
Rocha

Presidente

---

Ing. Reyna Isabel Martínez

Secretaria

---

Ing. Fernando Hernández Sánchez  
Vocal

Universidad Nacional Agraria sede Regional Camoapa  
22 de abril de 2018

SECCIÓN	pagina
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>v</b>
<b>Índice de cuadros .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Objetivo general.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>2</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1. Ubicación y fechas del estudio .....</b>	<b>3</b>
3.2. Diseño metodológico .....	4
3.2.1. Tratamientos evaluados.....	4
<b>3.3. Manejo del ensayo .....</b>	<b>4</b>
3.3.1. Proceso de producción de FVH .....	4
3.4. Variables evaluadas.....	9
3.4.1. Características agronómicas .....	9
<b>3.4.2. Rendimiento de materia verde .....</b>	<b>10</b>
<b>3.4.3. Composición química .....</b>	<b>10</b>
3.5. Análisis de datos .....	10
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>4.1. Características agronómicas.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1.1. Altura de plantas .....</b>	<b>11</b>
4.1.2. Largo de hojas .....	12
4.1.3. Ancho de hojas .....	13

4.1.4. Largo de la raíz.....	14
4.1.5. Grosor de tallos .....	15
4.2. Rendimiento de forraje verde hidropónico .....	16
<b>4.3. Composición química .....</b>	<b>18</b>
<b>4.3.1. Materia seca .....</b>	<b>18</b>
<b>4.3.2. Proteína cruda .....</b>	<b>18</b>
<b>4.3.3. Fibra detergente.....</b>	<b>19</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>22</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>23</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>27</b>

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis primeramente a **Dios y la Virgen** por haberme dado la sabiduría, fuerza necesaria por darme tantas bendiciones materiales y espirituales para lograr culminar mi carrera.

A mi madre Sra. **Carmen María Méndez García** por todo el apoyo, empeño demostrado al darme la oportunidad de estudiar, brindándome sus sabios consejos y enseñanzas de buenos valores éticos y morales en la vida.

A mi hermano Sr. **Sergio Jamil Rodríguez Méndez** por el apoyo incondicional durante el transcurso de mi carrera.

A la MV: **Daysi del Socorro Torrez Rizo** por todo el apoyo, empeño demostrado al darme la oportunidad de estudiar, brindándome sus sabios consejos y enseñanzas de buenos valores éticos y morales en la vida.

Br. Ana Yansi Méndez

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a **Dios y a la Virgen** por guiarme al camino correcto, darme las fuerzas necesarias para enfrentar cada obstáculo presentado a lo largo de mi carrera y hacer que haya culminado una de mis metas propuestas en mi vida.

A mi asesor **Ing. MSc. Luis Guillermo Hernández Malueños** por brindarme su apoyo, conocimientos, tiempo y esfuerzos sobre todo en la realización de este trabajo.

Al **Ing. Henry Ezequiel Díaz López** quien me brindo su ayuda, su tiempo y sus conocimientos en el momento que se realizó la infraestructura y durante el proceso del experimento.

A mi compañera de tesis **Vanessa del Carmen González Duarte** por su empeño y dedicación en la realización de este trabajo.

A los **Maestros** por brindarnos sus conocimientos, tiempo, valores durante el transcurso de mi carrera y que en los momentos que le solicite apoyo, siempre estuvieron a disposición y tiempo completo.

A mis compañeros de clase, y amigos que de una u otra manera estuvieron conmigo apoyándome en las buenas y en las malas a enfrentar cada dificultad presentada en nuestra vida universitaria.

Br. Ana Yansi Méndez.

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis primeramente a **Dios** por ser más allá de cualquier expresión ser el dueño y señor de todo el universo por ser la fuente de mi vida y haberme dado la sabiduría, fuerza necesaria por darme tantas bendiciones materiales y espirituales para lograr culminar mi carrera.

A nuestra **Virgen y Madre maría santísima** quien intercedió ante su hijo Jesucristo para darme las fuerzas necesarias de continuar día a día con mis estudios y no dejarme vencer por los problemas y dificultades que se me presentaron en el camino.

A mis madres Sra: **Elsa Duarte López y María Ernestina Duarte López** por todo el empeño demostrado al darme la oportunidad de estudiar, brindándome sus sabios consejos y enseñanzas de buenos valores éticos y morales en la vida.

A mi padre Sr. **Calixto Fortunato González Alvares** por todo el apoyo incondicional y cuidados en el transcurso de mi vida.

A mis hermanos por el apoyo incondicional y **Familiares** por todas esas palabras de aliento que me dieron, cariño y apoyo que siempre me ofrecieron durante el transcurso de mi carrera.

Br: Vanessa del Carmen González Duarte.



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a **Dios** y a la virgen santísima por guiarme al camino correcto, darme las fuerzas necesarias para enfrentar cada obstáculo presentado a lo largo de mi carrera y hacer que haya culminado una de mis metas propuestas en mi vida.

A mi asesore **Ing. MSc. Luis Guillermo Hernández Malueños** de este trabajo y en general a todo el personal docente de la UNA por su valioso apoyo que siempre me brindaron.

Al **Ing. Henry Ezequiel Díaz López** quien me brindo su ayuda, su tiempo y sus conocimientos en el momento que se realizó la infraestructura y durante el proceso del experimento.

A mi compañera de tesis **Ana Yansi Méndez** por su empeño y dedicación en la realización de este trabajo.

A los **Maestros** por brindarnos sus conocimientos, tiempo, valores durante el transcurso de mi carrera y que en los momentos que le solicite apoyo, siempre estuvieron a disposición y tiempo completo.

A mi familia y a todas aquellas personas que de una u otra manera me ayudaron a lograr esta meta.

A mis compañeros de clase, y amigos que de una u otra manera estuvieron apoyándome en las buenas y en las malas a enfrentar cada dificultad presentada en nuestra vida universitaria.

Br. Vanessa del Carmen González Duarte

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	Mapa del municipio de Camoapa.	<b>3</b>
<b>2</b>	Lavado y desinfectado del maíz .	<b>4</b>
<b>3</b>	Área de germinación de semillas.	<b>5</b>
<b>4</b>	Sistema de riego para la producción de FVH.	<b>6</b>
<b>5</b>	Cartón con sacos blancos para evitar los rayos solares directamente al FVH.	<b>7</b>
<b>6</b>	Infraestructura de FVH.	<b>9</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Contenido</b>	<b>Pagina</b>
<b>1</b>	Altura de la planta (cm) de forraje verde hidropónico de maíz ( <i>Zea mays</i> ) producido en el centro de prácticas San Isidro UNA Camoapa.	<b>10</b>
<b>2</b>	Análisis de varianza de altura de la planta (cm) FVH a base de maíz ( <i>Zea mays</i> ) producido en el centro de prácticas San Isidro UNA Camoapa.	<b>11</b>
<b>3</b>	Largo de hoja (cm) de FVH de maíz ( <i>Zea mays</i> ) producido en el centro de prácticas San Isidro UNA Camoapa	<b>12</b>
<b>4</b>	Análisis de Varianza de largo de la hoja (cm) FVH a base de maíz ( <i>Zea mays</i> ) producido en el centro de prácticas San Isidro de la UNA Camoapa	<b>12</b>
<b>5</b>	Ancho de la hoja a los 12 días en (cm) de FVH producido en Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.	<b>13</b>
<b>6</b>	Análisis de varianza de ancho de hoja (cm) de FVH a base de maíz ( <i>Zea mays</i> ) producido en el centro de prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.	<b>13</b>
<b>7</b>	Largo de raíces a los 12 días de establecido el FVH producido en el centro de prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.	<b>14</b>
<b>8</b>	Análisis de varianza de largo de las raíces (cm) de FVH obtenidas a los 12 días, producido en el centro de prácticas San Isidro de la UNA Camoapa	<b>14</b>
<b>9</b>	Grosor del tallo (cm) de forraje verde hidropónico de maíz ( <i>Zea mays</i> ) producido en el centro de prácticas San Isidro UNA Camoapa.	<b>15</b>
<b>10</b>	Análisis de varianza del grosor del tallo de FVH producido en el centro de prácticas San Isidro de la UNA Camoapa	<b>15</b>
<b>11</b>	Rendimiento de forraje verde hidropónico (kg) producido en Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa	<b>16</b>
<b>12</b>	Análisis de varianza de peso de materia verde del forraje hidropónico producido en el centro de prácticas San Isidro UNA Camoapa.	<b>17</b>

<b>13</b>	Materia seca (%) para forraje verde hidropónico producido en el Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.	<b>19</b>
<b>14</b>	Proteína cruda (%) para forraje verde hidropónico producido en el Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.	<b>20</b>
<b>15</b>	Fibra detergente (%) para forraje verde hidropónico producido en el Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.	<b>21</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Contenido</b>	<b>Pagina</b>
<b>1</b>	Andamio para FVH	<b>27</b>
<b>2</b>	Preparación de fertilizantes	<b>27</b>
<b>3</b>	Infraestructura	<b>27</b>
<b>4</b>	Peso de semilla en kg	<b>28</b>
<b>5</b>	Lavado y desinfectado del maíz	<b>28</b>
<b>6</b>	Traslado de semilla a las bandejas	<b>28</b>
<b>7</b>	Pregerminacion de la semilla	<b>28</b>
<b>8</b>	Segundo día de pregerminacion y aplicación de cal.	<b>29</b>
<b>9</b>	Toma de temperatura	<b>29</b>
<b>10</b>	Toma de variables	<b>29</b>
<b>11</b>	Aplicación de fertilizantes al sexto día	<b>29</b>
<b>12</b>	Disolución de fertilizante.	<b>30</b>
<b>13</b>	FVH a los 12 días de establecido	<b>30</b>
<b>14</b>	Cosecha de FVH	<b>30</b>
<b>15</b>	Resultados de Análisis Bromatológico	<b>30</b>

## RESUMEN

El presente estudio evalúa dos tipos de fertilizantes orgánicos sobre la producción de forraje verde hidropónico (FVH) a base de maíz en el Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa. Se desarrolló a través de investigación experimental y consistió en la distribución de tres grupos en 18 bandejas de 35 cm X 55 cm. Cada grupo se estableció en 6 bandejas donde se aplicó fertilizante orgánico a dos de ellos y destinando a uno como testigo para determinar el efecto de los fertilizantes utilizados. En cada bandeja se suministró 3.6 kg/m<sup>2</sup> de semilla criolla de maíz. Las variables evaluadas fueron características fenotípicas (altura de planta, largo de hoja, ancho de la hoja, largo de las raíces y grosor del tallo), rendimiento de materia verde y contenido nutritivo (materia seca, proteína cruda y fibra detergente). Las características fenotípicas del FVH muestra que la altura, largo de la hoja, largo de las raíces, presentan diferencias significativas entre los tratamientos. Siendo el tratamiento 2 significativamente superior al 1 y 3. En la variable largo de la hoja no hay diferencia entre los tratamientos 1 y 2 y estos presentan diferencias significativas con el tratamiento 3. En la variable largo de raíces no hay diferencias entre los tratamientos 1 y 2 y estos presentan diferencias significativas con el tratamiento 3. El mayor rendimiento de FVH fue de 11.46 kg/m<sup>2</sup>, correspondiente al tratamiento 1 (foliar de boñiga), presentando una diferencia significativa con relación a los otros dos. El análisis bromatológico realizado a los tres tratamientos de FVH a base de maíz, indica que el tratamiento 1 presenta mejor porcentaje de materia seca (34.30 %) y mayor en Fibra Neutra Detergente (51.59 %). El tratamiento 2 presenta mayor contenido de proteína cruda (13.22 %), menor contenido de fibra detergente que los tratamientos 1 y 3, pero disminuye su contenido de materia seca respecto al tratamiento 1. El tratamiento 3 supera al tratamiento 1 en proteína cruda (13.83 %) y en fibra neutra detergente (44.70 %) pero su materia seca es baja (30.25 %).

Palabras claves: forraje, hidropónico, fertilización.

## ABSTRACT

The present study evaluates two types of organic fertilizers on the production of green hydroponic forage (FVH) based on maize at the San Isidro Practices Center of UNA Camoapa. It was developed through experimental research and consisted in the distribution of three groups in 18 trays of 35 cm X 55 cm. Each group was established in 6 trays where organic fertilizer was applied to two of them and one was assigned as a control to determine the effect of the fertilizers used. In each tray 3.6 kg / m<sup>2</sup> of Creole maize seed was supplied. The variables evaluated were phenotypic characteristics (plant height, leaf length, leaf width, root length and stem thickness), yield of green matter and nutrient content (dry matter, crude protein and detergent fiber). The phenotypic characteristics of the FVH show that the height, length of the leaf, length of the roots, present significant differences between the treatments. Treatment 2 being significantly superior to 1 and 3. In the long variable of the leaf there is no difference between treatments 1 and 2 and these present significant differences with treatment 3. In the variable long roots there are no differences between treatments 1 and 2 and these present significant differences with treatment 3. The highest yield of FVH was 11.46 kg / m<sup>2</sup>, corresponding to treatment 1 (foliar of dung), presenting a significant difference in relation to the other two. The bromatological analysis performed on the three treatments of corn-based FVH indicates that treatment 1 has a better percentage of dry matter (34.30%) and higher in Neutral Detergent Fiber (51.59%). Treatment 2 has a higher content of crude protein (13.22%), lower content of detergent fiber than treatments 1 and 3, but its dry matter content decreases with respect to treatment 1. Treatment 3 exceeds treatment 1 in crude protein (13.83 %) and neutral detergent fiber (44.70%) but its dry matter is low (30.25%).%)

Keywords: forage, hydroponics, fertilization.

## I. INTRODUCCIÓN

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. Es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello (FAO, FORRAJE VERDE HIDROPONICO, 2001).

El FVH se produce en ausencia del suelo y en condiciones protegidas donde se controlan algunas variables ambientales (luz, temperatura y humedad). Usualmente se utilizan semillas de maíz, avena, cebada, trigo y sorgo. La producción del FVH es una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía (Juárez y Morales, 2013).

La producción de FVH consiste en la germinación de semillas, especialmente de gramíneas, para generar un alimento verde con alto contenido de humedad y rico en vitaminas y minerales. Es utilizado para alimentación principalmente de Bovinos, caprinos, conejos, gallinas y cuyes, en períodos de escasez hídrica y falta de forraje verde natural (Aguirre C. , 2014).

Dentro de las ventajas que presenta el forraje hidropónico se encuentran que permiten un suministro constante durante todo el año, se pueden emplear terrenos marginales, se reduce el desperdicio de agua, se obtiene una fuente alternativa de alto valor nutricional, es completamente natural por lo que hay una menor incidencia de enfermedades, se puede dar un aumento en la fertilidad y la producción de leche (Money 2005).

Con el presente estudio se pretende hacer una evaluación de fertilizantes orgánicos sobre la producción de FVH en la UNA-SEDE CAMOAPA para su posterior implementación en los sistemas productivos.



## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Evaluar dos fertilizantes orgánicos en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays l.*) en el Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa, durante el periodo de enero-marzo, 2018.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Describir características agronómicas del cultivo de FVH de maíz en Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.
- Estimar el rendimiento de materia verde de FVH de maíz en Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.
- Determinar la composición química de FVH a base de maíz en Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación y fechas del estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro de Prácticas San Isidro Labrador de la Universidad Nacional Agraria Sede-Camoapa, ubicado en el kilómetro 118 carretera a Rancho Rojo en Camoapa, departamento de Boaco, situada en la región central del país a 554 msnm; en la coordenada N 12°23' y W 085°29'. El mismo limita al norte con la Cooperativa Masiguito, al Sur Finca Santa Rosa del Sr. Francisco Arróliga, al este Cooperativa Masiguito y al oeste con las Fincas de los Sr. Jorge Rivera y Freddy Solano (Gonzalez y Diaz 2017).

El municipio de Camoapa del departamento de Boaco, dista a 115 km de Managua, capital de la república. Con una altitud aproximada de 520 m.s.n.m. Se localiza en la posición geográfica de latitud 12°22'48"N y longitud: 85°30'36" oeste. La precipitación pluvial alcanza desde los 1,200 hasta los 2,000 milímetros al año, con una extensión territorial de 1.483,29 km<sup>2</sup>. Limita al norte con los municipios de Boaco, Matiguás (Matagalpa) y Paiwas (RAAS). Al sur con Cuapa y Comalapa. Al este con los municipios de El Ayote (RAAS) y La Libertad Chontales. Al oeste con los municipios de San Lorenzo y Boaco (Ortega y Duarte, 2016)



**Figura 1.** Mapa del municipio de Camoapa.

El clima es variado, su temperatura promedio anual es de 25.2 grados centígrados, y en algunos períodos logra descender 23° centígrados. La precipitación pluvial alcanza desde los 1200 hasta los 2000 milímetros en el año, sobre todo en la parte noroeste del municipio.

### **3.2. Diseño metodológico**

El presente estudio se desarrolló a través de investigación experimental y consistió en la distribución de tres grupos en 18 bandejas de 35 cm X 55 cm. Cada grupo se estableció en 6 bandejas donde se aplicó fertilizante orgánico a dos de ellos destinando a uno como testigo para determinar el efecto de los fertilizantes utilizados. En cada bandeja se suministró 3.6 kg/m<sup>2</sup> de semilla criolla de maíz obtenida de un solo productor y la aplicación de fertilizante correspondiente.

#### **3.2.1. Tratamientos evaluados**

Los tratamientos evaluados en el presente estudio fueron:

- Tratamiento 1 (T1): Fertilizante “Te de Boñiga” a razón de 0.25 litros por bandeja
- Tratamiento 2 (T2): Fertilizante “Foliar enriquecido con ceniza a razón de 0.25 litros por bandeja.
- Tratamiento 3 (T3): Sin aplicación de fertilizante.

### **3.3. Manejo del ensayo**

#### **3.3.1. Proceso de producción de FVH**

##### **Lavado**

Las semillas se sumergieron en una tina plástica con capacidad de 60 litros de agua con un 2% de hipoclorito de sodio durante 15 minutos; el objetivo de este lavado fue eliminar los ataques de microorganismos patógenos al cultivo de FVH como hongos y bacterias. Después de este período se drenó de nuevo, se le dio un lavado rápido y se pasó a pre germinación.



**Figura 2.** Lavado y desinfectado del maíz.

## Pre germinación

La pre germinación nos asegura un crecimiento vigoroso del FVH porque induce la rápida germinación de la semilla. Después de haber sido tratada, la semilla se trasladó a otra tina con agua para humedecerla durante 24 horas; al cumplir 12 horas de este período se extrajo el agua con el objetivo de oxigenarla durante una hora evitar el ahogamiento del embrión, así como también para lograr una completa imbibición de las semillas; las próximas 12 horas se repite el procedimiento. Este proceso de humedecimiento debe ocurrir en recipientes debidamente cubiertos para mantener una humedad ambiental alta dentro de los mismos.



**Figura 3.** Área de germinación de semillas de maíz criollo.

## Densidad de siembra

Una vez concluido el proceso de pre germinación se hace la siembra en las charolas previamente desinfectadas durante 15 minutos en un contenedor con una mezcla de 1 ml de cloro por cada litro de agua para después enjuagarla con agua de manera muy cuidadosa para evitar daños al grano.

La densidad aplicada fue de  $3.6 \text{ kg/m}^2$  de semilla por bandeja. A partir de este momento, las bandejas fueron cubiertas totalmente con plástico negro adherido por un período de 5 días para acelerar su crecimiento inicial.

## Riego del cultivo

Durante los primeros cinco días el riego se aplicó de manera manual (con botellas de plástico de 2 litros) por las mañanas solo con agua y por las tardes con una solución de 0.5 gr de cal por cada litro de agua para evitar la proliferación de hongos. A partir del sexto día se instaló un sistema de riego por goteo permanente que consistió en 6 mangueras con una longitud de 2.38 m cada una, abarcando todas las bandejas con tres orificios en cada extremo lateral para un total de seis salidas para cada bandeja; el agua se almacenaba en un tanque con capacidad de 1000 litros se reponía cada tres días, del tanque se trasladaba a una tina con capacidad de 60 litros y en esta se reponía dos veces al día.



**Figura 5.** Sistema de riego para la producción de forraje.

### **Crecimiento**

Los factores considerados en el presente estudio y que posiblemente influyen en el crecimiento de FVH son:

- **Luz:** según Juárez, Morales, y Sandoval (2013), en ausencia de luz la fotosíntesis se ve afectada negativamente, por lo que la radiación solar es básica para el crecimiento vegetal, y, en consecuencia, en el rendimiento final. En términos generales, un invernadero con cubierta plástica que proporcione 50 % de sombreado es suficiente para la producción de FVH.

Las semillas de FVH necesitan estar en oscuridad para que germinen. Después requerirán un mínimo 100 a 1500 micro watts/cm<sup>2</sup> en periodo de aproximadamente de 12 a 14 horas diarias de luz (Manual técnico Forraje verde Hidroponico, 2001). Para disminuir la incidencia directa de la luz solar se utilizó plástico blanco calibre 1000 como parte de la infraestructura; asimismo se colocó cartón forrado con saco blanco sobre el techo.



**Figura 6.** Cartón con sacos blanco para evitar los rayos solares directamente para FVH.

- **Temperatura:** Según Manual tecnico Forraje verde Hidroponico (2001), la temperatura es una de las variables más importantes para la producción de FVH lo que implica efectuar un debido control sobre la regulación de la misma, el rango óptimo para la producción de FVH se sitúa siempre entre los 18 y 26°C.

En esta investigación se mantuvo un termómetro ambiental de forma permanente midiendo una temperatura promedio de 23 °C con mínimas y máximas de 19 y 31°C respectivamente.

- **Aireación:** Juárez, Morales, y Sandoval (2013), afirma que La excesiva ventilación y baja humedad relativa, provoca un ambiente seco y disminución significativa de la producción por deshidratación del forraje.

Se garantizó una adecuada aireación que permitió el intercambio gaseoso, para ello se instaló a cada extremo de la infraestructura, mallas de tela con orificios de 0.5 mm de diámetro. Esta práctica permite prevenir enfermedades fungosas, caso contrario la excesiva ventilación pudo provocar la desecación del ambiente y disminución de la producción por deshidratación del cultivo (Juárez, Morales, y Sandoval (2013).

- **Agua:** el agua que se utilizó en el sistema de riego fue la misma que es utilizada para el consumo humano en la UNA Camoapa. Se puede decir que ésta cumple con las exigencias del forraje.
- **Período de crecimiento total:** según Ministerio de Agricultura (2014), una vez que el FVH haya alcanzado una altura aproximada de 20 a 25 cm, está en condiciones de cosecha y listo para dar de alimento a los animales. El periodo destinado para el FVH producido fue de 12 días.

## Fertilizantes

Los fertilizantes que se utilizaron fueron del tipo orgánico, cuyos componentes y proceso de elaboración se describe a continuación:

- **Abono foliar de boñiga:** para su elaboración se utilizó: 25kg de estiércol fresco, un litro de leche cruda, un litro de melaza, 100 litros de agua. El fertilizante se comenzó a preparar 30 días antes de establecer el FVH previa recolección de la materia prima (estiércol fresco, leche cruda, melaza y agua). En un recipiente plástico de 220 litros de plástico se disolvieron 25 kg de estiércol fresco en los 100 litros de agua y en un recipiente con capacidad de 20 litros se disolvió el litro de leche cruda y el litro de melaza para luego agregárselo al barril, garantizando una mezcla homogénea para su posterior tapado, dejando una cámara de aire entre la mezcla líquida y el espacio vacío del recipiente. Este contenido era removido cada tres días y para la obtención del producto final se filtró por medio de coladores de tela y nylon. Se almacenó en recipientes plásticos de tres litros introducidos en una pila de agua.
- **Abono foliar enriquecido con ceniza:** para la elaboración de este abono foliar orgánico se utilizó 25 kg de estiércol fresco, 2 litros de leche, 2 litros de melaza, 2.5 kg de ceniza y 100 litros de agua. Su preparación inició 15 días antes de establecer el FVH. La mezcla consistió en disolver el 50 % de toda la materia prima y al tercer día el otro 50% en un recipiente de plástico con una capacidad de 220 litros. Luego de haber realizado las mezclas homogéneamente se procedió a tapanlo con tela para facilitar. Este contenido era removido cada tres días y para la obtención del producto final se filtró por medio de coladores de tela y nylon. Se almacenó en recipientes plásticos de dos litros introducidos en una pila de agua.

## Infraestructura

Se construyó un invernadero artesanal forrado con plástico transparente calibre 1000 a medio metro de profundidad del suelo, en un ambiente cerrado, a fin de que el forraje obtuviera excelente ventilación. Las dimensiones de este fueron 2.70 m de altura por 1.90 m de ancho por 3.70 m de largo. La infraestructura tenía acceso restringido por una sola puerta para poder ingresar a realizar la toma de datos y evitar la introducción de microorganismos que pudieran afectar el cultivo.

Dentro de la estructura del invernadero se construyeron andamios metálicos con el objetivo de sostener las bandejas, el estante tiene las dimensiones de 2.12m de alto x 0.75m de ancho x 2.43m de largo. El estante es de tres pisos con una altura de 0.49m de altura por cada piso y del suelo al primer piso tiene 0.65m de altura.

Se utilizaron 18 bandejas de plásticos de 35cm de ancho X 55cm de largo a una profundidad de 3 cm, la misma con perforaciones en su superficie plana para facilitar el drenaje del agua.



**Figura 7.** Infraestructura para la producción de FVH en Centro de Prácticas San Isidro Labrador de la UNA Camoapa.

### **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. Características fenotípicas**

- **Altura (cm):** se midió tres veces durante el período de crecimiento del FVH, utilizando una regla de 30 cm. De cada bandeja se tomaron 5 plantas al azar. Su medición fue del inicio de la raíz hasta el ápice de la hoja más larga.
- **Largo de la hoja (cm):** se midió tres veces durante el período de crecimiento del FVH, utilizando una regla de 30 cm. De cada bandeja se tomaron 5 plantas al azar. Su medición fue a partir del nudo donde nace la hoja hasta el ápice de la hoja más larga
- **Ancho de la hoja (cm):** se midió dos veces durante el período de crecimiento del FVH, utilizando una regla de 30 cm. De cada bandeja se tomaron 5 plantas al azar. Su medición fue en la parte más ancha de la lámina foliar.
- **Largo de las raíces (cm):** se midió una vez durante el período de crecimiento del FVH, utilizando una regla de 30 cm. De cada bandeja se tomaron 5 plantas al azar y se consideraba la raíz más larga.
- **Grosor del tallo (cm):** se midió una vez durante el período de crecimiento del FVH, utilizando una cuerda y posteriormente la regla de 30 cm. De cada bandeja se tomaron 5 plantas al azar. Su medición fue en el centro del tallo.



### 3.4.2. Rendimiento de materia verde

El rendimiento de forraje verde hidropónico (kg de FVH/m<sup>2</sup>) se realizó a los 12 días de establecido el cultivo. Se trasladó el forraje de la bandeja a un cedazo para pesarlo en una pesa digital.

### 3.4.3. Composición química

- Materia seca (%)
- Proteína cruda (%)
- Fibra detergente (%)

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

### 3.5. Análisis de datos

Se realizará análisis de varianza para las variables referidas a características agronómicas y rendimiento de materia verde, utilizando el siguiente modelo matemático:

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

Dónde:

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

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = Error aleatorio

Para el análisis estadístico de las variables se utilizó análisis de varianza a través del programa EXCEL y en aquellas variables donde el resultado del análisis de varianza resultó significativo se utilizó la prueba de separación de medias DMS para comparar y determinar tratamiento de mejor comportamiento.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Características fenotípicas

#### 4.1.1. Altura de plantas

La altura de plantas forrajeras a los 12 días de establecido el FVH, se representa en el siguiente cuadro:

**Cuadro 1.** Altura de la planta (cm) de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) producido en el centro de prácticas San Isidro UNA Camoapa.

OBSERVACIONES	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3
1	30.1	31.66	24.14
2	27.84	31.64	25.02
3	28.88	28.64	25.40
4	28.86	31.02	29.94
5	27.84	29.08	28.58
6	24.96	31.00	24.10
$\bar{X}$	<b>28.08</b>	<b>30.51</b>	<b>26.20</b>

Los datos obtenidos en el cuadro 1 realizados en el experimento se describen a continuación: el tratamiento 2 tuvo mayores resultados con 30.51cm, seguido el tratamiento 1 con 28.08cm y tratamiento 3 con 26.20cm. Para las mediciones utilizamos regla de 30cm, tomando las medidas sanitarias como: pediluvio, botas de hule, guantes.

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. En estudio realizado por Soto y Ramirez (2017) La altura promedio de los tratamientos Nb-Te fue de 26,38 cm, mientras que el promedio del tratamiento Nb-Na fue de 28,13 cm

**Cuadro 2.** Análisis de varianza de altura de la planta (cm) FVH a base de maíz (*Zea mays*) producido en el centro de prácticas San Isidro UNA Camoapa

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	56.02	2	28.01	7.76	0.005	3.68
Dentro de los grupos	54.16	15	3.61			
Total	110.18	17				

**Fuente:** Elaboración propia en EXCEL

En investigación realizada por D'ambrosio *et. al.* (1993), se demostró la falta de efecto del tamaño de la partícula sobre el consumo voluntario en ovinos y vacas lecheras, pero sí encontró diferencia significativa en el consumo de materia seca de las plantas enteras cortadas manualmente en comparación con las cortadas con equipos. Dicha diferencia se debió a la dificultad con· que estos animales consumieron la planta entera de maíz, fundamentalmente las espigas, ya que en el rechazo se encontró mucho grano, fracción del forraje de alta digestibilidad. Posiblemente el FVH producido en el presente experimento disminuye estas diferencias por no alcanzar el tamaño y las características de una planta entera.

La prueba de separación de media DMS indica diferencias significativas entre el tratamiento 2 (foliar enriquecido con ceniza) y tratamiento 3 (testigo); así mismo hay diferencias significativas entre el tratamiento 2 (enriquecido con ceniza) y tratamiento 1 (foliar de boñiga). Para esta variable el mejor comportamiento se generó en el tratamiento 2.

#### 4.1.2. Largo de hojas

Los resultados de esta variable a los 12 días de establecido el FVH se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 3.** Largo de hoja (cm) de FVH de maíz (*Zea mays*) producido en el centro de prácticas San Isidro UNA Camoapa.

OBSERVACIONES	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3
1	19.14	20.78	13.90
2	21.00	21.42	17.56
3	20.20	19.06	15.08
4	20.40	19.80	17.26
5	20.60	21.00	15.26
6	21.38	18.36	16.78
$\bar{X}$	<b>20.45</b>	<b>20.07</b>	<b>15.96</b>

Los promedios obtenidos en el experimento indican que un largo de la hoja de 20.45 cm para el tratamiento 1, seguido del tratamiento 2 con 20.07cm y tratamiento 3 con 15.96 cm. Estos datos son inferiores a los reportados por Meza (2003), que, al analizar el comportamiento de esta variable en diferentes variedades, mostró diferencias, obteniendo una mayor altura de planta en la variedad Pioneer 31G98 con una media de 31.5 cm, mientras que la variedad con menor tamaño fue la Pioneer 3025 con una media de 23.9 cm.

**Cuadro 4.** Análisis de Varianza de largo de la hoja (cm) FVH a base de maíz (*Zea mays*) producido en el centro de prácticas San Isidro de la UNA Camoapa

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	74.57	2	37.29	26.94	1.08E-05	3.68
Dentro de los grupos	20.76	15	1.38			
Total	95.33	17				

Fuente: Elaboración propia en EXCEL

En cuanto a largo de las hojas de los diferentes tratamientos utilizados en el experimento el análisis de varianza muestra diferencias significativas.

La prueba de separación de media DSM de esta variable indica diferencia significativa entre el Tratamiento 1 (te de boñiga) y el grupo testigo y entre el tratamiento 2 (foliar enriquecido con ceniza) y el grupo testigo. No se presentó diferencia entre tratamiento 1 y 2 porque los dos presentan el mismo comportamiento ante esta variable.

#### 4.1.3. Ancho de hojas

La variable ancha de las hojas a los 12 días de establecido el FVH se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 5.** Ancho de la hoja a los 12 días en (cm) de FVH producido en Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.

OBSERVACIONES	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3
1	1.50	1.26	1.44
2	1.26	1.36	1.36
3	1.40	1.40	1.38
4	1.28	1.36	1.48
5	1.36	1.34	1.24
6	1.42	1.40	1.32
$\bar{X}$	<b>1.37</b>	<b>1.35</b>	<b>1.37</b>

Los resultados obtenidos indican similitud entre los tratamientos, siendo para el tratamiento 1 y 3 1.37 cm y para el tratamiento 2, 1.35 cm. Estos coinciden con los reportados por Meza (2003), obteniendo un ancho de hoja mayor para la variedad Pioneer 31G98 con 1.4 cm, mientras que la variedad Pioneer 3025 alcanzó 1.3 cm.

**Cuadro 6.** Análisis de varianza de ancho de hoja (cm) de FVH a base de maíz (*Zea mays*) producido en el centro de prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.001	2	0.001	0.09	0.91	3.68
Dentro de los grupos	0.09	15	0.01			
Total	0.09	17				

El análisis de varianza mostrado en el anterior, no muestra diferencias significativas entre los tratamientos. Coincidente con González y Blandón (2015), que evaluó ancho de la hoja (cm) para tres tipos de fertilizantes y un testigo (agua) en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum*) variedad *Inta tortillero* precoz, en cuanto al ancho de la hoja de los diferentes tratamientos utilizados, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

#### 4.1.4. Largo de la raíz

Largo de la raíz a los 12 días de establecido el FVH, se representa en el siguiente cuadro:

**Cuadro 7.** Largo de raíces a los 12 días de establecido el FVH producido en el centro de prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.

<b>OBSERVACIONES</b>	<b>TRATAMIENTO 1</b>	<b>TRATAMIENTO 2</b>	<b>TRATAMIENTO 3</b>
1	8.10	9.80	12.56
2	9.20	8.30	8.30
3	6.30	7.30	12.46
4	7.00	7.90	10.40
5	8.40	6.60	7.80
6	9.06	9.80	11.92
$\bar{X}$	<b>8.01</b>	<b>8.28</b>	<b>10.57</b>

Los resultados obtenidos indican, con respecto al largo de raíces, que el tratamiento 3 superó los promedios con 10.57cm, seguido de tratamiento 2 con 8.28 cm y tratamiento 1 con 8.01 cm. Estos datos no coinciden con los reportados por Ticona *et. al.* (2017), que evaluó cuatro tipos de abonos orgánicos bajo ambiente atemperado y cosechando a los 20 días, determinando que la Jiracha, Humus líquido y Biol, tienen los promedios de raíz más altos de (27,28 cm; 26,81 cm y 25,46 cm respectivamente); el Bokashi alcanzó 24,39 cm y el testigo 16,76 cm.

**Cuadro 8.** Análisis de varianza de largo de las raíces (cm) de FVH obtenidas a los 12 días, producido en el centro de prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	23.78	2	11.89	4.77	0.02	3.68
Dentro de los grupos	37.38	15	2.49			
Total	61.16	17				

**Fuente:** Elaboración propia en EXCEL

Los resultados del análisis de la varianza mostrados en el cuadro anterior muestran que si hay diferencias significativas entre los tratamientos.

Por su parte Gonzales y García (2015), generó resultados semejantes a los del presente estudio utilizando fertilizante completo 12-30-10, que fue superior en longitud de raíz (10.77 cm), seguido de otra fórmula completa 15- 15-15 (8.80cm) luego el tratamiento dos con urea 46% (8.53 cm). Finalizando con el testigo (sin solución) (7.77 cm) de longitud en raíz, inferior a los encontrados en el presente estudio.

La prueba de separación de media de DMS indica que el mejor comportamiento lo presenta el grupo testigo siendo su resultado significativo ante el tratamiento 1 y 2.

#### 4.1.5. Grosor de tallos

Los resultados de esta variable a los 12 días de establecido el FVH se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 9.** Grosor del tallo (cm) de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) producido en el centro de prácticas San Isidro UNA Camoapa.

<b>OBSERVACIONES</b>	<b>TRATAMIENTO 1</b>	<b>TRATAMIENTO 2</b>	<b>TRATAMIENTO 3</b>
1	1.12	0.96	1.00
2	1.12	1.12	1.04
3	1.06	1.10	1.06
4	1.04	1.14	1.06
5	1.02	1.22	0.96
6	1.12	1.14	1.02
$\bar{X}$	<b>1.08</b>	<b>1.11</b>	<b>1.02</b>

Los resultados indican que el tratamiento 2 con 1.11 cm presentó mayores resultados seguidos de tratamiento 1 con 1.12 cm y tratamiento 3 con 1.02 cm. Estos datos no coinciden con lo de Gonzales y García (2015), en FVH a base de sorgo, teniendo como resultado que el Tratamiento uno (12-30-10) con 3.04 cm presentó un mayor grosor de tallo seguido del Tratamiento dos (ureas 46%) 2.38 cm, el Tratamiento tres (15-15-15) con 2.50 cm y el que tuvo menor diámetro fue el tratamiento cuatro con 2.32 cm.

**Cuadro 10.** Análisis de varianza del grosor del tallo de FVH producido en el centro de prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.025	2	0.01	3.42	0.06	3.68
Dentro de los grupos	0.054	15	0.004			
Total	0.079	17				

**Fuente:** Elaboración propia en EXCEL

El análisis de varianza mostrado en el cuadro 12, no muestra diferencias significativas entre los tratamientos.

#### **4.2. Rendimiento de forraje verde hidropónico**

La medición del rendimiento de FVH de materia verde se realizó a los doce días de establecido que es el tiempo más oportuno para cosechar el forraje. Bayardo (2006), señala que el rendimiento de forraje fresco depende, en mayor medida, del día de cosecha y la fertilización que del genotipo utilizado.

Para la toma de datos se utilizó una pesa digital, tela anti-áfidos para facilitar la manipulación del forraje. Su pesaje consistió en sacar el forraje cuidadosamente de cada bandeja, tomando en cuenta medidas sanitarias tales como pediluvio, guantes, mascarilla y botas de hule, obteniéndose los siguientes resultados:

**Cuadro 11.** Rendimiento de forraje verde hidropónico (kg/m<sup>2</sup>) producido en Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.

OBSERVACIONES	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3
1	11.87	9.19	8.99
2	11.64	10.81	10.26
3	10.87	9.38	10.34
4	11.79	8.78	9.38
5	10.75	10.23	9.40
6	11.90	10.70	10.23
$\bar{X}$	<b>11.46</b>	<b>9.85</b>	<b>9.77</b>

El análisis de varianza mostrado en el cuadro 12, muestra diferencias significativas entre los tratamientos. La fertilización orgánica superó significativamente al testigo, en la producción de biomasa en FVH.

Perez y Preciado (2010) realizaron experimento con FVH a base de maíz y con el uso de fertilización orgánica e inorgánica obteniendo diferencias significativas debidas al tipo de fertilizante y días de cosecha para el peso fresco. En el estudio, ambos tratamientos de fertilización contenían la concentración suficiente de N para satisfacer los requerimientos del forraje.

**Cuadro 12.** Análisis de varianza de peso de materia verde del forraje hidropónico

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	10.93	2	5.47	12.25	0.0007	3.68
Dentro de los grupos	6.69	15	0.45			
Total	17.62	17				

**Fuente:** Elaboración propia en EXCEL

Mora (2009), considera que el FVH a base de maíz presenta un mejor perfil nutricional que el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en términos de digestibilidad, dada las características de material vegetativo recién germinado y succulento. Sin embargo, no se tiene evidencias de mejora en el aprovechamiento ruminal.

Vargas (2008) en experimento con dos genotipos de maíz obtuvo rendimientos de 22.22 kg/m<sup>2</sup> y 23.87 kg/m<sup>2</sup> con densidades de siembra 3.0 kg/m<sup>2</sup> y 3.1 kg/m<sup>2</sup>, cosecha a los 16 días y con el uso de soluciones nutritivas.

La prueba de separación de media de DMS de esta variable muestra superioridad del tratamiento 1 (foliar de boñiga) con relación a los otros dos.



### 4.3. Composición química

#### 4.3.1. Materia seca

Es igual al 100% menos el porcentaje de humedad o agua que contiene la muestra y representa a todos los nutrientes presentes en la muestra como la proteína, fibra, grasa, minerales, etc. (Meléndez, 2015).

Los resultados del análisis de laboratorio presentan 34.30%, 31.53% y 30.25% para los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente. Estos valores son superiores a los reportados por González y Blandón (2014) en un ensayo con FVH a base de sorgo con fertilizantes inorgánicos, presentando valores de 11.68% a 14.6% y que los obtenidos por Rivera *et. al.* (2010) que presenta un promedio de 17.2%.

**Cuadro 13.** Materia seca (%) para forraje verde hidropónico producido en el Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.

MUESTRA	% MS
T1 Te de Boñiga	34.30
T2 Enriquecido con cenizas	31.53
T3 Testigo o natural	30.25

Fuente: Laboratorio Control y Calidad de Alimentos. UNA

#### 4.3.2. Proteína cruda

Según Rivera *et. al.* (2010), varios autores han informado que algunas gramíneas presentan mayor contenido de PB cuando son cultivadas bajo sombra, a diferencia de cuando se encuentran bajo plena iluminación (Simón, 2005). Aunque estas plantas son heliófitas, la baja iluminación influye positivamente en el contenido de N foliar.

Los resultados de esta variable fueron 12.80 %, 13.22% y 13.83 para los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente. González y Blandón (2014) reportaron valores de 15.70 % a 17.01 % en FVH a base de sorgo con fertilizantes inorgánicos y a los 12 días de edad. De igual manera Rivera *et. al.* (2010) obtuvo valores superiores en FVH a base de maíz (17.9 % a 19.0 %).

**Cuadro 14.** Proteína cruda (%) para forraje verde hidropónico producido en el Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.

MUESTRA	% PC
T1 Te de Boñiga	12.80
T2 Enriquecido con cenizas	13.22
T3 Testigo o natural	13.83

Fuente: Laboratorio Control y Calidad de Alimentos. UNA

### 4.3.3. Fibra detergente

Flores y Rodríguez (s.f.) indican que la fibra neutro detergente (FND), que estima el contenido en celulosa, hemicelulosa y lignina de la pared celular, se determina como el residuo que queda tras la extracción con la solución neutro-detergente. El contenido de los alimentos en FND está relacionado con su ingestión por los rumiantes.

La fibra ácido detergente (FAD), que es un estimador del contenido de la pared celular en celulosa y lignina, se determina como el residuo que queda tras la solubilización de la hemicelulosa con la solución ácido-detergente. El contenido de los alimentos en FAD está relacionado con su degradabilidad ruminal y digestibilidad (Flores y Rodríguez, s.f.).

La composición química de estas variables fue de 51.59 %, 44.70 % y 43.60 % de FND para los tratamientos 1, 3 y 2 respectivamente; y 25.96 %, 23.77 % y 22.02 % de FAD para los tratamientos 3, 1 y 2 respectivamente. Los resultados son Espinoza *et al.* (2004), encontraron que los niveles de FND para maíz en FVH eran cercanos a 41,46 %, mientras que Müller *et al.* (2002) obtuvieron valores de 80% y 64,9% de FND para maíz producido hidropónicamente bajo diferentes densidades de siembra.

Cerillo *et al.* (2012), indica que el contenido de FDN tuvo un promedio general de 52.6% en la producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. En trabajos realizados con FVH de maíz (Meza, 2005) se reportan valores de FDN entre 39 y 41%, cifras inferiores a las encontradas en el presente estudio.

Vargas (2008), muestra que el contenido de FND obtenido en FVH de sorgo fue de 66,59 %; mientras que en el de arroz fue 58,36 % y el maíz alcanzó un 43,15 % en la comparación productiva de estos. Los valores obtenidos muestran que el contenido de FAD del maíz son de (18,89 %) en la comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero.

**Cuadro 15.** Fibra detergente (%) para forraje verde hidropónico producido en el Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa.

<b>MUESTRA</b>	<b>% FND</b>	<b>% FAD</b>
T1 Te de Boñiga	51.59	23.77
T2 Enriquecido con cenizas	43.60	22.02
T3 Testigo o natural	44.70	25.96

**Fuente:** Laboratorio Control y Calidad de Alimentos. UNA

## V. CONCLUSIONES

- Las características agronómicas del FVH muestra que la altura, largo de la hoja, largo de las raíces, presentan diferencias significativas entre los tratamientos. Siendo el tratamiento 2 significativamente superior al 1 y 3. en la variable largo de la hoja no hay diferencia entre los tratamientos 1 y 2 y estos presentan diferencias significativas con el tratamiento 3. En la variable largo de raíces no hay diferencias entre los tratamientos 1 y 2 y estos presentan diferencias significativas con el tratamiento 3.
- El mayor rendimiento de FVH fue de 11.46 kg/m<sup>2</sup>, correspondiente al tratamiento 1 (foliar de boñiga), presentando una diferencia significativa con relación a los otros dos. Entre el tratamiento 2 y el testigo no hay diferencias estadísticas
- El FVH a través de esta técnica es un alimento vivo de digestibilidad y de calidad nutricional, representa una alternativa alimentaria con la que se puede hacer frente a los problemas que enfrenta la producción animal (sequias, cambio climático problemas de los suelos). El análisis bromatológico realizado a los tres tratamientos de FVH de maíz, indica que el tratamiento 1 presenta mejor porcentaje de materia seca (34.30 %) pero menor en proteína cruda (12.80 %) y mayor en Fibra Neutra Detergente (51.59 %). El tratamiento 2 presenta mayor contenido de proteína cruda (13.22 %), menor contenido de fibra detergente que los tratamientos 1 y 3, pero disminuye su contenido de materia seca respecto al tratamiento 1. El tratamiento 3 supera al tratamiento 1 en proteína cruda (13.83 %) y en fibra neutra detergente (44.70 %) pero su materia seca es baja (30.25 %)

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Adoptar esta tecnología en el centro de prácticas San Isidro de la UNA Camoapa, siendo una alternativa económica, orgánica y viable desde el punto de vista ambiental y nutricional. Para ello, se debe aumentar la infraestructura, para tener una mayor producción, mayor espacios y mejores rendimientos.
- Realizar estudios que valoren la inclusión de FVH en diferentes especies animales y contribuya a suplir las necesidades nutritivas de estos en épocas de escasez de alimentos.
- Aunque esta tecnología es eficiente en el uso del agua es recomendable un manejo sanitario de ésta para evitar diseminación de microorganismos patógenos al FVH.

## VII. BIBLIOGRAFÍA.

Aguirre A, C.; Abarca R, P.; Mora L, D.; Silva R, L. y Olguín R, J. (2014). *Producción de forraje verde hidropónico (FVH)*. Recuperado de: <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2015/05/Producci%C3%B3n-de-forraje-verde-hidrop%C3%B3nico.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). (2001). *Manual técnico: Forraje verde hidropónico*. Recuperado de:

[http://www.produccionanimal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/forraje\\_hidroponico/20-manual\\_fao\\_1\\_parte.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/forraje_hidroponico/20-manual_fao_1_parte.pdf)FAO. (2003). *LA HUERTA HIDROPONICA*. Santiago.

Vargas Flores, M. (s.f.). *El Forraje Verde Hidroponico y su Uso en la Crianza de Cuyes*. Recuperado de: <http://www.rmr-peru.com/forraje-verde-hidroponico.htm>

Fuentes Yagüe, J. L. y García Legaspi G. (2003). *Técnicas de Riego: Sistemas de riego en la agricultura*. Recuperado de: <file:///C:/Users/DIRECCION/Downloads/Tecnicas-de-Riego.pdf>

González M, E; Ceballos M, J. y Benavides B, O. (2015). Producción de forraje verde hidropónico de maíz *Zea mays* L. en invernadero con diferentes niveles de silicio. *Revista de ciencias agrícolas*. 32(1): 75 - 83. Recuperado de: <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/2425/3201>

Gonzalez, I. K. y Diaz Urbina, O. J. (2017). *Análisis de la rentabilidad en la explotación porcina de la universidad Nacional Agraria sede Regional Camoapa*. Tesis de Grado. Camoapa, Boaco, Nicaragua: universidad Nacional Agraria.

González, J., y Blandon, C. (2014). *Efectos de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo*. Tesis de grado. Managua, Nicaragua: universidad Nacional Agraria.

Orjuela Villalovos W. G. (2015). *Evaluación del uso de forraje verde hidropónico de trigo como alternativa nutricional en la producción de leche del ganado bovino en Turmeque*. Recuperado de:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php%3Furl%3D/bitstream/10596/3719/1/1054372103.pdf>

Juarez Lopez, P.; Morales Rodriguez, H.J.; Sandoval Sevilla, M.; Gomez Danes, A.A.; Cruz Crespo, E.; Juarez Rosete, C. R.; Aguirre Ortega, J.; Alejo Santiago, G. (2013). *Producción de Forraje Verde Hidropónico*. recuperado de:

<file:///C:/Users/Pc%205/Documents/fvh/ARTCULOFORRAJEVERDE.FUENTE.pdf>

Organización de las Naciones Unidas (FAO) (2003). *La Huerta Hidroponica Popular*. recuperado de: <file:///C:/Users/Pc%205/Documents/fvh/34EDRF.pdf>

D'ambrosio D.H.(1), M.G. Zappa (2),N.P. Stritzler (2.3),A. Zuccari(2), lo Sollazo(2), G.D. Fernández(2), C.M. Ferri (1,2),S. Lardone(2) y J.H. Pagella(2) (1993). *Efecto del tamaño de picado del forraje sobre el consumo voluntario y la producción en vacas lecheras y ovejas*. Recuperado de: <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/rev-agro/agrov07n1a05dambrosio.pdf>

Mora Agüero, C. E. (2009). *Evaluación del uso de forraje verde hidropónico de maíz (FVHM) sobre la producción de leche de vacas en pastoreo*. Tesis de Grado. Recuperado de:<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3945/Evaluaci%C3%B3n%20del%20uso%20de%20forraje%20verde%20hidrop%C3%B3nico%20de%20ma%C3%ADz%20%28FVHM%29%20sobre%20la%20producci%C3%B3n%20de%20leche%20de%20vacas%20en%20pastoreo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González, J. y García, M. (2015), *Evaluación de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (Sorghum bicolor L.) en invernadero noconvencional, La Trinidad, Estelí*. Recuperado: <http://repositorio.una.edu.ni/3166/1/tnf04g643p.pdf>

Ticona, J. y Mamani, A. (2017), *Evaluación de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays), con cuatro tipos de abonos orgánicos bajo ambiente atemperado en la provincia Murillo del Departamento de La Paz*. Recuperado de: <file:///C:/Users/Desarrollo%20Municipal/Documents/fvh/CUATRO%20TIPOS%20DE%20FERTILIZANTE%20ORGANICOS.pdf>

González González, J. H.; Blandón Valdivia, C. N. (2014), *Efectos de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (sorghum) variedad Inta tortillero precoz, en un invernadero no tradicional*. Recuperado de: <http://repositorio.una.edu.ni/2777/1/tnf04g643t.pdf>

Meza Carranco, Z. (2003), *Evaluación de Variedades de Maíz y densidad de siembra en la producción de Forraje Verde Hidropónico*. Recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/5553/1/1020150611.PDF>

Pedroza, H. (1993). *Fundamentos de Experimentación Agrícola*. Centro de estudios de eco desarrollo para el trópico. Managua, Nicaragua.

Rivera, A; Moronta, M; González, M; González; Perdomo, D; García, D. E. y Hernández G. (s. f.) *Producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays L.) en condiciones de iluminación*. Recuperado de: [http://sian.inia.gob.ve/revistas\\_ci/ZootecniaTropical/zt2801/pdf/rivera\\_a.pdf](http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/ZootecniaTropical/zt2801/pdf/rivera_a.pdf)

Meléndez P. (2015). *Las bases para entender un análisis nutricional de alimentos y su nomenclatura*. Recuperado de: <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Analisis/2015/10/21/Las-bases-para-entender-un-analisis-nutricional-de-alimentos-y-su-nomenclatura.aspx>

Flores Mengual, M. P. y Rodríguez Ventura, M. (S, F). *El contenido en nutrientes de los alimentos*. Recuperado de: <http://www.webs.ulpgc.es/nutranim/tema3.htm>

María Andrea Cerrillo Soto, Arturo Saúl Juárez Reyes, José Arnulfo Rivera Ahumada, Maribel Guerrero Cervantes, Roque Gonzalo Ramírez Lozano y Hugo Bernal Barragán, (2012), *producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena* recuperado por: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/forraje\\_hidroponico/01-Hidroponico.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/forraje_hidroponico/01-Hidroponico.pdf)



Müller, L; Manfron, P; Santos, O; Medeiros, S; Haut, V; Dourado, D; Binotto, E; Bandeira, A. 2005. Producción y composición bromatológica de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) con diferentes densidades de siembra y días de cosecha. Brasil. *Zootecnia Tropical*.

Claudio Fabián Vargas-Rodríguez, (2008) Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero recuperado de: <file:///C:/Users/DIRECCION/Downloads/5005-7329-1-PB.pdf>

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. Venezuela. *Revista Zootecnia Tropical*

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1.** Andamio para FVH.



**Anexo 2.** Preparación de fertilizantes.



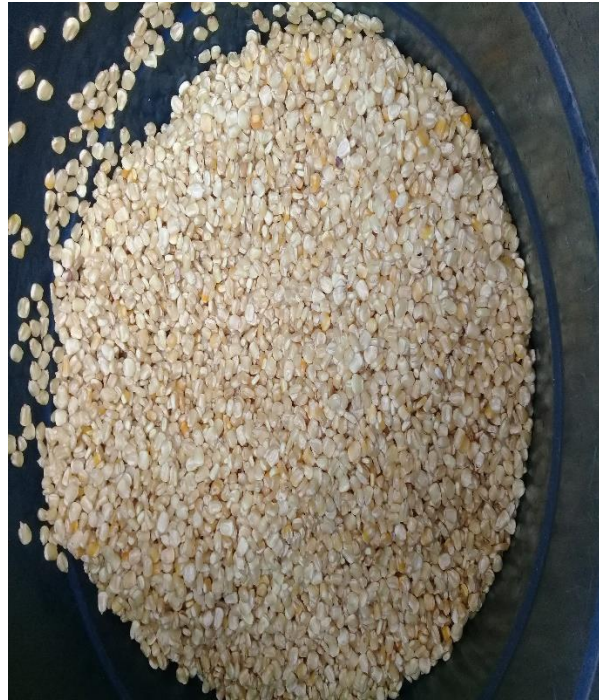
**Anexo 3.** Infraestructura protegida con plástico transparente calibre 1000



**Anexo 4.** Pesaje de semilla



**Anexo 5.** Lavado y desinfectado del maíz



**Anexo 6.** Traslado de semilla a las bandejas.



**Anexo 7.** Pregerminacion de la semilla.



**Anexo 8.** Segundo día de pregerminacion y aplicación de cal.



**Anexo 9.** Toma de temperatura.



**Anexo10.** Toma de variable.



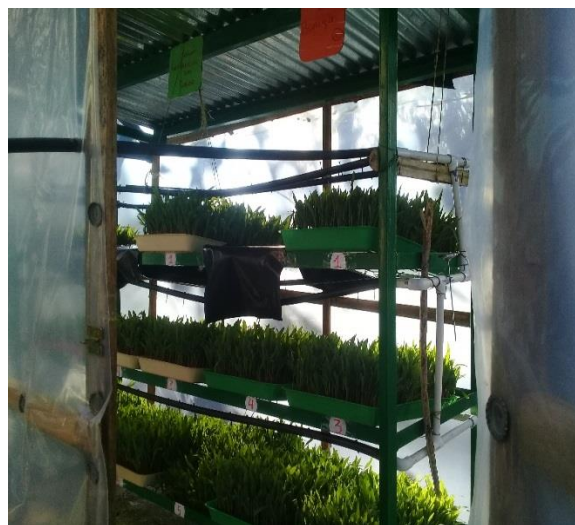
**Anexo 11.** Aplicación de fertilizante al sexto día.



**Anexo 12.** Disolución de fertilizante.



**Anexo 13.** FVH a los 12 días de establecido.



**Anexo 14.** Cosecha de FVH.



**Anexo 15.** Resultados de Análisis Bromatológico

<b>No. Lab.</b>	<b>Muestra</b>	<b>%PC</b>	<b>% FND</b>	<b>% FAD</b>	<b>%MS</b>
078-18	T1 Te de Boñiga	12.80	51.59	23.77	34.30
079-18	T2 Enriquecido con cenizas	13.22	43.60	22.02	31.53
080-18	T3 Testigo o natural	13.83	44.70	25.96	30.25

Simbología: PC: Proteína Cruda; FAD: Fibra Detergente Acida; FND: Fibra Neutro Detergente, MS: Materia Seca