

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ZOOTECNIA**



**COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO Y VALOR  
NUTRICIONAL DE MAÍZ (*Zea mays L.*), AVENA (*Avena  
sativa L.*) Y SORGO (*Sorghum vulgare L.*) CULTIVADOS  
POR HIDROPONÍA EN SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,  
CHIMALTENANGO**

**RUDI ALBERTO RUANO LÓPEZ**

**Licenciado en Zootecnia**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2,014**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ZOOTECNIA**



**COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DE MAÍZ (*Zea mays L.*), AVENA (*Avena sativa L.*) Y SORGO (*Sorghum vulgare L.*)  
CULTIVADOS POR HIDROPONÍA EN SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,  
CHIMALTENANGO**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD

**POR**

**RUDI ALBERTO RUANO LÓPEZ**

Al conferírsele el título profesional de

**Zootecnista**

En el grado de Licenciado

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2,014**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**JUNTA DIRECTIVA**

|             |  |
|-------------|--|
| DECANO:     | MSc. Carlos Enrique Saavedra Vélez       |
| SECRETARIA: | M.V. Blanca Josefina Zelaya de Romillo   |
| VOCAL I:    | Lic. Zoot. Sergio Amílcar Dávila Hidalgo |
| VOCAL II:   | MSc. Dennis Sigfried Guerra Centeno      |
| VOCAL III:  | M. V. Carlos Alberto Sánchez Flamenco    |
| VOCAL IV:   | Br. Javier Augusto Castro Vásquez        |
| VOCAL V:    | Br. Juan René Cifuentes López            |

**ASESORES**

MSc. CARLOS ENRIQUE SAAVEDRA VÉLEZ

LIC. ZOOT. SERGIO ANTONIO HERNÁNDEZ DE LA ROCA

MSc. KAREN JUDITH HERNÁNDEZ CABRERA

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con lo establecido en los reglamentos y normas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

**COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DE MAÍZ (*Zea mays L.*), AVENA (*Avena sativa L.*) Y SORGO (*Sorghum vulgare L.*)  
CULTIVADOS POR HIDROPONÍA EN SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,  
CHIMALTENANGO**

Que fuera aprobado por la Honorable Junta Directiva de la  
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Como requisito previo a optar al título profesional de:

**LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

## **ACTO QUE DEDICO**

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| A DIOS                         | Por bendecirme con la oportunidad de estudiar y rodearme de personas buenas.  |
| A MIS PADRES:                  | Por su cariño y apoyo en todo momento y por inculcarme los valores necesarios para alcanzar este éxito en mi vida.  |
| A MIS HERMANAS:                | Por darme el ejemplo de esfuerzo y dedicación en la vida, con sus consejos para tomar las mejores decisiones.       |
| A MIS SOBRINOS:                | Para que tomen de ejemplo la superación personal y escojan un camino donde se desarrollen como profesionales.       |
| A MI NOVIA:                    | Por estar en mi vida en los momentos más importantes, por su apoyo para que yo sea una mejor persona y por su amor. |
| A MIS AMIGOS:                  | Por el apoyo incondicional que me han brindado, por el cariño y la amistad que nos une.                             |
| A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCIÓN: | Por hacer que mi estadía en esta casa de estudios haya sido la mejor.   |

## **AGRADECIMIENTOS**

A LA UNIVERSIDAD DE SAN  
CARLOS DE GUATEMALA

Por haberme dado la oportunidad de formarme en la carrera de Licenciado en Zootecnia.

A LA FACULTAD DE MEDICINA  
VETERINARIA Y ZOOOTECNIA

Por darme el conocimiento básico necesario para desenvolverme como profesional.

A MIS CATEDRÁTICOS

Por compartir sus conocimientos.

A MIS ASESORES DE TESIS

Por su amistad y su apoyo durante mi formación profesional.

A

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura). Por abrirme las puertas para realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado.

# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....   | 1  |
| <b>II. HIPÓTESIS</b> .....   | 3  |
| <b>III. OBJETIVOS</b> .....  | 4  |
| 3.1 General .....  | 4  |
| 3.2 Específico.....  | 4  |
| <b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....  | 5  |
| 4.1 La Avena .....   | 5  |
| 4.2 El Sorgo .....   | 5  |
| 4.3 El Maíz .....  | 6  |
| 4.4 Hidroponía.....  | 7  |
| 4.5 Forraje verde hidropónico (FVH).....   | 7  |
| 4.5.1 Características nutricionales del forraje verde hidropónico.....                           | 8  |
| 4.6 Ventajas de la utilización de forraje verde hidropónico para la<br>alimentación animal ..... | 9  |
| 4.7 Desventajas del forraje verde hidropónico .....  | 9  |
| <b>V. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....   | 11 |
| 5.1 Localización. ....   | 11 |
| 5.2 Materiales .....   | 11 |
| 5.3 Metodología. ....  | 12 |
| 5.3.1 Área utilizada. ....   | 12 |
| 5.3.2 Preparación de los canteros. ....  | 12 |
| 5.3.3 Preparación del sustrato .....   | 13 |
| 5.3.4 Preparación de la semilla.....   | 13 |
| 5.3.5 Siembra. ....  | 15 |
| 5.3.6 Nutrición de las plantas y riego.....  | 15 |
| 5.3.6.1 Solución nutritiva.....  | 17 |
| 5.4 Cosecha.....   | 18 |
| 5.5 Toma de datos. ....  | 18 |

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| 5.5.1        | Altura de plantas a los 35 días de edad (cm).....                                | 18        |
| 5.5.2        | Determinación del peso fresco del forraje (kg).....                              | 18        |
| 5.5.3        | Análisis bromatológico .....   | 19        |
| 5.5.4        | Determinación de los costos .....  | 19        |
| 5.6          | Análisis del experimento .....   | 20        |
| 5.6.1        | Tratamientos .....   | 20        |
| 5.6.2        | Diseño experimental .....  | 20        |
| 5.6.3        | Modelo estadístico .....   | 20        |
| 5.7          | Análisis de la información .....   | 20        |
| <b>VI.</b>   | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....  | <b>22</b> |
| 6.1          | Medición de las alturas por unidad experimental a los 35 días post-siembra. .... | 22        |
| 6.2          | Rendimiento de materia verde y materia seca en kg / m <sup>2</sup> . ....        | 23        |
| 6.3          | Contenido nutricional obtenido en los análisis bromatológicos. ....              | 25        |
| 6.4          | Costo de producción por kilogramo para cada tratamiento.....                     | 27        |
| <b>VII.</b>  | <b>CONCLUSIONES</b> .....  | <b>29</b> |
| <b>VIII.</b> | <b>RECOMENDACIONES</b> .....   | <b>30</b> |
| <b>IX.</b>   | <b>RESUMEN</b> .....   | <b>31</b> |
|              | <b>SUMMARY</b> .....   | <b>32</b> |
| <b>X.</b>    | <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....  | <b>33</b> |
| <b>XI.</b>   | <b>ANEXOS</b> .....  | <b>36</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Cuadro 1</b>  | Contenido nutricional de forraje verde hidropónico de maíz.....                   | 8  |
| <b>Cuadro 2</b>  | Calidad de la semilla.....  | 14 |
| <b>Cuadro 3</b>  | Resultados del análisis de agua. ....   | 15 |
| <b>Cuadro 4</b>  | Contenido de macro nutrientes en la solución nutritiva A.....                     | 17 |
| <b>Cuadro 5</b>  | Contenido de macro nutrientes en la solución nutritiva B.....                     | 17 |
| <b>Cuadro 6</b>  | Alturas de las plantas alcanzadas a los 35 días. ....                             | 22 |
| <b>Cuadro 7</b>  | Rendimiento en materia verde y materia seca (Kg/m <sup>2</sup> ) .....            | 23 |
| <b>Cuadro 8</b>  | Diferencia de medias para el rendimiento en materia verde.....                    | 24 |
| <b>Cuadro 9</b>  | Diferencia de medias para el rendimiento de materia seca. ....                    | 25 |
| <b>Cuadro 10</b> | Contenido nutricional en % para cada uno de los tratamientos<br>en base seca..... | 26 |
| <b>Cuadro 11</b> | Ponderación numérica para la medición del rendimiento<br>nutricional.....         | 26 |
| <b>Cuadro 12</b> | Costos para la producción de 1 Kg. de materia seca por m <sup>2</sup> .....       | 27 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> Parcela de distribución de los tratamientos.....          | 12 |
| <b>Figura 2</b> Tabla para determinar clase de agua según Riverside ..... | 16 |



## I. INTRODUCCIÓN

La variabilidad del clima en los últimos años presenta consecuencias negativas para la población y la economía mundial. Sequías, inundaciones y cambios en temperatura, provocan reducción de la producción de alimento, y como consecuencia, escasez y aumento de precio del mismo y por tanto, se reduce la capacidad de abastecer la canasta familiar.

La cadena productiva de alimentos que inicia en el campo hasta llegar al consumidor, se ha visto afectada en América Latina por los ciclos del fenómeno de la niña y el niño. Por lo tanto, los productores agropecuarios se deben preparar para enfrentar estas adversidades con el propósito de mantener su productividad (4).

Para contrarrestar estos problemas ambientales que empiezan a manifestarse en los países centroamericanos, es importante implementar tecnología desarrollada en los últimos años. Tal es el caso de la hidroponía, que se ha utilizado en la producción agrícola, principalmente, en la siembra de hortalizas sin el uso del suelo y con un ambiente controlado para intensificar la producción.

Esta tecnología puede ser en nuestro país una alternativa para la producción de forraje en la época de escases, manteniendo la productividad pecuaria constante durante todo el año; teniendo presente que estas condiciones son más marcadas en el altiplano de Guatemala, debido a la baja fertilidad de los suelos, baja precipitación pluvial y a los minifundios.

Actualmente, no existen en Guatemala investigaciones aplicadas en nuestro medio sobre la técnica de forraje verde hidropónico, por lo que este estudio pretende profundizar esta opción y aportar información al respecto. El uso de maíz, sorgo y avena, se debe a que estos forrajes son comunes en nuestro medio

y que se pueden manejar en condiciones de hidroponía, tomando en cuenta principalmente características de producción, nutrición y costos. El efecto esperado de la investigación es aportar una solución para la escases de forraje en las épocas difíciles en nuestro país, específicamente en el área del altiplano donde se llevó a cabo esta investigación.

## **II. HIPÓTESIS**

No existe diferencia significativa en términos de Kg. por metro cuadrado, en el rendimiento de materia verde y seca entre maíz, avena y sorgo cultivados con el sistema hidropónico.

Al menos una de las especies a evaluar presentará el mejor valor nutritivo en términos de % Proteína Cruda, % Fibra Cruda, % Extracto Etereo y Cenizas.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 General**

- Generar información sobre alternativas no tradicionales de alimentación animal que se adapten a las condiciones del altiplano guatemalteco.

#### **3.2 Específico**

- Evaluar el rendimiento de materia verde y seca en  $\text{kg/m}^2$  para maíz, avena y sorgo cultivados por hidroponía, cosechados de acuerdo al número de días al alcanzar los 45 cm de altura.
- Comparar descriptivamente el valor nutricional con base a un análisis bromatológico, determinando, porcentaje de proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo y cenizas, para el maíz, avena y sorgo.
- Determinar los costos para producir un kilogramo de forraje, para cada una de las especies evaluadas.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 La Avena

La avena es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia Poaceae, la especie *sativa* es la más cultivada, seguida de *Avena byzantina*.; sus características son las siguientes:

- Posee un sistema radicular potente, con raíces más abundantes y profundas que los demás cereales.
- Los tallos tienen poca resistencia al vuelco; tiene, en cambio, un buen valor forrajero.
- La planta completa puede alcanzar desde 0.60 m hasta 1.50 m de altura.
- La temperatura óptima para su desarrollo se encuentra entre 25 a 31 °C, una mínima de 4 a 8 °C y una máxima de 31 a 37 °C. Por otra parte la tasa de germinación es mayor al 90% cuando la temperatura se encuentra entre 10 – 25 °C.
- La avena para forraje tiene un ciclo de corte de 90 días, su rusticidad se traduce en no ser exigente en suelo, es tolerante a la sequía y resistente a fuertes heladas. Cuando se la cultiva pura, se recomienda una densidad de siembra de 80 kg/ha para el altiplano y 90 kg/ha para los valles y subtrópico (1).

### 4.2 El Sorgo

El sorgo (*Sorghum vulgare L.*) pertenece a la familia Poaceae tiene una altura de 1 a 2 metros. Tiene semillas de 3 mm, esféricas y oblongas, de color negro, rojizo y amarillento. Tiene un sistema radicular que puede llegar a 2 m de profundidad en suelos permeables. El sorgo se utiliza para producir grano, el cual

se utiliza principalmente para la alimentación de animales, y con el forraje que produce se alimenta a rumiantes.

Para germinar el sorgo necesita una temperatura de 12 a 13 °C. El crecimiento de la planta no es verdaderamente activo hasta que se sobrepasan los 15 °C, situándose el óptimo hacia los 32 °C. El sorgo es capaz de soportar sequía durante un periodo de tiempo bastante largo, y reemprender su crecimiento más adelante cuando cesa la misma. Por otra parte, necesita menos cantidad de agua que el maíz para formar un kilogramo de materia seca. En la siembra es esencial no enterrar excesivamente el grano, lo adecuado debe ser de 2 a 4 cm. profundidad, y procurando que ésta sea regular (6).

### **4.3 El Maíz**

La planta del maíz pertenece a la familia Poaceae, es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual. El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, observándose una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. El primer nudo del tallo después del nivel del suelo, genera raíces adventicias.

Desde que se siembran las semillas hasta la aparición de los primeros brotes, transcurre un tiempo de 8 a 10 días, donde se ve muy reflejado el continuo y rápido crecimiento de la plántula.

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30 °C y alta incidencia de luz solar. Para que se produzca la germinación de la semilla, la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 °C.; además, llega a soportar temperaturas mínimas de 8 °C y

a partir de los 30 °C, pueden aparecer problemas serios por mala absorción de nutrientes minerales y agua.

La siembra se efectúa cuando la temperatura del suelo alcance un valor de 12 °C., y se realiza a una profundidad de 5 cm. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32 °C. (5).

#### **4.4 Hidroponía**

Es una técnica de cultivo de plantas sin el uso de suelo, cuando las mismas se desarrollan en algún tipo de sustrato inerte, irrigado por una solución nutritiva, puede también utilizarse el término “cultivo sin tierra” (3).

Esta técnica aprovecha mejor el espacio disponible en áreas donde la disponibilidad de la tierra comienza a ser problema o se ha vuelto improductiva, debido a que aumenta significativamente el rendimiento por unidad de área.

#### **4.5 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, y utilizando semillas viables. El FVH o “*green fodder hydroponics*” es un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal (13).

La técnica desarrollada para este cultivo, se basa en la producción con o sin sustrato (solamente utilizando agua), y se realiza preferiblemente en invernaderos, lo que permite su producción, incluso en épocas de sequía u otras condiciones climáticas adversas, con el fin de no detener ni restringir la alimentación de los animales por las variaciones estacionales de producción de forraje, y poder

mantener la alimentación de los animales para la producción de carnes e incluso de leche (8).

#### 4.5.1 Características nutricionales del forraje verde hidropónico.

El cuadro 1 muestra los valores nutricionales que posee el forraje verde hidropónico de maíz utilizando el método de raíz flotante o sin sustrato.

**Cuadro 1**  
**Contenido nutricional de forraje verde hidropónico de maíz**

| <b>Parámetro</b> | <b>Valor</b> | <b>Unidad</b> |
|------------------|--------------|---------------|
| Materia Seca     | 12-20        | %             |
| Digestibilidad   | 80-92        | %             |
| Proteína Cruda   | 13-20        | %             |
| Fibra Cruda      | 12-25        | %             |
| Grasa            | 2.8-5.37     | %             |
| E.L.N.           | 46-67        | %             |
| N.D.T.           | 65-85        | %             |
| Vitamina A       | 25.1         | UI/kg         |
| Vitamina C       | 45.1-154     | Mg/kg         |
| Vitamina E       | 26.3         | UI/kg         |
| Calcio           | 0.11         | %             |
| Fosforo          | 0.30         | %             |
| pH               | 6-6.5        |               |
| Palatabilidad    | Excelente    |               |

**ELN:** Extracto Libre de Nitrógeno

**NDT:** Nutrientes Digestibles Totales

**Fuente:** (Tarrillo, H. 2,009.)

#### **4.6 Ventajas de la utilización de forraje verde hidropónico para la alimentación animal**

- El área donde se realiza este tipo de cultivo es pequeña, siendo equivalente a 1.20 metros cuadrados por animal.
- El consumo de agua es mínimo, se estima utilizar menos de dos litros por kilogramo de forraje verde producido.
- El forraje verde hidropónico brinda proteínas, minerales, todas las vitaminas libres y solubles, haciéndolas más asimilables, lo que no ocurre con el grano seco.
- Lo anterior elimina en gran parte el uso de vitaminas sintéticas. La vitamina A, tiene importancia en la fertilidad de los animales y el forraje verde hidropónico la contiene en una proporción elevada.
- Al suministrar forraje hidropónico durante toda la dieta alimenticia, se evitan trastornos digestivos causados por los cambios de composición y procedencia de los alimentos para uso animal.
- La relación de producción es de 1 a 9, o sea que con cada kilogramo de semilla utilizado se obtienen 9 kilogramos de forraje verde hidropónico.
- Su aspecto, color, sabor y textura, le confieren gran palatabilidad, a la vez que aumentan la asimilación de otros alimentos.
- Su digestibilidad es de 80-92% lo que nos indica un alto grado de aprovechamiento de los nutrientes que este alimento posee.
- Este sistema se puede utilizar en cualquier época del año, media vez se proporcionen los cuidados necesarios (10).

#### **4.7 Desventajas del forraje verde hidropónico**

- La inversión de capital en instalaciones para producir forraje verde hidropónico, es superior a las que se requiere para los cultivos forrajeros

tradicionales.

- La capacitación técnica del responsable de la dirección del sector productivo del establecimiento, es esencial y decisiva en el éxito del mismo.
- En cuanto al manejo del cultivo estos son mayores, por lo que los gastos en mantenimiento de un ciclo productivo son mayores que a producción de forraje tradicional.
- Debe completarse con otros alimentos que aporten materia seca y fibra, ya que los niveles de estos indicadores se encuentran bajos en el FVH (9).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Localización.

El experimento se llevó a cabo en el municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango, este municipio se encuentra ubicado a una distancia de 18.5 Km. de Chimaltenango, la cabecera del Departamento y a 72 Km. de la Ciudad de Guatemala, la altura sobre el nivel del mar es de 1,755.55. La temperatura promedio anual máxima es de 20.1°C y la mínima de 3°C, precipitación pluvial anual de 1,134 mm, con 96 días de lluvia por año (14).

Según el mapa de “Zonas de Vida” a nivel de reconocimiento y basados en el sistema Holdridge de clasificación de zonas de vida de Guatemala, en el municipio se encuentran las zonas de vida bosque húmedo Montano Subtropical y bosque húmedo Subtropical (templado) (14).

La finca se encuentra ubicada en la zona 4, 2da Av., barrio El Guite, en la zona de vida “Bosque Húmedo Montano Subtropical” y sus coordenadas son Latitud Norte 14, 46,48 y Longitud Oeste 90,47, 35.

### 5.2 Materiales

- Nylon
- Mantas
- Tazón con medida
- Canteros
- Regadera
- Bolsas de papel
- Semillas
- Baños
- Balanza de reloj
- Cinta métrica
- Machete
- Cuaderno
- Cubetas
- Agua
- Lapicero
- Soluciones nutritivas
- Manguera
- Calculadora
- Jeringa
- Cloro

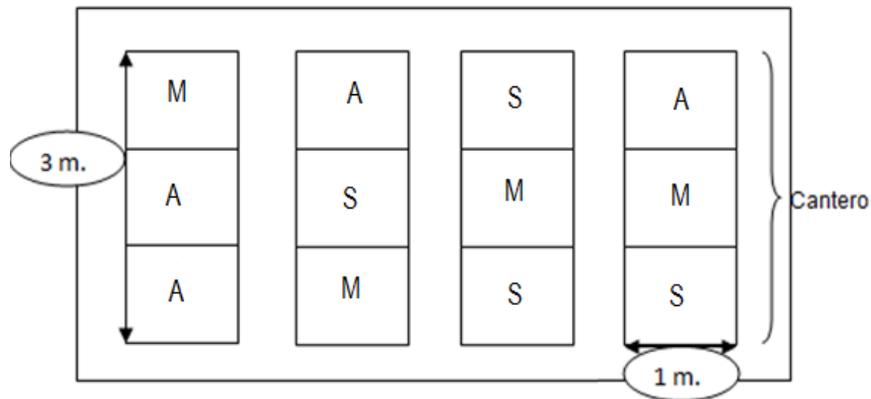
## 5.3 Metodología

### 5.3.1 Área utilizada

Para el cultivo de forraje hidropónico se consideró un espacio de terreno donde las condiciones topográficas tengan preferiblemente 5% de pendiente; para este trabajo se utilizaron 26 m<sup>2</sup> de terreno, los tratamientos se distribuyeron en forma aleatoria como se muestra en la figura número 1.

**Figura 1**

**Parcela de distribución de los tratamientos.**



Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.2 Preparación de los canteros.

Los canteros son espacios de 3 m<sup>2</sup> (1 m. X 3 m.) elaborados de caña de castilla (*Arundo donax*), que se dividieron en 3 unidades experimentales cada uno para la posterior distribución de los tratamientos, como se muestra en la figura 1. El piso y las paredes de los canteros se recubrieron con nylon negro para evitar pérdidas de agua y nutrientes, cada cantero se elaboró de 1 m<sup>2</sup> con una altura de 7 cm.

### 5.3.3 Preparación del sustrato

Existen dos tipos de producción de forraje hidropónico, sin sustrato utilizando únicamente agua y con sustrato como se trabajó en este estudio. Por las condiciones del lugar, lo más fácil de encontrar es el llamado "tasol", que no es más que las hojas de la planta de maíz. El tasol se cortó con una picadora de pasto en pequeñas secciones de 1.5 cm de largo, este forraje picado, conformó el sustrato, utilizando una capa de un espesor de 2.5 cm. para cada metro cuadrado que se sembró (12).

Antes de la siembra el sustrato utilizado se sometió a una desinfección con agua a 90°C, la cual se distribuyó con regadera sobre el mismo, para eliminar bacterias y hongos que pueden dañar el cultivo.

### 5.3.4 Preparación de la semilla.

Para estimar la cantidad real de semilla a utilizar en el experimento, se realizó una prueba de germinación para cada especie, con el fin de obtener el valor cultural de la semilla. La importancia de esto radica en que se trabajó con semilla no certificada y el porcentaje de germinación de esta semilla no siempre es el mismo. Las formulas a utilizar fueron las siguientes (11):

$$\%G = \frac{\text{No. de semillas germinadas normalmente}}{\text{No. total de semillas sembradas}} \times 100$$

$$VC = \frac{\% \text{ Pureza} \times \% \text{ Germinacion}}{100}$$

Donde:

G= Germinación

P= Pureza

VC= Valor Cultural

La cantidad recomendada para sembrar 1 m<sup>2</sup> es 1 kg. de semilla (9), pero la cantidad a sembrar varió según el valor cultural que la semilla presentó en la prueba, observándose los resultados en el cuadro número 2.

**Cuadro 2**  
**Calidad de la semilla.**

|       | Germinación (%) | Pureza (%) | Valor Cultural (%) | Kg. semilla / m <sup>2</sup> |
|-------|-----------------|------------|--------------------|------------------------------|
| Sorgo | 72              | 95.5       | 68.76              | 1.45                         |
| Maíz  | 96              | 95         | 91.2               | 1.09                         |
| Avena | 74              | 94         | 69.56              | 1.43                         |

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener la cantidad de semilla a sembrar se multiplicó la cantidad de semilla recomendada por m<sup>2</sup>, por 100, dividido el porcentaje de valor cultural para cada especie evaluada según el cuadro 2.

La semilla se sumergió por 2.5 minutos en una solución de hipoclorito de sodio al 0.1% de concentración para desinfectar la misma, para llegar a esta concentración se diluyó 18.32 ml. de cloro comercial a una concentración de 5.5% por cada litro de agua a utilizar; luego la semilla se lavó con agua limpia, luego la semilla se dejó en remojo por 24 horas dentro de bolsas de tela, posteriormente se dejó escurrir la semilla por 24 horas mas, durante esta etapa la semilla se oreó 2 veces por una hora, una a las 12 horas y otra antes de la siembra, ejecutado el procedimiento antes descrito, se realizo la siembra (13).

### 5.3.5 Siembra.

Se colocó sustrato ligeramente humedecido dentro del metro cuadrado, posteriormente de manera uniforme se distribuyó la semilla, evitando que se acumulara en un solo lugar, luego se aplicó sobre la semilla una pequeña capa de sustrato de 1 cm., por último se procedió a regar solamente con agua, procurando mantener la humedad del sustrato y la semilla (12).

### 5.3.6 Nutrición de las plantas y riego

La solución nutritiva se divide en dos tipos, una tipo A (macronutrientes) y otra tipo B (micronutrientes), las dosis utilizadas fueron de 1.25 cc. para la solución A y 0.5 cc. para la solución B, según recomendación del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) para el cultivo de forrajes; la dosis se diluyó en 1 litro de agua de riego, el uso de dicha solución inicio 7 días después de la siembra, el cultivo se regó por la mañana, y por la tarde utilizando en total 4 litros de agua al día (12).

El agua utilizada provenía de un nacimiento natural, por lo cual se sometió a un análisis químico para determinar la concentración de minerales, los resultados se observan el cuadro 3.

**Cuadro 3**  
**Resultados del análisis de agua.**

|            |     | $\mu\text{S/cm}$ | Meq/litro |      |      |      | Ppm |    |     |    |      |      |
|------------|-----|------------------|-----------|------|------|------|-----|----|-----|----|------|------|
| Ident.     | H   | C.E.             | Ca        | Mg   | Na   | K    | Cu  | Zn | Fe  | Mn | AS   | lase |
| Nacimiento | 7.1 | 142.6            | 0.62      | 0.45 | 0.33 | 0.11 | 0   | 0  | 0.3 | 0  | 0.45 | C1S1 |

**C1:** Baja salinidad.

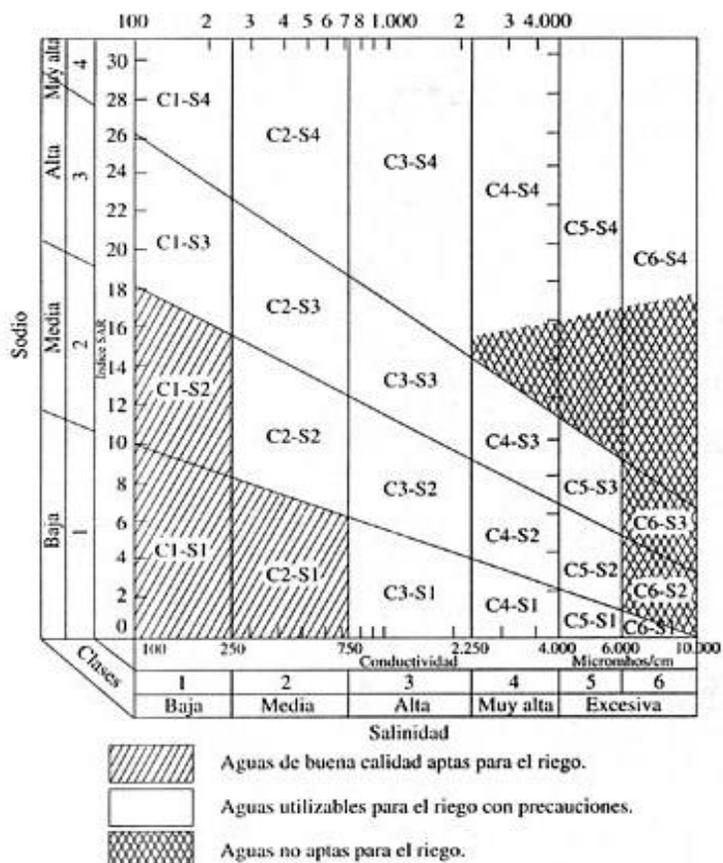
**S1:** Baja sodicidad.

**Fuente:** Laboratorio de la facultad de agronomía, USAC.

El análisis químico del agua, fue realizada en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (cuadro 3). Se determinó que el agua utilizada para el experimento contiene una Relación de Adsorción de Sodio (RAS) y Salinidad de 0.45, con una conductividad eléctrica de 142.5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , comprendiendo una calidad de agua C1S1 según las normas Riverside (Figura 2), indicando con esto que es agua baja en salinidad y sodicidad; esto nos indica que el agua utilizada no afectó la fertilización dentro de la investigación.

**Figura 2**

**Tabla para determinar clase de agua según Riverside**



**Fuente:** Diagnostico de aguas 2,001.

### 5.3.6.1 Solución nutritiva.

A continuación se presentan la cantidad de nutrientes tanto de la solución A como la solución B, según los datos del INCAP, presentados en los cuadros número 4 y 5.

**Cuadro 4**  
**Contenido de macro nutrientes en la solución nutritiva A**

| <b>Macro nutriente</b> | <b>Cantidad (gr)/ 10 L de solución.</b> |
|------------------------|---|
| Fosfato mono amónico   | 340                                     |
| Nitrato de calcio      | 2,080                                   |
| Nitrato de potasio     | 1,100                                   |

Fuente: INCAP

**Cuadro 5**  
**Contenido de micro nutrientes en la solución nutritiva B**

| <b>Micro nutriente</b>            | <b>Cantidad (gr)/ 4 L de solución.</b> |
|-----------------------------------|--|
| Nitrato de Magnesio               | 1,242                                  |
| Sulfato de Magnesio               | 492                                    |
| Sulfato de manganeso              | 2                                      |
| Sulfato de cobre                  | 0.48                                   |
| Sulfato de zinc                   | 1.2                                    |
| Sulfato de cobalto                | 0.02                                   |
| Ácido bórico                      | 6.2                                    |
| Molibdato de amonio               | 0.02                                   |
| Citrato de hierro amoniacal verde | 16.32                                  |

Fuente: INCAP

## **5.4 Cosecha**

Dos días antes de la cosecha se anuló la aplicación de solución nutritiva y solamente se aplicó agua debido a que la palatabilidad del forraje disminuye, la cosecha se esperaba realizar a los 45 cm. de altura (12), pero por problemas de acame en el cultivo de avena, la investigación se finalizó a los 35 días (cuadro No. 6).

## **5.5 Toma de datos.**

### **5.5.1 Altura de plantas a los 35 días de edad (cm).**

Por lo explicado en la parte de cosecha, es necesaria la toma de las alturas de planta para determinar las diferentes alturas que los tratamientos alcanzaron a los 35 días, la lectura de la altura se realizó antes de cosechar las unidades experimentales, siendo dicha lectura al centro de cada unidad experimental, debido a que dicha zona es la parte menos afectada por factores externos, esto se realizó colocando el metro desde el amarre de las raíces, hasta el ápice de la planta.

### **5.5.2 Determinación del peso fresco del forraje (kg)**

La determinación del peso se realizó colocando sobre una balanza de reloj el contenido total de la unidad experimental, tomando en cuenta la raíz y la parte aérea de las plantas, para esto fue necesario enrollar las unidades y colocarlas dentro de un costal, para facilitar su manejo.

### **5.5.3 Análisis bromatológico**

Después de pesar el forraje fresco de cada tratamiento y su repetición, se obtuvo de cada unidad experimental 150 g, para formar una muestra compuesta homogénea por cada tratamiento de 600 g., las mismas se colocaron en bolsas de nylon y se enviaron debidamente identificadas al Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, USAC, en donde se determinó:

- Materia seca (%)
- Proteína cruda (%).
- Fibra cruda (%).
- Extracto etéreo (%).
- Cenizas (%).

### **5.5.4 Determinación de los costos**

Para medir esta variable se contabilizaron los siguientes rubros, para la producción de un kilogramo de forraje seco.

- Mano de Obra
- Solución nutritiva
- Semilla
- Cloro
- Agua
- Sustrato
- Desinfección del sustrato
- Depreciación de canteros

## 5.6 Análisis del experimento

### 5.6.1 Tratamientos

A: Sorgo

B: Maíz

C: Avena

### 5.6.2 Diseño experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental fue un metro cuadrado de forraje sembrado, haciendo un total de 12 unidades experimentales.

### 5.6.3 Modelo estadístico

El modelo estadístico utilizado fue el correspondiente al diseño experimental, el cual se describe a continuación:

$$Y_{ij} = M + T_i + E_{ij}$$

**Donde:**

$Y_{ij}$  = Variable respuesta de la ij-ésima unidad experimental

$M$  = Media General

$T_i$  = Efecto de la i-ésimo tratamiento

$E_{ij}$  = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental

## 5.7 Análisis de la información

Para el análisis de las variables respuesta materia verde y materia seca (Kg) se efectuó un análisis de varianza (ANDEVA), con el programa Excel de Microsoft Office. Cuando se determinó diferencia estadística significativa entre tratamientos,

se procedió a efectuar la prueba de Tukey, con el objetivo de establecer el mejor tratamiento.

Para el análisis de los valores % PC, % EE, % FC, % Cenizas y % MS, se efectuó una comparación descriptiva entre los tratamientos, para determinar qué forrajes obtuvieron el mejor valor nutricional antes descrito.

Para la evaluación económica se elaboró un presupuesto parcial para comparar los tratamientos.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Medición de las alturas por unidad experimental a los 35 días post-siembra.

En el cuadro 6 se muestra la altura de plantas (cm) de cada uno de los tratamientos.

**Cuadro 6**  
**Alturas de las plantas alcanzadas a los 35 días.**

| Tratamientos     | Medida de las repeticiones en cm. |    |     |    |          |
|------------------|-----------------------------------|----|-----|----|----------|
|                  | I                                 | II | III | IV | Promedio |
| <b>A (Sorgo)</b> | 13                                | 15 | 15  | 16 | 14.75    |
| <b>B (Maíz)</b>  | 35                                | 34 | 38  | 37 | 36.00    |
| <b>C (Avena)</b> | 30                                | 33 | 31  | 32 | 31.50    |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior se observa que el tratamiento B fue el que alcanzó la mayor altura promedio, la cual fue de 36 cm, siguiéndole el tratamiento C que debido al acame, su crecimiento cesó después de los 28 días, alcanzando la altura de 31.5 cm. y en tercer lugar se encontró al tratamiento A que desde el inicio mostró un crecimiento lento 14.75 cm.

La altura de cosecha para la producción de forraje verde hidropónico en Brasil, se debe realizar a los 45 cm. de altura, utilizando únicamente maíz (12), se observó en esta investigación que el maíz por su comportamiento vegetativo, si podría llegar hasta esta altura, pero para la avena esta altura es demasiado por los problemas de acame y el sorgo por su bajo desarrollo a los 35 días (14.75 cm. altura promedio), se considera que necesita demasiado tiempo para alcanzar la altura de 45 días.

En la investigación donde se cultivó por hidroponía maíz, arroz y sorgo, la cosecha de las tres especies se realizó cuando alcanzaron los 25 cm de altura, ocurriendo esto a los 20 días después de la siembra (16); comparando estos datos con los obtenidos en este estudio, se observa que la tendencia de crecimiento con avena y maíz es parecido, ya que estas dos especies obtuvieron datos de altura a los 35 días, arriba de los 31 y 36 cm. promedio respectivamente.

## 6.2 Rendimiento de materia verde y materia seca en kg / m<sup>2</sup>.

En el cuadro 7 se muestra el rendimiento de materia verde y materia seca en términos de kg/m<sup>2</sup> obtenidos en la presente investigación.

**Cuadro 7**  
**Rendimiento en materia verde y materia seca (kg/m<sup>2</sup>)**

| Tratamiento      | Materia verde (kg/m <sup>2</sup> ). |       |       |       |          | Materia seca (%). | Materia seca (kg/m <sup>2</sup> ) |      |      |      |          |
|------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|----------|-------------------|-----------------------------------|------|------|------|----------|
|                  | Repeticiones                        |       |       |       | Promedio |                   | Repeticiones                      |      |      |      | Promedio |
|                  | I                                   | II    | III   | IV    |          |                   | I                                 | II   | III  | IV   |          |
| <b>A (Sorgo)</b> | 15.85                               | 12.77 | 13.21 | 14.53 | 14.09    | <b>10.18</b>      | 1.61                              | 1.3  | 1.34 | 1.48 | 1.43     |
| <b>B (Maíz)</b>  | 14.53                               | 14.97 | 16.07 | 16.52 | 15.52    | <b>10.12</b>      | 1.47                              | 1.51 | 1.62 | 1.67 | 1.56     |
| <b>C (Avena)</b> | 16.74                               | 15.27 | 16.74 | 18.72 | 16.86    | <b>15.11</b>      | 2.53                              | 2.3  | 2.52 | 2.82 | 2.54     |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior se puede observar que el tratamiento C obtuvo los mejores rendimientos en cuanto a kg/m<sup>2</sup>, tanto en materia verde como en materia seca (16.86, 2.54 respectivamente), seguido por el tratamiento B (15.52, 1.56) y por último el tratamiento A (14.53, 1.43).

En análisis de varianza según los datos anteriores indican que, existe diferencia estadística significativa ( $p>0.05$ ) entre la producción de kilogramos de materia verde y de materia seca por metro cuadrado, por lo que se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey.

El cuadro 8, muestra que no existe diferencia estadística significativa ( $p>0.05$ ) entre el tratamiento C y tratamiento B, al igual que entre los tratamientos B y A; si existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos C y A, siendo superior el tratamiento C comparado con el tratamiento A.

**Cuadro 8**

**Diferencia de medias para el rendimiento en materia verde.**

| <b>Tratamientos</b> | <b>Medias (kg/m<sup>2</sup>)</b> |
|---------------------|----------------------------------|
| <b>C (Avena)</b>    | 16.86 a                          |
| <b>B (Maíz)</b>     | 15.52 ab                         |
| <b>A (Sorgo)</b>    | 14.09 b                          |

Medias con igual letra no presenta diferencia estadística significativa ( $P>0.05$ )

**Fuente:** Elaboración propia.

En una investigación realizada (16), el sorgo forrajero fue el que mayor producción presentó, con 30 kg de forraje verde por metro cuadrado, utilizando 2.36 kg de semilla por metro cuadrado. En el presente estudio, la avena fue la especie que mayor producción presentó, con 16.86 kg de forraje verde por metro cuadrado, utilizando una densidad de siembra de 1.43 kg de semilla por metro cuadrado.

En este estudio el sorgo presentó el menor rendimiento con 14.09 kg de forraje verde por metro cuadrado, utilizando 1.45 kg de semilla por metro cuadrado.

En el cuadro número 9, se observa que la producción de materia seca de la avena fue diferente significativamente ( $p>0.5$ ) siendo superior a la de maíz y sorgo.

**Cuadro 9**

**Diferencia de medias para el rendimiento de materia seca.**

| <b>Tratamientos</b> | <b>Medias (kg/m<sup>2</sup>)</b> |
|---------------------|----------------------------------|
| <b>C (Avena)</b>    | 2.54 a                           |
| <b>B (Maíz)</b>     | 1.56 b                           |
| <b>A (Sorgo)</b>    | 1.43 b                           |

Medias con igual letra no presenta diferencia estadística significativa ( $P>0.05$ )

**Fuente:** Elaboración propia.

### **6.3 Contenido nutricional obtenido en los análisis bromatológicos.**

En el cuadro 10 se observa el total de nutrientes digestibles (TND), el cual indica el valor nutricional que una planta posee (2). En base a esto, se puede decir según los resultados mostrados en el cuadro 10, que el maíz fue el tratamiento que presentó mejor valor nutricional con un TND de 90.24%, seguido por la avena con un 89.78% y por último el sorgo con un 88.97%.

En una investigación realizada, los datos del análisis bromatológico del maíz hidropónico mostraron 19.4% de P.C., valor similar al obtenido en esta investigación, dando como resultado el maíz 19.64% de P.C., lo cual indica que este valor es parecido a lo que se puede encontrar en otros países y en otras investigaciones (7).

**Cuadro 10**

**Contenido nutricional en % para cada uno de los tratamientos en base seca.**

| <b>Tratamientos</b> | <b>PC. %</b> | <b>E.E. %</b> | <b>F.C. %</b> | <b>E.L.N. %</b> | <b>Cenizas %</b> | <b>T.N.D. %</b> |
|---------------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|------------------|-----------------|
| <b>A (Sorgo)</b>    | 20.89        | 0.78          | 23.69         | 40.61           | 12.14            | <b>88.97</b>    |
| <b>B (Maíz)</b>     | 19.64        | 1.52          | 25.64         | 43.44           | 9.76             | <b>90.24</b>    |
| <b>C (Avena)</b>    | 19.23        | 1.64          | 23.69         | 45.22           | 10.21            | <b>89.78</b>    |

**Fuente:** análisis del laboratorio de bromatología USAC.

Para determinar en este estudio cual de los tres tratamientos es el mejor nutricionalmente, se elaboró un cuadro de ponderación, donde se calificó con un 1 el tratamiento con menor porcentaje en la variable evaluada, con un tres el mejor y con un 2 el intermedio, el tratamiento que obtuvo más puntos fue el mejor, dando como resultado lo siguiente:

**Cuadro 11 Ponderación numérica para la medición del rendimiento nutricional.**

| <b>Trat.</b> | <b>PC. %</b> | <b>E.E. %</b> | <b>F.C. %</b> | <b>E.L.N. %</b> | <b>Cenizas %</b> | <b>T.N.D. %</b> | <b>Total</b> |
|--------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|------------------|-----------------|--------------|
| <b>Sorgo</b> | 3            | 1             | 2             | 1               | 3                | 1               | <b>11</b>    |
| <b>Maíz</b>  | 2            | 2             | 3             | 2               | 1                | 3               | <b>13</b>    |
| <b>Avena</b> | 1            | 3             | 2             | 3               | 2                | 2               | <b>13</b>    |

**Fuente:** Elaboración propia.

En el cuadro 11 se puede observar, que según la ponderación de los porcentajes del rendimiento nutricional, el maíz y la avena son los tratamientos con mayor ponderación, ambos con 13 puntos, determinando por observación, que el rendimiento nutricional entre avena y maíz es igual.

#### **6.4 Costo de producción por kilogramo para cada tratamiento.**

Se obtuvieron los costos de producción para cada uno de los tratamientos por kilogramo de materia seca, tomando en cuenta el porcentaje de nutrientes digestible para obtener la cantidad y el costo de la materia seca digestible al final del estudio.

Como se observa en el cuadros 12, la avena fue el tratamiento que obtuvo menor costo para producir un kilogramo de forraje seco, tomando en cuenta el total de nutrientes digestibles con, Q. 33.18, seguido por el maíz con Q. 42.9/Kg. El de mayor costo fue el sorgo con Q. 47.94/Kg.

**Cuadro 12**

**Costos para la producción de 1 kg. De materia seca por m<sup>2</sup>**

| Rubro                               | Unidad  | Cantidad          | Precio (Q) | Costo (Q)    |              |              |
|-------------------------------------|---------|-------------------|------------|--------------|--------------|--------------|
|                                     |         |                   |            | Sorgo        | Maíz         | Avena        |
| <b>Mano de Obra</b>                 | hora    | 8                 | 6.25       | 50           | 50           | 50           |
| <b>Solución nutritiva.</b>          | ml.     | 680               | 0.035      | 23.8         | 23.8         | 23.8         |
| <b>Semilla</b>                      | Kg      | <b>Sorgo</b> 5.8  | 3.24       | 18.79        | 17.31        | 77.84        |
|                                     |         | <b>Maíz</b> 4.36  | 3.97       |              |              |              |
|                                     |         | <b>Avena</b> 5.56 | 14         |              |              |              |
| <b>Cloro</b>                        | ml.     | 213.84            | 0.009      | 1.92         | 1.92         | 1.92         |
| <b>Agua</b>                         | Mes     | 1.16              | 7.2        | 8.33         | 8.33         | 8.33         |
| <b>Sustrato</b>                     | Manojo  | 3                 | 3          | 9            | 9            | 9            |
| <b>Desinfección del sustrato.</b>   | Manojo  | 3                 | 5          | 15           | 15           | 15           |
| <b>Canteros</b>                     | Cantero | 0.5               | 50         | 25           | 25           | 25           |
| <b>Costo Total</b>                  |         |                   |            | 251.84       | 250.36       | 310.89       |
| <b>Forraje seco (kg)</b>            |         |                   |            | 5.72         | 6.24         | 10.16        |
| <b>% TND</b>                        |         |                   |            | 88.97        | 90.24        | 89.78        |
| <b>Forraje digestible seco (kg)</b> |         |                   |            | 5.08         | 5.63         | 9.12         |
| <b>Costo/kg MS</b>                  |         |                   |            | <b>49.57</b> | <b>44.46</b> | <b>34.08</b> |

Fuente: Elaboración propia

## VII. CONCLUSIONES

- En el altiplano de Guatemala la avena cultivada por hidroponía fue mejor en términos de Kg/m<sup>2</sup> de materia verde y materia seca, por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada para esta variable.
- El maíz y la avena nutricionalmente presentaron resultados similares, por observación según el análisis bromatológico, estos tratamientos fueron superiores al Sorgo.
- La avena cultivada por hidroponía, fue el tratamiento que presentó el menor costo para producir 1 kg de forraje seco, tomando en cuenta el porcentaje de digestibilidad que cada tratamiento obtuvo.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Para la alimentación animal, se recomienda la utilización de avena cultivada por hidroponía, debido a una mayor producción de forraje (2.54 Kg. materia seca/m<sup>2</sup>) con un menor costo (Q 34.08/Kg. de materia seca), comparado con el sorgo y el maíz
- En la elaboración de cultivo hidropónico, referente a la región donde se llevo a cabo esta investigación, no se recomienda que la Avena sobrepase los 35 días después de la siembra, debido a que mas de ese tiempo sufre de acame.

## IX. RESUMEN

Esta investigación se llevo a cabo con fines de generar nuevas alternativas de producción de forraje, debido a los cambios climáticos son manifiestos en el tiempo y está obligando a los ganaderos a cambiar la forma de cultivar los pastos, así también la intensificación de las empresas ganaderas, tratando de producir la máxima cantidad de forraje de excelente calidad al menor costo posible, principalmente en el altiplano guatemalteco donde la mayoría de productores son minifundistas y los suelos son de baja fertilidad, por lo tanto la técnica de producir forraje verde hidropónico se puede trabajar en lugares con poca agua.

Esta investigación se llevó a cabo en San Martín Jilotepeque, municipio de Chimaltenango, el se ubica en el altiplano central de Guatemala y se encuentra en una zona de vida "Bosque húmedo montaña subtropical". Para esta investigación se buscaron especies forrajeras que se adaptaran a las condiciones climáticas y que fueran comunes en el área, por lo que se eligió el maíz, avena y sorgo.

Las especies seleccionadas, conformaron los tratamientos de esta investigación donde se evaluó el rendimiento de materia verde y materia seca en kilogramos por metro cuadrado, calidad nutricional y costo por kilogramo producido, sembrados por hidroponía utilizando sustrato de henificación de hoja y punta de milpa (tasol), común en el área, utilizando solución nutritiva proveniente del INCAP y cosechando el forraje a los 35 días post-siembra.

Al finalizar la investigación se determinó, que la avena fue la especie forrajera que presentó los mejores rendimientos de materia verde y materia seca, siendo estas 16.84 Kg. MV/m<sup>2</sup> y 2.54 Kg. MS/m<sup>2</sup> respectivamente y un costo de Q. 34.08/Kg de MS., en cuanto a la calidad nutricional basada en el TDN del maíz, avena y sorgo estas fueron similares siendo 90.24%, 89.78% y 88.97% respectivamente de TND.

## SUMMARY

This research was developed with the aim of generating new alternatives for forage production due to climate change is forcing companies dedicated to livestock, to change the way we grow grasses, also, the intensification of these enterprises seeks to maximize quality forage production at the lowest possible cost, mainly in the Guatemalan highlands, where most producers are smallholders and soils are of low fertility; so the hydroponic green fodder technique can be a solution for forage production in places where water is not abundant.

This research was conducted in San Martin Jilotepeque, municipality of Chimaltenango, it is located in the central highlands of Guatemala at "subtropical montane rainforest" live zone. Were sought for research, forage species which are adapted to the climatic conditions and are common in the area, so corn, oats and sorghum were chosen.

The selected species formed the investigational treatments, in which, yield of green and dry matter in kilograms per square meter; nutritional quality and cost per kilogram were evaluated, using as a substrate, hay leaf and corn tips (tasol) which are common in the area and a nutrient solution from INCAP, harvesting the crop at 35 days post-planting.

As a result, oatmeal was the forage species that presented the best yields of green and dry matter, 16.84 kg and 2.54 kg MV/m<sup>2</sup> MS/ m<sup>2</sup> respectively, at a cost of Q. 33.18/Kg SM. Regarding to the nutritional quality based on TDN of corn, oat and sorghum, these were similar, being 90.24%, 89.78% and 88.97% respectively.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Avena. 2,005, (en línea). Consultado 28 ene. 2,011. Disponible en <http://web.supernet.com.bo/sefo/Cereales/Avena.htm>.
2. Barioglio, CF. 2,001. Diccionario de Producción Animal, (en línea). Consultado 13 jun. 2,012. Disponible en [http://books.google.com.gt/books?id=QjNaWBf6tbMC&pg=PA286&lpg=PA286&dq=calculo+de+total+de+nutrientes+digestibles+TND&source=bl&ots=dh3Vpm3i&sig=ct\\_y6\\_dOKWRY1KVNVY4OdIpLR0&hl=es419&sa=X&ei=LojqTnDKoaC6QGT2ajXBQ&ved=0CEgQ6AEwAA#v=OnePage&q=calculo%20de%20total%20de%20nutrientes%20digestibles%20TND&f=false](http://books.google.com.gt/books?id=QjNaWBf6tbMC&pg=PA286&lpg=PA286&dq=calculo+de+total+de+nutrientes+digestibles+TND&source=bl&ots=dh3Vpm3i&sig=ct_y6_dOKWRY1KVNVY4OdIpLR0&hl=es419&sa=X&ei=LojqTnDKoaC6QGT2ajXBQ&ved=0CEgQ6AEwAA#v=OnePage&q=calculo%20de%20total%20de%20nutrientes%20digestibles%20TND&f=false).
3. Cultivo de forraje verde hidropónico. 2,008, (en línea). Consultado 2 feb. 2,011. Disponible en: <http://celcbolson.blogspot.com/p/hidroponia.html>.
4. Diagnóstico de Aguas. 2,001. (en línea). Consultado 11 dic. 2,012. Disponible en [http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico\\_aguas.htm](http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico_aguas.htm)
5. El cultivo del maíz. 2,005, (en línea). Consultado 29 ene. 2,011. Disponible en <http://www.abcagro.com/herbaceos/forrajes/sorgo.asp>.
6. El desarrollo del sorgo. 2,005, (en línea). Consultado 29 ene. 2,011. Disponible en <http://www.abcagro.com/herbaceos/forrajes/sorgo.asp>.
7. Espinoza, F. 2,004. (en línea). Uso del forraje de maíz (*Zea mays*) hidropónicos en la alimentación de toretes mestizos. Consultado 18 jun. 2,012. Disponible en [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-72692004000400001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-72692004000400001&script=sci_arttext).

8. Forraje verde hidropónico. 2,006. (en línea). Consultado 30 ene. 2,011. Disponible en: [http://www.elmejorguia.com/hidroponia/Forraje\\_Verd\\_hidroponico.htm](http://www.elmejorguia.com/hidroponia/Forraje_Verd_hidroponico.htm).
9. Peláez, R. 2004. El Cultivo de la avena, (en línea). Consultado 28 ene. 2,011. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/avena.htm>.
10. Producción de forraje verde hidropónico. 2008, (en línea). Consultado 1 de feb. 2,011. Disponible en: [http://www.chihuahua.gob.mx/attach2/sdr/Noticias/adjuntos/CN\\_867CC\\_3389/producci%C3%B3n%20de%20forraje%20verde.pdf](http://www.chihuahua.gob.mx/attach2/sdr/Noticias/adjuntos/CN_867CC_3389/producci%C3%B3n%20de%20forraje%20verde.pdf).
11. Pureza de semillas. 2,005. (en línea). Consultado 3 feb. 2,011. Disponible en <http://www.pnuma.org/manualtecnico/pdf/78-84.pdf>
12. Ramos, RJ. (2,003). cultivo de milho hidroponico para alimentacao animal. sao paulo, Brasil: CPT.
13. Sánchez, A. 2001. Manual técnico de forraje verde hidropónico. FAO. Santiago, chile. (en línea). Consultado 30 ene. 2,011. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/field/009/ah472s/ah472s00.pdf>
14. San Martin Jilotepéque. 2,007. (en línea). Consultado 2 feb. 2,011. Disponible en <http://www.inforpressca.com/sanmartinjil/ubicacion.php>.
15. Tarrillo, H. 2,009, (En línea). Producción de forraje verde hidropónico en Arequipa- Perú. Consultado 1 de feb. 2,011. Disponible en <http://www.forra-jehidroponico.com/art001.htm>.

16. Vargas R., C.F. 2,008. Comparación productiva de FVH de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. (en línea). consultado 15 jul. 2,012. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/437/43711425008.pdf>.

# **XI. ANEXOS**

## GLOSARIO

|                |  |
|----------------|--|
| kg.            | Kilogramos                                       |
| %.             | Porcentaje                                       |
| cm.            | Centímetros                                      |
| km.            | Kilómetros                                       |
| mm.            | Milímetros                                       |
| m <sup>2</sup> | Metros cuadrados                                 |
| m.             | Metros   |
| °C.            | Centígrados                                      |
| ha.            | Hectárea   |
| FVH            | Forraje Verde Hidropónico                        |
| ELN            | Extracto Libre de Nitrógeno                      |
| TND            | Total de Nutrientes Digestibles                  |
| pH             | Potencial Hidrogénico                            |
| G              | Germinación                                      |
| P              | Pureza   |
| VC             | Valor Cultural                                   |
| ml             | Mililitros                                       |
| INCAP          | Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá |
| μS             | Micro siemens                                    |
| meq            | Miliequivalentes                                 |
| ppm            | Partes por Millón                                |
| C1S1           | Baja Salinidad y Baja Sodicidad                  |
| USAC           | Universidad de san Carlos de Guatemala           |
| gr             | Gramos   |
| L              | Litros   |
| EE             | Extracto Etéreo                                  |
| PC             | Proteína Cruda                                   |

MS

Materia Seca

MV

Materia Verde

Q

Quetzales

DM/m<sup>2</sup>

Dry matter m<sup>2</sup>

GM/m<sup>2</sup>

Green mater m<sup>2</sup>

