



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**

**Facultad de Ciencias Agrarias**

**Carrera de Agropecuaria**



**PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO  
BAJO LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor:** Nilson Mario Tomalá Flores

**La Libertad 2021**



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**

**Facultad de Ciencias Agrarias**

**Carrera de Agropecuaria**



**PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO  
BAJO LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor:** Nilson Mario Tomalá Flores

**Tutor:** Ing. Mercedes Santistevan, PhD.


**La Libertad 2021**

**TRIBUNAL DE GRADO**



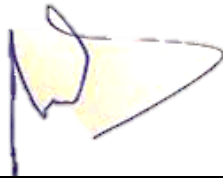
---

Ing. Néstor Acosta Lozano, PhD.  
**DECANO (E) DE LA FACULTAD  
CIENCIAS AGRARIAS  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



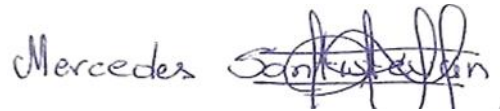
---

Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.  
**DIRECTOR DE CARRERA  
AGROPECUARIA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Andrés Drouet Candell, PhD.  
**PROFESOR DEL ÁREA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Mercedes Santistevan Méndez, PhD.  
**PROFESOR TUTOR  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Abg. Víctor Coronel Ortiz, Mgt.  
**SECRETARIO GENERAL (E)**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, y la Virgen, por haberme permitido recorrer todo mi camino universitario, y así haber llevado a cabo cada una de mis metas, por haberme brindado salud y fortaleza cada día de mi vida.

A mis padres por haber sido el pilar fundamental y el apoyo incondicional más fiel, y sincero durante toda mi vida y mi carrera.

A mis hermanos, y a la señora Ruth Zevallos, por el apoyo y consejos que me brindaron en los momentos más difíciles de mi carrera.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por brindarme la oportunidad de ser parte de la carrera de ingeniería agropecuaria, y formarme profesionalmente.

A las doctoras Mercedes Santistevan, y Rosa Pertierra, por sus enseñanzas, y dedicación en el tiempo de duración de este proyecto, por su motivación, e inculcar los valores de responsabilidad y perseverancia. Al ingeniero Abel Palacios por su apoyo en la obtención de los resultados de laboratorio y a la Psicóloga Maricela Del Rocío por sus consejos y apoyo condicional en toda mi etapa universitaria.

A mis amigos y compañeros que estuvieron conmigo durante todo el periodo universitario, en especial a los que siempre estuvieron ahí brindándome su apoyo moral incondicional, y siempre ayudando a ser una mejor persona y profesional.

Nilson Mario Tomalá Flores

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado especialmente a Dios y la Virgen, en los cuales siempre eh contado con su apoyo espiritual e incondicional en los momentos más difíciles por los que eh pasado en algunos momentos de mi vida.

A mis padres Holger Tomalá y Narcisa Flores por ser mi inspiración en el trascurso de mi vida, por haberme inculcado los valores que me caracterizan como persona, por ser lo máspreciado de mi vida, por creer siempre en mí y en mis convicciones, para salir adelante.

A mis hermanos Hamilton, Wilmer, Jessica, Jessenia, Darwin, y Juana Tomalá, quienes me brindaron su apoyo incondicional y por estar unidos cuando más lo necesitaba.

A la señora Ruth Zevallos, ya que a pesar de la distancia en que nos encontremos demostró ser una persona íntegra y generosa, brindándome su apoyo sin nada a cambio, formando parte fundamental en mi formación profesional.

Nilson Mario Tomalá Flore

## RESUMEN

La provincia de Santa Elena, es considerada como una zona semiárida, debido a las características de sus suelos, déficit hídrico. La poca cantidad de agua que se obtiene de los acuíferos es de mala calidad afectando a la agricultura, así mismo, en pastos y flora silvestre que son utilizadas para la alimentación ganadera. El forraje hidropónico es una alternativa como suplemento en las dietas ganaderas, por esta razón el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de biofertilizante (Bokashi) sobre el rendimiento y calidad del forraje verde hidropónico en la provincia de Santa Elena, utilizando maíz Trueno. El experimento se realizó bajo condiciones de invernadero. Se usó un diseño completamente al azar (DCA), empleando tres soluciones nutritivas más el tratamiento testigo: (T1) agua, (T2) Solución nutritiva Sonneveld, (T3) Bokashi, (T4) Bioestimulante Naturamin, con 9 repeticiones. Se realizó dos ensayos en los meses de septiembre y octubre del 2019. Se obtuvo los siguientes resultados, los mejores valores en cuanto al rendimiento y altura lo obtuvo el segundo ensayo, el cual fue el T2 con 2.38 kg y una altura de 25.0 cm, siguiendo del T3 con 2.3 kg y una altura de 24.2 cm, así mismo, el T1 con 2.3 kg y una altura de 23.9 cm y por último el T4 con 2.1 kg y una altura de 24.3 cm. En los análisis bromatológicos las mejores soluciones con un buen valor nutricional fueron los tratamientos 2 y 3. En cuanto a aflatoxinas no hay límites de cuantificación existentes para los grupos G1 y G2, ni límites de cuantificación por encima de los permitidos para los grupos B1 y B2 por ende, no se encontró toxinas perjudiciales para el ganado.

**Palabras claves:** hidroponía, cultivos sin suelos, soluciones nutritivas, maíz forrajero, forraje verde hidropónico.

## **ABSTRACT**

The province of Santa Elena, is considered a semi-arid zone, due to the characteristics of its soils, water deficit. The little quantity of water that is obtained from the aquifers is of bad quality affecting the agriculture, likewise, in pastures and wild flora that are used for the cattle feeding. Hydroponic fodder is an alternative as a supplement in livestock diets, for this reason the objective of this research was to evaluate the effect of the application of biofertilizer (Bokashi) on the yield and quality of hydroponic green fodder in the province of Santa Elena, using Trueno corn. The experiment was carried out under greenhouse conditions. It was used a completely randomized design (DCA), using three nutritive solutions plus the control treatment: (T1) water, (T2) Sonneveld nutritive solution, (T3) Bokashi, (T4) Naturamin biostimulant, with 9 repetitions. Two trials were carried out in September and October 2019. The following results were obtained, the best values regarding yield and height were obtained in the second trial, which was T2 with 2.38 kg and a height of 25.0 cm, following T3 with 2.3 kg and a height of 24.2 cm, likewise, T1 with 2.3 kg and a height of 23.9 cm and finally T4 with 2.1 kg and a height of 24.3 cm. In the bromatological analysis, the best solutions with a good nutritional value were treatments 2 and 3. As for aflatoxins, there are no existing limits of quantification for groups G1 and G2, nor limits of quantification above those allowed for groups B1 and B2, therefore no harmful toxins for livestock were found.

Keywords: hydroponics, soilless crops, nutrient solutions, fodder corn, hydroponic green fodder

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

*Nilson Tomala Flores*

---

Firma digital del estudiante



# ÍNDICE

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                                                   | <b>1</b>  |
| <b>CAPÍTULO 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....                              | <b>4</b>  |
| 1.1. Generalidades del cultivo de maíz ( <i>Zea maíz</i> ).....             | 4         |
| 1.1.1. Descripción botánica .....                                           | 4         |
| 1.1.2. Clasificación taxonómica .....                                       | 5         |
| 1.1.3. Rendimiento del maíz en Ecuador .....                                | 5         |
| 1.1.4. Superficies cosechadas y producidas de maíz en Ecuador .....         | 6         |
| 1.1.5. Ciclo vegetativo.....                                                | 6         |
| 1.1.6. Híbrido de maíz (Trueno).....                                        | 7         |
| 1.2. Forraje verde hidropónico (FVH) .....                                  | 7         |
| 1.2.1. Factores que influyen en la producción de FVH.....                   | 9         |
| 1.2.2. Especies cultivables.....                                            | 9         |
| 1.2.3. Características de las semillas de alta calidad.....                 | 9         |
| 1.2.4. Maíz forrajero .....                                                 | 10        |
| 1.2.5. Contenido nutricional del maíz hidropónico.....                      | 11        |
| 1.3. Cultivos sin suelo.....                                                | 11        |
| 1.3.1. Ventajas y desventajas de los cultivos hidropónicos o sin suelo..... | 12        |
| 1.4. Soluciones nutritivas.....                                             | 13        |
| 1.4.1. Solución nutritiva Sonneveld.....                                    | 13        |
| 1.4.2. El pH en la solución nutritiva .....                                 | 13        |
| 1.4.3. Temperatura de la solución nutritiva .....                           | 14        |
| 1.4.4. Conductividad eléctrica en la solución nutritiva (CE).....           | 14        |
| 1.4.5. Formas de absorción de los elementos de la solución nutritiva. ....  | 15        |
| 1.4.6. Forma de absorción de los principales macro y micronutrientes.....   | 16        |
| 1.4.7. Formas de absorción de los micronutrientes .....                     | 16        |
| 1.4.8. Formulaciones químicas .....                                         | 17        |
| 1.4.9. Biofertilizantes .....                                               | 18        |
| 1.4.10. Lixiviado de Bokashi .....                                          | 20        |
| 1.4.11. Naturamin.....                                                      | 20        |
| 1.5. Micotoxinas .....                                                      | 21        |
| <b>CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....                                | <b>23</b> |
| 2.1. Localización de la zona de estudio .....                               | 23        |
| 2.2. Material biológico.....                                                | 24        |
| 2.3. Materiales y equipos .....                                             | 24        |
| 2.3.1. Materiales.....                                                      | 24        |

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.2. Equipos.....                                                             | 24        |
| 2.4. Infraestructura .....                                                      | 25        |
| 2.5. Características agroquímicas del agua utilizada .....                      | 25        |
| 2.6. Tratamiento y diseño experimental.....                                     | 26        |
| 2.7. Manejo del experimento .....                                               | 27        |
| 2.7.1. Preparación del biofertilizante (Bokashi).....                           | 28        |
| 2.7.2. Lixiviado de Bokashi .....                                               | 28        |
| 2.7.3. Preparación de la solución nutritiva Sonneveld .....                     | 29        |
| 2.8. Variables experimentales .....                                             | 31        |
| 2.9. Costo del experimento .....                                                | 33        |
| 2.10. Fuentes de financiamiento.....                                            | 34        |
| <b>CAPÍTULO 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>                                   | <b>35</b> |
| 3.1. Resultados obtenidos en la producción de FVH.....                          | 35        |
| 3.1.1. Humedad relativa máxima y mínima.....                                    | 37        |
| 3.1.2. Radiación .....                                                          | 39        |
| 3.2. Geminación de FVH .....                                                    | 40        |
| 3.3. Soluciones fertilizantes .....                                             | 41        |
| 3.4. Altura obtenida en la producción de FVH .....                              | 43        |
| 3.5. Rendimientos obtenidos en los ensayos de FVH (Peso fresco).....            | 44        |
| 3.5.1. Rendimientos obtenidos en FVH de Peso seco y porcentaje de humedad ..... | 45        |
| 3.6. Análisis de laboratorio realizados en la producción de FVH .....           | 46        |
| 3.7. Análisis de aflatoxinas en el Forraje Verde Hidropónico.....               | 49        |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>                                     | <b>51</b> |
| <i>Conclusiones</i> .....                                                       | 51        |
| <i>Recomendaciones</i> .....                                                    | 52        |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                                               |           |
| <b>ANEXOS</b>                                                                   |           |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica del cultivo de maíz.....                                                                                                                                             | 5  |
| <b>Tabla 2.</b> Superficie cosechada de maíz.....                                                                                                                                                             | 6  |
| <b>Tabla 3.</b> Porcentaje de participación en producción nacional 2016. ....                                                                                                                                 | 6  |
| <b>Tabla 4.</b> Etapas fenológicas del cultivo de maíz, hasta su corte como forraje. ....                                                                                                                     | 8  |
| <b>Tabla 5.</b> Etapas de producción del forraje verde hidropónico.....                                                                                                                                       | 11 |
| <b>Tabla 6.</b> Composición de los fertilizantes utilizados en soluciones. ....                                                                                                                               | 15 |
| <b>Tabla 7.</b> Elementos esenciales para todos cultivos.....                                                                                                                                                 | 17 |
| <b>Tabla 8.</b> Soluciones nutritivas sugeridas por distintos autores. ....                                                                                                                                   | 18 |
| <b>Tabla 9.</b> Composición química del Bokashi.....                                                                                                                                                          | 20 |
| <b>Tabla 10.</b> Principales micotoxinas, agente causal, acción o afecciones. ....                                                                                                                            | 21 |
| <b>Tabla 11.</b> Características agroquímicas del agua.....                                                                                                                                                   | 26 |
| <b>Tabla 12.</b> Distribución de los grados de libertad (GL) mediante el DCA.....                                                                                                                             | 26 |
| <b>Tabla 13.</b> Delineamiento experimental para la producción de FVH. ....                                                                                                                                   | 27 |
| <b>Tabla 14.</b> Composición de las tres soluciones madres correspondientes a la solución nutritiva Sonneveld.....                                                                                            | 30 |
| <b>Tabla 15.</b> Germinación del FVH. ....                                                                                                                                                                    | 40 |
| <b>Tabla 16.</b> Altura obtenida en las cinco evaluaciones realizadas en la producción de Forraje Verde Hidropónico (cm).....                                                                                 | 44 |
| <b>Tabla 17.</b> Rendimientos obtenidos en los ensayos de Forraje Verde Hidropónico (Peso fresco Kg). ....                                                                                                    | 45 |
| <b>Tabla 18.</b> Rendimientos obtenidos en los ensayos de Forraje Verde Hidropónico Peso seco y porcentaje de humedad. ....                                                                                   | 45 |
| <b>Tabla 19.</b> Porcentaje de cenizas obtenido en los análisis bromatológicos realizados en los diferentes tratamientos en producción de Forraje Verde Hidropónico.....                                      | 46 |
| <b>Tabla 20.</b> Porcentaje de Extracto Etéreo o lípidos crudos presentes en los diferentes tratamientos evaluados en los análisis bromatológicos realizados en producción de Forraje Verde Hidropónico. .... | 47 |
| <b>Tabla 21.</b> Porcentaje de proteínas totales y promedios presentes en la producción de forraje verde hidropónico de maíz Trueno correspondiente a cada uno de los tratamientos. ....                      | 48 |
| <b>Tabla 22.</b> Porcentaje de fibras presentes en los análisis bromatológicos realizados en los diferentes tratamientos en el mes de octubre en la provincia de Santa Elena. ....                            | 49 |

**Tabla 23.** Porcentaje de Elemento Libre de Nitrógeno o Carbohidratos presentes en el forraje hidropónico correspondientes a los análisis realizados de los diferentes tratamientos. .... 49

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Localización geográfica del centro de prácticas de la UPSE.....                                                                                                                                                                          | 23 |
| <b>Figura 2.</b> Estructura metálica para FVH.....                                                                                                                                                                                                        | 25 |
| <b>Figura 3.</b> Vista frontal de la estructura. ....                                                                                                                                                                                                     | 25 |
| <b>Figura 4.</b> Distribución de los tratamientos mediante diseño completamente al azar .....                                                                                                                                                             | 27 |
| <b>Figura 5.</b> Temperaturas obtenidas durante el periodo de germinación en los dos ensayos entre los meses de septiembre a noviembre en el interior del invernadero. ....                                                                               | 35 |
| <b>Figura 6.</b> Temperaturas obtenidas durante el periodo de luz en los dos ensayos entre los meses de septiembre a noviembre en el interior del invernadero.....                                                                                        | 36 |
| <b>Figura 7.</b> Temperaturas obtenidas durante el periodo de fertilización en los dos ensayos entre los meses de septiembre a noviembre en el interior del invernadero. ....                                                                             | 37 |
| <b>Figura 8.</b> Humedad relativa máximas, y mínimas registradas en el interior del invernadero durante el desarrollo del forraje en el mes de septiembre 2019, correspondientes al primer ensayo en la provincia de Santa Elena.....                     | 38 |
| <b>Figura 9.</b> Humedad relativa máximas, y mínimas registradas en el interior del invernadero durante el desarrollo del forraje en el mes de octubre 2019, correspondientes al segundo ensayo en la provincia de Santa Elena.....                       | 38 |
| <b>Figura 10.</b> Radiación solar registrada a las 8:00 y 14:00 horas durante el desarrollo del Forraje Verde Hidropónico, maíz Trueno en el mes de septiembre del 2019, en la provincia de Santa Elena. ....                                             | 39 |
| <b>Figura 11.</b> Radiación solar registrada a las 8:00 y 14:00 horas durante el desarrollo del Forraje Verde Hidropónico, maíz Trueno en el mes de octubre del 2019, en la provincia de Santa Elena. ....                                                | 39 |
| <b>Figura 12.</b> Dinámica de las variables evaluadas, potencial de hidrogeno (pH), temperatura (Temp), conductividad eléctrica (C.E) en los tratamientos correspondientes al primer ensayo en el mes de septiembre, en la provincia de Santa Elena. .... | 41 |
| <b>Figura 13.</b> Dinámica de las variables evaluadas, potencial de hidrogeno (pH), temperatura (Temp), conductividad eléctrica (C.E) en los tratamientos correspondientes al segundo ensayo en el mes de octubre, en la provincia de Santa Elena.....    | 43 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Tabla 1A.** Mediciones climáticas evaluadas en el interior y exterior del invernadero correspondiente al primer ensayo.

**Tabla 2A.** Mediciones climáticas evaluadas en el interior y exterior del invernadero correspondiente al segundo ensayo

**Tabla 3A.** Promedios de temperaturas en las diferentes etapas de producción de Forraje Verde Hidropónico en los meses septiembre y octubre.

**Tabla 4A.** Promedios de humedad relativa máxima, mínima, y media correspondientes a los dos ensayos en la producción de Forraje Verde Hidropónico en los meses de septiembre y octubre.

**Tabla 5A.** Promedios correspondientes a los parámetros de las soluciones fertilizantes.

**Tabla 6A.** Altura final obtenida en ambos ensayos de producción de forraje hidropónico.

**Tabla 7A.** Análisis de aflatoxinas obtenidos en la producción de forraje verde hidropónico.

**Figura 1A.** Análisis de agua.

**Figura 2A.** Análisis bromatológico de las muestras evaluadas de los diferentes tratamientos.

**Figura 3A.** Análisis de aflatoxinas realizada en el ensayo dos en los diferentes tratamientos.

**Figura 4A.** Infraestructura de invernadero para la producción de Forraje Verde Hidropónico.

**Figura 5A.** Selección de semilla de maíz Híbrido Trueno para la realización del FVH.

**Figura 6A.** Pesaje de semillas en húmedo.

**Figura 7A.** Siembra de FVH en bandejas de polietileno.

**Figura 8A.** Evaluación de la germinación obtenida en ambos ensayos en los meses de septiembre a noviembre, de la producción de FVH a los 2 días después de la siembra.

**Figura 9A.** Presencia de clorofila al primer día del inicio del periodo de luz en los ensayos 1 y 2.

**Figura 10A.** Evaluación de altura y rendimiento

**Figura 11A.** Preparación del abono orgánico fermentado Bokashi posterior al ensayo.

**Figura 12A.** Elaboración del lixiviado de Bokashi.

**Figura 13A.** Preparación de la solución madre de Sonneveld y Voogt.

**Figura 14A.** Medición de parámetros de la solución nutritiva Sonneveld y Voogt (pH, C.E, Temperatura).

**Figura 15A.** Evaluación de altura y rendimiento final obtenido en la producción del Forraje Verde Hidropónico.

**Figura 16A.** Cosecha.

**Figura 17A.** Temperaturas máximas, mínimas y promedios registradas en el interior del invernadero durante el desarrollo del forraje en el mes de septiembre 2019, correspondientes al primer ensayo en la provincia de Santa Elena.

**Figura 18A.** Temperaturas máximas, mínimas y promedios registradas en el interior del invernadero durante el desarrollo del forraje en el mes de octubre 2019, correspondientes al segundo ensayo en la provincia de Santa Elena.

**Figura 19A.** Humedad relativa máxima y mínima registradas en el interior del invernadero durante el desarrollo del forraje en el mes de septiembre 2019, correspondientes al primer ensayo en la provincia de Santa Elena.

**Figura 20A.** Humedad relativa máxima y mínima registradas en el interior del invernadero durante el desarrollo del forraje en el mes de octubre 2019, correspondientes al segundo ensayo en la provincia de Santa Elena.



## INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la ganadería es una de las principales fuentes de comercialización, por ende, uno de los más importantes ingresos comprendidos entre la ganadería de carne y la ganadería leche, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC (2017) señala la existencia de cabezas de ganado a nivel nacional, registrando 4 056.796 cabezas de ganado vacuno, 1 283.338 porcinos, 355.897 ovinos y 21.745 caprinos, como especies de mayor importancia. Una de las provincias que se dedica a la crianza de varias especies de ganado, es Santa Elena, la misma que se centra en la crianza de ganado vacuno, caprino y porcino, especies que sirven de sustento para muchas familias comuneras.

Sin embargo, uno de los principales problemas con los que se enfrenta la producción ganadera es el déficit alimentario, falta de agua, debido a las condiciones ambientales y a los cambios climáticos, se torna cada vez más difícil la producción de ganado con mejor calidad, con estos cambios mencionados se presenta la imperiosa necesidad de buscar alternativas para obtener la alimentación necesaria del ganado. Una de estas alternativas es la aplicación de tecnologías para producir pastos verdes hidropónicos con un alto grado nutritivo como alimento para el ganado (Elizardo *et al.*, 2002).

La producción de forraje verde hidropónico es una de las técnicas que se realiza en el campo agrícola, es una de las divisiones prácticas que tiene el uso de los cultivos sin suelo o la llamada hidroponía, esta técnica se remonta al siglo XVII, cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627- 1691) realizó los primeros experimentos de cultivos en agua. Después de unos años John Woodward realizó germinación de semillas usando agua de diferentes orígenes y luego comparó diferentes concentraciones de nutrientes para el riego de estas, logrando obtener como resultado, forrajes verdes (Valdivia, 1997).

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 (FAO, 2001). Una de las plantas más utilizadas es el maíz forrajero (*Zea Mays*) por su elevado valor nutricional y un buen porcentaje de rendimiento; el cual permite que en diferentes medios de producciones hidropónicas se generen elevados y constantes cantidades de maíz produciendo forraje a mitad del costo convencional que actualmente tienen los forrajes cultivados a campo abierto (Aquino, 2014).

En la actualidad en la provincia de Santa Elena, la demanda de forraje se está incrementando, debido a la calidad de los forrajes presentes en la misma, que por la falta de agua, lluvias, o implementación de sistemas de riegos en las fincas, no es posible obtener pastos de calidad y por ende, una buena nutrición al ganado que se produce.

Para una mejor obtención de resultados favorables en la producción de pastos mediante el sistema de (FVH), son utilizados los fertilizantes orgánicos como una alternativa más ecológica y ambiental. Puesto que no solo aportan los nutrientes necesarios que necesitan los pastos para su normal desarrollo fisiológico, sino también ayudan a generar una mayor cantidad de biomasa y a su vez elevar su calidad nutricional y por ende, llegar a producir mayores cantidades de pastos en un tiempo más corto, y en un espacio más reducido, por tal razón se propone realizar la investigación titulada producción de forraje verde hidropónico bajo la aplicación de biofertilizantes, que se espera dar un buen resultado.

### **Justificación**

En los últimos años la producción de alimento se ha vuelto muy costosa, ya sea por los elevados costos de los insumos que se necesitan para dicha producción, o por las grandes áreas que se requieren para establecer pastizales en la provincia. A su vez la ausencia de lluvias en el lugar dificulta la producción de cultivos en general, la misma que conlleva al productor a resultados desfavorables en el crecimiento, en el peso, e incluso en la calidad de la carne del animal.

La demanda por el consumo de la población está incrementando, por tal motivo se convierte en una de las fuentes de ingresos de los pequeños productores agropecuarios de la provincia. Por esta razón, se busca una alternativa que pueda cubrir las necesidades alimenticias del ganado, implementación las técnicas de hidroponía en la producción de forraje verde hidropónico. Esta técnica otorga un mejor control de las necesidades de las plantas, para el correcto desarrollo en sus respectivas etapas fisiológicas, las mismas que realizan un mejor aprovechamiento del espacio que permite obtener producción en un menor tiempo (Caicedo, 2017).

Ante todo, lo descrito el presente trabajo busca la implementación del biofertilizante (Bokashi) en la producción de Forraje Verde Hidropónico con el fin de suministrar los nutrientes esenciales para la planta, para obtener una mayor calidad de este, mayor contenido de biomasa y mayor grado de proteínas que se requieren en la crianza de rumiantes en la provincia de Santa Elena.

## **Problemática**

El mayor problema que enfrentan los productores es la alimentación de los animales, siendo el periodo más crítico, entre los meses de agosto - diciembre, cuando escasea el alimento para el ganado por la falta de agua, provocando pérdidas económicas para el pequeño productor.

Por otro lado, los suelos salinos, que posee la provincia, más el déficit de agua son lo que caracteriza a Santa Elena, presentando una baja eficiencia y productividad de pastos naturales para la alimentación de los animales. Estas problemáticas conllevan a buscar alternativas de producción con un mayor valor proteico y gran volumen de producción, planteándose el siguiente **problema científico**:

¿Logra la aplicación de biofertilizante (Bokashi) un aumento significativo de rendimiento y calidad proteica, de forraje verde hidropónico?

Para dar respuesta a este problema se define la siguiente **hipótesis**:

El Forraje Verde Hidropónico alcanza un mayor contenido proteico con el uso de biofertilizantes en sistema de producción hidropónico.

Para validar esta hipótesis se plantean los siguientes **objetivos**:

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto de la aplicación de biofertilizante Bokashi sobre el rendimiento y calidad del forraje verde hidropónico en la provincia de Santa Elena.

### **Objetivos específicos**

- ✓ Determinar el rendimiento de forraje verde hidropónico, bajo la acción de diversas soluciones nutritivas.
- ✓ Valorar la calidad del forraje obtenido bajo las distintas soluciones nutritivas expresado como contenido proteico.
- ✓ Determinar la presencia de aflatoxinas en los cultivos hidropónicos con diferentes soluciones nutritivas.

# **CAPÍTULO 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **1.1. Generalidades del cultivo de maíz (*Zea maíz*)**

El maíz (*Zea mays*) es una planta originaria de las regiones de México, monoica de comportamiento anual, dispuestas de flores masculinas y femeninas con un ciclo de vida comprendido entre cien, a ciento cincuenta días dependiendo del tipo de cultivar y la época en la cual se lleve a cabo su producción, es un cultivo muy versátil llegando a tener varios usos siendo los principales; grano, forraje, ensilaje y rastrojo, los mismos, que son utilizados para la alimentación ganadera de bovinos, caprinos y equinos (Acosta, 2009).

### **1.1.1. Descripción botánica**

Por lo general este cultivar empieza desarrollando su sistema radicular, empezando por la radícula de la semilla, misma que es sembrada a una profundidad adecuada para lograr un mejor desarrollo, posteriormente el crecimiento de las raíces disminuye una vez que la plúmula emerge. La planta antes mencionada consta de tres tipos de raíces; las raíces seminales que aparecen en el embrión de la semilla alimentándola hasta que alcance un total de cinco hojas, una vez ocurrido este evento pierden paulatinamente su funcionalidad dando paso a las raíces adventicias.

Las raíces adventicias del maíz inician su crecimiento a partir de los primeros nudos que aparecen en el extremo del mesócotilo, por lo general, este evento ocurre cuando se encuentra de manera uniforme sin tener relación con la profundidad en que se sembró la semilla, posteriormente los siguientes grupos de raíces crecen a partir de cada uno de los nudos emergentes, este sistema radicular es el encargado de sostener a la planta durante su ciclo vegetativo (Acosta, 2009).

Por lo general, el sistema de raíces adventicias es el principal sostén de la planta es decir, el principal sistema de fijación, además es el encargado de adsorber tanto el agua como los diferentes nutrientes que necesita para su normal desarrollo. Las raíces de corona o aéreas son el tercer tipo de raíces de la planta, aparecen sobre los nudos aéreos dando una apariencia de corona alrededor de la planta.

El tallo de la planta es muy robusto, llegando a tener una longitud superior a un metro, está compuesto por nudos y entrenudos que se encuentran ligeramente distanciados, así mismo, presenta de quince a treinta hojas, estas son abrasadoras de cuatro a diez centímetros de ancho por treinta a cincuenta centímetros de longitud, al nacer el pedúnculo donde nace la

mazorca la sección del tallo es circular hasta llegar a la inflorescencia masculina que corona a la planta (Deras, 2012).

### 1.1.2. Clasificación taxonómica

El maíz, es un cultivo adaptado a diferentes tipos de condiciones ambientales, ya que es una especie cuya fotosíntesis se realiza a través del ciclo del carbono C4, así mismo, se caracteriza por poseer una alta capacidad de producción de materia seca que puede ser utilizada para diferentes propósitos uno de ellos, como forraje para diferentes especies de rumiantes.

La producción de maíz para forraje es una base de alimentación económica para el ganado en muchas regiones, ya que al ser económicamente viable aporta buen contenido proteico de minerales necesarios para la alimentación ganadera, llegando a ser un suplemento esencial dentro de la dieta de los rumiantes (Peña *et al.*, 2002).

El maíz es una de las principales gramíneas a nivel mundial, pertenece a la familia Poaceae, género *Zea* y especie *Mays*, es muy utilizada tanto su grano y follaje ya sea en la alimentación humana y animal (Sanchez, 2014).

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica del cultivo de maíz.

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| <b>Reino</b>    | <b>Plantae</b> |
| <b>División</b> | Magnoliophyta  |
| <b>Clase</b>    | Liliposida     |
| <b>Orden</b>    | Poales         |
| <b>Familia</b>  | Poaceae        |
| <b>Genero</b>   | <i>Zea</i>     |
| <b>especie</b>  | <i>mays</i>    |

**Fuente:** Sánchez (2014).

### 1.1.3. Rendimiento del maíz en Ecuador

Entre los años 2013 a 2017 en el Ecuador se han producido cerca de 1.2 millones de toneladas de maíz en doscientas mil hectáreas en todo el país, según las estadísticas realizadas por la corporación Tierra Fértil en el cantón Ventanas de la provincia de los Ríos, por consiguiente, la producción ha mantenido sus cifras de manera estable en los últimos tres años, principalmente en Los Ríos, Santa Elena y Loja (El telégrafo, 2018).

#### 1.1.4. Superficies cosechadas y producidas de maíz en Ecuador

Según García et al. (2013), los Ríos es la provincia con mayor producción de maíz a nivel de Ecuador, con una concentración de 44.94% seguida por Manabí Loja, y Guayas.

**Tabla 2.** Superficie cosechada de maíz.

| Años | Superficie (ha) | Rendimiento | Unidad |
|------|-----------------|-------------|--------|
| 2013 | 322 590 00      | 4.42        | (t/ha) |
| 2014 | 306 236 00      | 4.93        | (t/ha) |
| 2015 | 310 788 00      | 5.58        | (t/ha) |
| 2016 | 236 240 00      | 5.58        | (t/ha) |
| 2017 | 262 351 00      | 5.62        | (t/ha) |

**Fuente:** García *et al.*, (2013).

Las estadísticas correspondientes a las superficies de maíz cosechadas a lo largo de los años, siendo un rendimiento de 4.42 toneladas por hectárea en el año 2013 y en una superficie de 322 590 00 hectáreas, hasta el año 2017 la superficie cosechada ha disminuido sin embargo, el rendimiento ha aumentado siendo de 5.62 toneladas por hectárea en una superficie total de 262 351 00 hectáreas.

La tabla 3, muestra el porcentaje de participación en la producción nacional en el año 2016, siendo Los Ríos la provincia con mayor participación a nivel nacional teniendo un porcentaje de 44.94% y Guayas siendo la provincia con menor participación a nivel nacional con un 13.24%.

**Tabla 3.** Porcentaje de participación en producción nacional 2016.

| Provincia        | %      |
|------------------|--------|
| Guayas           | 13.24% |
| Manabí           | 25.41% |
| Los Ríos         | 44.94% |
| Loja             | 15.28% |
| Otras Provincias | 1.13%  |

**Fuente:** García *et al.*, (2013).

#### 1.1.5. Ciclo vegetativo

Todas las variedades de maíz se desarrollan de manera similar, sin embargo, se debe tener en cuenta que el tiempo entre sus diferentes etapas de crecimiento puede variar dependiendo del tipo o la variedad de maíz que se esté utilizando y entre otros parámetros como su fecha de siembra y altitud a la que se encuentra dicho cultivo (Vargas, 2008).

Normalmente el maíz tiene un ciclo vegetativo muy variable siendo desde 215 a 270 días, pero en caso del maíz forrajero este apenas dura entre 15 a 20 días en el cual es realizado la cosecha del mismo (Yáñez *et al.*, 2013).

#### **1.1.6. Híbrido de maíz (Trueno)**

Trueno es un híbrido doble, cuyos días de floración femenina es de 52 a 54 días aproximadamente, posee una altura de 2.1 m en promedio así mismo, posee un acame de raíz y tallo muy bajo, tiene una alta tolerancia a las enfermedades principales atacantes del maíz, a su vez una amplia adaptabilidad a las diferentes zonas maiceras del Ecuador (AGRIPAC, 2014).

### **1.2. Forraje verde hidropónico (FVH)**

En los últimos años llevar a cabo una producción de alimento a un menor costo, se ha convertido en un problema, ya sea por el alto costo que estos demandan tanto en la producción como en la construcción de estructuras apropiadas para este fin, una de las posibles alternativas a esta problemática que demanda la ganadería es el grano germinado ya que este lo pueden obtener los productores de sus cosechas y aprovechando así el grano dándole el valor correspondiente (Carballo, 2005).

Las diferentes etapas del cultivo de maíz forrajero, comprenden desde la etapa de siembra hasta la etapa de desarrollo vegetativo donde posteriormente se lleva a cabo la cosecha. La germinación se realiza en un túnel de polietileno negro que facilita las condiciones adecuadas para este proceso, proporcionando una adecuada humedad y oscuridad necesarias para acelerar el proceso, este varía dependiendo de la variedad de la semilla, la temperatura del túnel y la humedad idónea del mismo hasta que la semilla germine y alcance una altura de cuatro centímetros (Mirabá, 2015).

Este proceso suele durar de tres a cuatro días, posteriormente se pasan las bandejas ya germinadas a las estanterías destinadas para el forraje, a este proceso se le conoce como el periodo de luminosidad del cultivo (desarrollo vegetativo 1), los cinco días siguientes corresponderán al periodo de fertilización (desarrollo vegetativo 2) el mismo que comprende cinco días antes de la cosecha (Tabla 4) generalmente el día 16 el forraje tiene un día de lavado el 17, día de secado y en el día 18 se realiza la cosecha correspondiente (INIFAP, 2006).

Así mismo, en un cultivo a campo abierto, en sus primeras etapas presenta una humedad constante, etapa que comprende desde la siembra hasta los 45 días de desarrollo vegetativo y posteriormente una mayor cantidad de humedad a partir de los 55 días en adelante.

En la actualidad el maíz es uno de los cultivos que posee una mayor área sembrada, el más producido y consumido a nivel mundial, desde años posteriores sobrepasando al trigo en volumen de producción, así mismo, en los últimos años ha venido creciendo exponencialmente su tasa anual siendo de 2.5%, con un estimado del 92% de maíz amarillo y el 8% restante al maíz blanco (Ospina, 2015).

**Tabla 4.** Etapas fenológicas del cultivo de maíz, hasta su corte como forraje.

| <b>Etapas del cultivo de Maíz</b> | <b>Días</b> |
|-----------------------------------|-------------|
| <b>Siembra</b>                    | 1           |
| <b>Germinación</b>                | 2 a 4       |
| <b>Desarrollo vegetativo 1</b>    | 5 a 9       |
| <b>Desarrollo vegetativo 2</b>    | 10 a 15     |

**Fuente:** Ospina (2015).

Carballo (2005) manifiesta que el forraje verde hidropónico o también conocido como germinado tiene una serie de ventajas y desventajas presentadas a continuación:

#### **Ventajas del germinado (FVH)**

- ✓ Se puede producir anualmente.
- ✓ Tiene un alto valor nutricional.
- ✓ Es apetecible para la mayoría de los rumiantes (Bovinos y caprinos).
- ✓ Es muy económico y asequible, ya que por cada 1.7 kg de grano se obtiene un aproximado de 12 kg de FVH.

#### **Desventajas del germinado FVH**

- ✓ Se debe tener una rutina de trabajo establecida.
- ✓ Requiere de un laboreo minucioso y cuidado especiales en su manejo.
- ✓ Se necesita una buena capacitación para manejar este tipo de trabajo (trabajo técnico).
- ✓ La construcción de los invernaderos o casas mallas es muy costosa.



### ***1.2.1. Factores que influyen en la producción de FVH***

Según Martínez (2005), hay una serie de factores que influyen en la producción del forraje verde hidropónico los cuales se describen a continuación:

- ✓ **Luminosidad:** la calidad de la luminosidad va acorde a la longitud de onda que producen los rayos solares obteniendo un mejor crecimiento y desarrollo vegetativo cuando la luz que incide sobre las mismas es más alto en comparación que cuando solo contiene una pequeña parte de dicha intensidad.
- ✓ **Temperatura:** es la de mayor relevancia e importancia en la producción de forraje hidropónico, ya que efectúa un mejor control sobre la regulación de la misma, por otro lado, el rango más recomendado para la producción de FVH se encuentra entre los 18-26 °C. Las temperaturas son muy variables durante todo el ciclo de producción tanto en la germinación como en el proceso de crecimiento, por consiguiente las temperaturas para otras especies de granos que son utilizadas para la producción de FVH oscilan entre los 18 a 21 °C.
- ✓ **Humedad:** es de suma importancia para fijar las condiciones de asimilación adecuadas, ya que influyen directamente en el trabajo que desempeñan las hojas, dicha humedad debe ser cercana al 100% para que el desarrollo radicular pueda darse con normalidad y de forma segura.
- ✓ **Aireación:** esta variable es indispensable para poder obtener el intercambio gaseoso, debe ir de acuerdo con el lugar en que se construya el invernadero.

### ***1.2.2. Especies cultivables***

Contreras et al (2015) mencionan que se cultivan diferentes especies como forraje verde hidropónico FVH, especies como el trigo, cebada, avena, sorgo, maíz, alfalfa son las más comunes utilizadas en la actualidad.

### ***1.2.3. Características de las semillas de alta calidad***

Es importante que en cada cultivo se tenga en cuenta la calidad de las semillas de las cuales se hace, ya que de esto depende el éxito que se pueda alcanzar en un ensayo o experimento. La semilla es el material de inicio para la producción y es de vital importancia que tenga una buena respuesta a las condiciones adversas que se presenten al momento de la siembra y que produzca una planta grande y vigorosa con el fin de alcanzar el máximo rendimiento (Capa, 2014).

El mismo autor señala, entre las principales características que debe tener una buena semilla se encuentran las siguientes:

- ✓ **Germinación:** es todo proceso fisiológico mediante el cual, crece y se desarrolla el embrión, lleva a cabo la formación de una planta con normalidad bajo condiciones favorables para la misma.
- ✓ **Vigor:** es el potencial biológico que posee la semilla para favorecer un establecimiento rápido y uniforme.
- ✓ **Pureza de la variedad:** es todo valor genético que está determinada por el genotipo de una variedad, que está definida por diferentes características tales como; la tolerancia a plagas, resistencia del material, así como también su adaptación a diversos ambientes.
- ✓ **Pureza física:** esta característica hace referencia específicamente a los agentes extraños que se encuentren en el material, como piedras, tierra, y entre otras impurezas.

#### **1.2.4. Maíz forrajero**

El maíz forrajero, presenta una gama de factores que se deben tener en cuenta, al momento de llevar a cabo la producción de una manera rentable, teniendo en cuenta que existen diferentes paquetes tecnológicos disponibles para la producción de dicho cultivo, así mismo, es de suma importancia la actualización de la información para llevar a cabo un mejor manejo agronómico del cultivo (Jurado *et al.*, 2014).

Para la obtención de forraje verde hidropónico (FVH) involucra; la selección de la semilla, el lavado, pre-germinación, siembra de semillas en las bandejas y el riego constante, ya sea por aspersión manual o localizada incluida en esta la solución nutritiva con la que se esté trabajando, la misma que contendrá los macronutrientes y micronutrientes necesarios (Aguirre *et al.*, 2014).

Mena (2010) detalla la distribución de las diferentes etapas de producción del maíz forrajero, o forraje verde hidropónico, así como cada una de sus actividades a realizar durante la producción del cultivo.

**Tabla 5.** Etapas de producción del forraje verde hidropónico.

| <b>Etapas de producción</b> | <b>Actividad</b>                  |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| <b>Etapa 1</b>              | Selección de la semilla           |
| <b>Etapa 2</b>              | Desinfección y lavado de semillas |
| <b>Etapa 3</b>              | Siembra                           |
| <b>Etapa 4</b>              | Pre-germinación de semillas       |
| <b>Etapa 5</b>              | Ubicación de bandejas (P de luz)  |
| <b>Etapa 6</b>              | Fertilización                     |
| <b>Etapa 7</b>              | Lavado                            |
| <b>Etapa 8</b>              | Cosecha                           |

**Fuente:** Mena (2010).

### **1.2.5. Contenido nutricional del maíz hidropónico**

Para obtener mejores propiedades nutritivas en el forraje, los germinados como FVH no deben superar los 15 días a partir de su siembra, de lo contrario, implicará en el contenido de proteínas que este pueda contener disminuyendo significativamente.

Según Maldonado (2013), las propiedades más importantes que se deben tener en cuenta y analizadas en los forrajes son:

- ✓ **La materia seca:** su contenido oscila entre un 8.8 a un 13.4%.
- ✓ **La proteína cruda:** esta va desde los 18.3 a 26.3%.
- ✓ **Nutrientes digeribles totales:** están aproximadamente en un 80%.

Todos estos parámetros mencionados anteriormente se deben tomar en cuenta para poder establecer una dieta adecuada para cada tipo de ganado que se esté alimentando, ya no cuentan con los mismos requerimientos nutricionales (Maldonado *et al.*, 2013).

### **1.3. Cultivos sin suelo**

La hidroponía es considerada una técnica de producción agrícola también llamada cultivos sin suelos, la misma que permite el desarrollo de plantas sin la necesidad de la participación de éste, los sistemas de crecimiento utilizados para este fin, generalmente son: sistema de sustrato inerte, tales como; arena de río, turba, piedrilla, perlita, sistema de raíz flotante, sistema NFT y sistema de FVH (Urrestarazu, 2015).

En la actualidad, existen diferentes técnicas o sistemas hidropónicos que son clasificados según el manejo de la solución nutritiva con la cual se trabaje, debido a que hay dos tipos de sistemas, el sistema cerrado que consiste en la recolección y posterior suministro de la solución y el sistema abierto que es cuando no se realiza dicho procedimiento (Mora *et al.*, 2015).

### **1.3.1. Ventajas y desventajas de los cultivos hidropónicos o sin suelo.**

Según Jacobson (2016), los cultivos hidropónicos poseen numerosas ventajas y desventajas respecto a los diferentes sistemas que existen, los mismos que se detallan a continuación:

#### **Ventajas**

- ✓ Las raíces se desarrollan en mejores condiciones de crecimiento.
- ✓ Disminución en el control de arvenses.
- ✓ Minimiza el programa de fertilización respondiendo a los requerimientos del cultivo.
- ✓ Permite la producción en suelos pobres o sin actitud agrícola.
- ✓ Es independiente a los fenómenos agrometeorológicos.
- ✓ Disminuye el consumo de agua y de fertilizantes hasta un 70%.
- ✓ Presenta baja incidencia de plagas.
- ✓ Mitiga el uso de maquinarias agrícolas.
- ✓ Permite mayor número de plantas por metro cuadrado.

#### **Desventajas**

Cruz (2016) manifiesta que hay diferentes desventajas en la producción hidropónica las mismas que se presentan a continuación:

- ✓ Requiere altos conocimientos técnicos y teóricos.
- ✓ Las soluciones deben conducirse por manos expertas y calificadas.
- ✓ Elevados costos de capital para la construcción de las instalaciones.
- ✓ Es necesario tener agua de buena calidad.

#### **1.4. Soluciones nutritivas**

En términos generales la solución nutritiva está constituida por trece elementos esenciales aproximadamente, constituido de macro y micro elementos, de acuerdo a este planteamiento de fórmula para llegar a la solución nutritiva final se debe preparar tres soluciones concentradas, Una solución concentrada A, que está integrada de los macronutrientes esenciales, la solución concentrada B que está compuesta por los fertilizantes que contengan calcio y la solución concentrada C que los componen los microelementos esenciales (Hidalgo, 1985).

##### ***1.4.1. Solución nutritiva Sonneveld***

Al igual que la mayoría de las formulaciones correspondientes a las soluciones nutritivas, la solución nutritiva Sonneveld consta de oxígeno proveniente del agua y a su vez de los nutrientes en forma de iones, entre otras sustancias orgánicas como los quelatos de hierro y una serie de microelementos que conforman dicha formulación.

Esta va en dependencia de cada autor ya que cada uno de ellos realizan varios cambios significativos, debido a las pérdidas por precipitación que se pueden ocasionar al momento de su preparación, ya que la precipitación es uno de los principales factores que influye en la pérdida de varias formas iónicas de los nutrientes causando antagonismo por exceso de elementos, ya que el exceso de uno de los elementos puede inhibir la adsorción de otro.

Por ende, es necesario que la solución nutritiva conste con los nutrientes en una proporción óptima, para que las plantas puedan adsorber las cantidades según sus necesidades, de lo contrario se producirán desbalances entre los nutrientes y una incorrecta adsorción de la planta, produciendo déficit repercutiendo en el rendimiento de la producción del cultivo (Steiner, 1961).

##### ***1.4.2. El pH en la solución nutritiva***

El pH o potencial de hidrógeno en la solución nutritiva, es uno de los principales parámetros a tener en cuenta al momento de su preparación, ya que es determinada la correcta concentración de los ácidos y las bases que intervienen. El pH idóneo para la mayor parte de los cultivos oscila entre 5.5 a 6.5, sin embargo, estos rangos de pH en las soluciones no es definido, ya que estará influenciado en dependencia de la cantidad de dióxido de carbono presente en el ambiente en que se encuentre dicha solución.

Conocer el pH de una solución nutritiva es de suma importancia para poder controlar y neutralizar la presencia de bicarbonatos en el agua de riego, ya que generalmente este tipo de iones elevan el pH de la solución alcalinizándola provocando la inmovilización de varios nutrientes fundamentales para el desarrollo fisiológico de la planta tales como el Fosforo (P), el Hierro (Fe) y el manganeso (Mn). Como consecuencia adicional provoca la precipitación del calcio (Ca) y el Magnesio (Mg) con el Fosfato ácido “ $\text{HPO}_4$ ”, (Favela *et al.*, 2006).

#### ***1.4.3. Temperatura de la solución nutritiva***

Al igual que el pH, la temperatura es uno de los parámetros que tiene mayor influencia en la solución nutritiva, ya que se encuentra presente en la absorción de agua junto con los diferentes nutrientes, la temperatura idónea para la mayor parte de los cultivos oscila entre los 22 °C, así mismo, a medida que la temperatura de la solución disminuye también disminuirá la absorción y asimilación de nutrimentos.

Sin embargo, la baja temperatura favorece a la absorción de ciertos nutrientes como el Fosforo pero a su vez afecta la absorción del Nitrógeno, además a temperaturas por debajo de los 15 °C se pueden presentar carencias de, Hierro, Fósforo y Calcio, el mismo que debido a su deficiencia puede producir la podredumbre apical de los frutos, debido a las bajas temperaturas la raíz tiende a suavizarse afectando la permeabilidad y disminuyendo la adsorción de agua y de los nutrientes (Favela *et al.*, 2006).

#### ***1.4.4. Conductividad eléctrica en la solución nutritiva (CE)***

La conductividad eléctrica es un parámetro utilizado en el ámbito agrícola para determinar el contenido de sales disueltas en el agua de riego, de tal modo que una conductividad mayor a 2.25 dS/m no es recomendable para el uso en la agricultura. sin embargo, para las plantas cultivadas en medios hidropónicos es posible su uso con un tratamiento de agua previo a su utilización, teniendo en cuenta la tolerancia del cultivo, ya que al incorporar al agua los fertilizantes que corresponden a la solución nutritiva, inevitablemente aumentara la conductividad eléctrica debido a las sales que los componen (Favela *et al.*, 2006).

**Tabla 6.** Composición de los fertilizantes utilizados en soluciones.

| Fertilizantes              | Composición química           |              | Formula                                         | comp Grados | Solubilidad                        | Observación                                                                                                                                                          |
|----------------------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------------------------|-------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            | F catiónica                   | % porcentaje |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
| Nitrato de Amonio          | N-NO <sub>3</sub>             | 18.5         | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>                 | 37-0-0      | 2190 g/l a 20 °C                   | Es muy soluble, Baja la temperatura y el pH del agua, Aporta el 50% de N en forma nítrica y el 50% en forma amoniacal                                                |
|                            | N-NH <sub>4</sub>             | 18.5         |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
| Sulfato de Amonio          | N-NH <sub>4</sub>             | 21           | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 21-0-0      | 750 g/l a 20 °C                    | Aporta en N en forma amoniacal, Presenta ciertos problemas de salinidad, Presenta problemas si se usa en aguas ricas en Calcio                                       |
|                            | SO <sub>4</sub>               | 73           |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
| Nitrato de Calcio          | N-NO <sub>3</sub>             | 14.4         | Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>               | 15.5-0-0-19 | 1220 g/l a 20 °C                   | Aporte de Calcio en suelos carentes del mismo, y en cultivos de hortalizas exigentes                                                                                 |
|                            | N-NH <sub>4</sub>             | 1.1          |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
|                            | Ca                            | 19           |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
| Nitrato de Magnesio        | Mg                            | 9.1          | MgSO <sub>4</sub>                               | 0-0-0-0-9.1 | 120 g por 100 ml de Agua a 20°C    | Buena solubilidad en agua                                                                                                                                            |
|                            | S                             | 14           |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
|                            | SO <sub>4</sub>               | 42           |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
| Fosfato Monoamonico (MAP)  | N-NH <sub>4</sub>             | 12           | NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>  | 12-61-0     | 227 g/l a 0 °C;<br>434 g/l a 27 °C | Requiere de una constante agitación para ser disuelto, Tiene bajo efecto salinizante y reacción acida                                                                |
|                            | P                             | 26.5         |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
|                            | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 61           |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
| Fosfato Monopotasico (MKP) | P                             | 22.5         | KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                 | 0-52-34     | 1.2 Kg/ L de agua                  | Es una buena fuente de Fosforo y Potasio de alta eficiencia para los cultivos, tiene un efecto tampón que ayuda a estabilizar el pH de la solución alrededor al 4.5. |
|                            | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 52           |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
|                            | K                             | 28           |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
|                            | K <sub>2</sub> O              | 34           |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
| Nitrato de Potasio         | N-NO <sub>3</sub>             | 13           | KNO <sub>3</sub>                                | 13-0-46     | 316 g/l a 20 °C                    | Aporte de Potasio en fertirrigacion, Es menos soluble, aumenta ligeramente el pH en la solución                                                                      |
|                            | K                             | 38           |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
|                            | K <sub>2</sub> O              | 46           |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
| Sulfato de Potasio         | K                             | 43           | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                  | 0-0-52      | 110 g/l a 20 °C                    | Baja solubilidad en comparación con la del cloruro y la del Nitrato de Potasio                                                                                       |
|                            | K <sub>2</sub> O              | 52           |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
|                            | S                             | 18           |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |
|                            | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 54           |                                                 |             |                                    |                                                                                                                                                                      |

**Fuente:** Días *et al*, (2014).

#### 1.4.5. Formas de absorción de los elementos de la solución nutritiva.

Mera (2018) define que aunque los vegetales extraigan elementos tanto del aire como del agua, específicamente Hidrógeno y Oxígeno, pueden extraer otros elementos tales como el Nitrógeno, el Fósforo y el Potasio; otros elementos en menores cantidades como el Azufre, el Calcio, el Magnesio, y en mínimas cantidades elementos como; el Hierro, Cobre, Manganeso, Molibdeno, Boro y Zinc.

Entre otros elementos que a pesar de estar presentes en ínfimas cantidades, son indispensables para su vida y entre ellos tenemos el Cloro, Silicio y el Sodio, así mismo, se

encuentran presentes minerales tóxicos como el aluminio, se debe tener en cuenta que este último no solo puede ser tóxico, sino cualquier elemento si es agregado en cantidades excesivas.

#### ***1.4.6. Forma de absorción de los principales macro y micronutrientes***

##### **Nitrógeno**

El nitrógeno es uno de los elementos más abundantes el mismo que puede ser absorbido en forma de nitrato, amonio, o nitrógeno atmosférico y entre otras formas por medio de la reducción microbiana y el nitrógeno orgánico el cual se encuentra presente en la urea y en los aminoácidos, puede ser absorbido a nivel de suelo o foliar.

##### **Fósforo**

Los vegetales pueden absorber este elemento en forma de iones de ácido fosfórico ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ) y en ocasiones excepcionales en forma de fosfato ácido ( $\text{HPO}_4$ ).

##### **Potasio, Calcio y Magnesio**

El Potasio por lo general se absorbe en forma de  $\text{K}^+$  y en  $\text{K}_2\text{O}$  u óxido de Potasio, así mismo, el Calcio se absorbe en  $\text{Ca}^+$  o en carbonatos de calcio, en cuanto al magnesio se absorbe de manera activa en  $\text{Mg}^{++}$ .

#### ***1.4.7. Formas de absorción de los micronutrientes***

El hierro es uno de los micronutrientes más abundantes y puede ser absorbido activamente como  $\text{Fe}^{2+}$  o  $\text{Fe}^{3+}$ , así mismo, el Manganeso es absorbido por las raíces de la planta como  $\text{Mn}^{++}$ , seguido por el cobre como  $\text{Cu}^{++}$ , el Zinc de forma activa como  $\text{Zn}^{++}$ , el Boro es transportado de la raíz en forma de ácido Bórico y el Molibdeno como anión molibdato  $\text{MoO}_4^{(2-)}$ .



**Tabla 7.** Elementos esenciales para todos cultivos.

| Elemento              | Masa atómica | Forma asimilable                                 | Masa molecular | Preso atómico | Valencia | ppm     | Concentración en tejido seco |
|-----------------------|--------------|--------------------------------------------------|----------------|---------------|----------|---------|------------------------------|
| <b>Nitrógeno (N)</b>  | 14           | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                     | 62.00          | 14.01         | 1        | 15,000  | 1.5                          |
|                       |              | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                     | 18.00          | 14.01         | 1        | 15,000  | 1.5                          |
| <b>Fósforo (P)</b>    | 31           | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>      | 97             | 30.98         | 1        | 2,000   | 0.2                          |
|                       |              | HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                   | 96             | 30.98         | 2        | 2,000   | 0.2                          |
| <b>Potasio (K)</b>    | 39.1         | K <sup>+</sup>                                   | 39.1           | 39.10         | 1        | 10,000  | 1.0                          |
| <b>Calcio (Ca)</b>    | 40.1         | Ca <sup>++</sup>                                 | 40.1           | 40.08         | 2        | 5,000   | 0.5                          |
| <b>Magnesio (Mg)</b>  | 24.3         | Mg <sup>++</sup>                                 | 24.3           | 24.32         | 2        | 2,000   | 0.2                          |
| <b>Azufre (S)</b>     | 32.1         | SO <sub>4</sub>                                  | 96.1           | 32.07         | 2        | 1,000   | 0.1                          |
| <b>Sodio (Na)</b>     | 23           | Na <sup>+</sup>                                  | 23             | 22.98         | 1        | 1,000   | 0.1                          |
| <b>Cloro (Cl)</b>     | 35.5         | Cl <sup>-</sup>                                  | 35.5           | 35.46         | 1        | 100     | 0.0                          |
| <b>Carbono (C)</b>    | 12           | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                    | 61             | 12.01         | 1        | 450,000 | 45.0                         |
|                       |              | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>                    | 60             | 12.01         | 2        | 450,000 | 45.0                         |
| <b>Hierro (Fe)</b>    | 55.9         | Fe <sup>++</sup>                                 | 55.9           | 55.85         | 2        | 100     | 0.01                         |
| <b>Manganeso (Mn)</b> | 54.9         | Mn <sup>2+</sup>                                 | 54.9           | 54.94         | 2        | 50      | 0.005                        |
| <b>Boro (B)</b>       | 10.8         | B <sup>-3</sup> , B <sub>4</sub> O <sup>-7</sup> | 155.2          | 10.82         | 2        | 20      | 0.002                        |
| <b>Zinc (Zn)</b>      | 65.4         | Zn <sup>++</sup>                                 | 65.4           | 65.38         | 2        | 20      | 0.002                        |

**Fuente:** Carlos (2001).

#### 1.4.8. Formulaciones químicas

En la actualidad existen diversas soluciones nutritivas que son utilizadas en la producción de cultivos hidropónicos, cada una de ellas es utilizada en dependencia de la parte de la planta que se quiera cosechar, ya que los cambios fenológicos también exigen una mayor o menor demanda de nutrientes y de sus condiciones ambientales, debido a dichos cambios ya sean fríos a cálidos generan ciertas modificaciones en las composiciones químicas las cuales posteriormente requerirán una concentración más diluida (Urrestarazu, 2004).

Solución nutritiva “Hoagland” es una de las soluciones más utilizadas en la actualidad, esta fue desarrollada por Hoagland y Arnon en el año de 1938, dicha solución es de la más populares utilizadas en plantas de crecimiento en sistemas hidropónicos. Esta solución fue de las primeras en ser utilizadas por cultivos sin suelo, ya que proporciona todos los nutrientes necesarios para las plantas en crecimiento, tiene una gran gama de plantas que utilizan principalmente esta solución nutritiva (Ordaz *et al.*, 2011).

**Tabla 8.** Soluciones nutritivas sugeridas por distintos autores.

| <b>mmol L<sup>-1</sup></b> | <b>Hoagland y Arnon<br/>(1938)</b> | <b>Sonneveld Voogt<br/>(1985)</b> | <b>Sonneveld<br/>(1986)</b> |
|----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| <b>N</b>                   | 15.00                              | 10,70-17,00                       | 12.00                       |
| <b>P</b>                   | 1.00                               | 0,95-1,45                         | 1.50                        |
| <b>K</b>                   | 6.00                               | 7,60-12,70                        | 7.50                        |
| <b>Ca</b>                  | 4.00                               | 3,75-7,50                         | 3.75                        |
| <b>Mg</b>                  | 2.00                               | 1,60-2,00                         | 1.00                        |
| <b>S</b>                   | 2.00                               | -                                 | -                           |
| <b>mg/L</b>                | -                                  | -                                 | -                           |
| <b>Fe</b>                  | 2.50                               | 3,00-6,00                         | 0.56                        |
| <b>Mn</b>                  | 0.50                               | 0,50-1,00                         | 0.55                        |
| <b>Cu</b>                  | 0.02                               | 0,10                              | 0.03                        |
| <b>Zn</b>                  | 0.05                               | 0,10                              | 0.46                        |
| <b>B</b>                   | 0.50                               | 0,30-0,40                         | 0.22                        |
| <b>Mo</b>                  | 0.01                               | 0,05                              | 0.05                        |

**Fuente:** Beltrano *et al*, (2015).

#### **1.4.9. Biofertilizantes**

Los abonos orgánicos o también llamados biofertilizantes, se han utilizado desde tiempos muy remotos, así como su influencia que tiene sobre la fertilidad de los suelos ya que esta ha sido demostrada con el pasar de los años.

Aunque la composición química, la cantidad de nutrientes que cada uno de estos biofertilizantes posee y que puede aportar a los cultivos varían según su procedencia, manejo, edad y contenido de humedad, también pueden controlar e influir sobre la severidad que ciertos microorganismos patógenos puedan producir a cada uno de los cultivos, ya que al utilizar este tipo de productos orgánicos no solo disminuye el grado de severidad de estos, sino que también aumenta la producción (Hernández *et al.*, 2009).

El Bokashi es uno de los biofertilizantes más utilizados en los últimos tiempos, dicho abono obtiene su nombre de la palabra japonesa Bokashi que significa orgánico o fermentado, el Bokashi proporciona una cantidad importante de beneficios, ya que no solo este permite mantener la estabilidad de los suelos, sino que también favorecen sus características físicas del mismo, también ayuda a regular los agentes benéficos tales como las bacterias y los hongos los cuales se encargan de brindarle al suelo las condiciones óptimas de sanidad, lo cual se refleja en los posteriores resultados de las plantas cultivadas (Cruz *et al.*, 2015).

Cada uno de los materiales que componen a estos fertilizantes aporta diferentes beneficios tales como; el carbón el mismo que mejora las características edáficas de los suelos y ayuda a mantener una aireación constante y retención de humedad, así mismo aumenta su porosidad permitiendo a los agentes benéficos de la tierra como los microorganismos a realizar su actividad de manera eficiente. La gallinaza o guano es uno de los principales aportes de Nitrógeno, mejora la fertilidad del suelo aportándole nutrientes importantes como el N, P, K, Mg, dependiendo del tipo de guano que se utilice, aportara dichos elementos en mayor o menor cantidad.

La cascarilla de arroz ayuda a la estructura del suelo brindándole mayor capacidad de retención de humedad y filtración, así mismo, mejora la actividad microbiana, es una fuente rica en Silicio el mismo que le brinda a las plantas cierta resistencia frente a organismos patógenos. La melaza, es la principal fuente de energía para llevar a cabo el proceso de fermentación sirviendo de alimento para los microorganismos presentes. La leche aporta sales y fosfatos benéficos para la planta, así mismo el ácido láctico favorece a la erradicación de hongos.

La levadura es la fuente inoculante para los microorganismos benéficos en la mayoría de los abonos fermentados. El agua es el solvente principal para llevar a cabo la mezcla, propicia las condiciones óptimas para el normal desarrollo de los microorganismos, esta solo se suministra a la mezcla durante su preparación y en cantidades moderadas ya que una excesiva humedad repercutirá en el resultado final, su cantidad optima está basada en la prueba del puño, el mismo que consiste en tomar una parte en la mano hasta que forme un terrón o una pasta semihumeda sin destilar gotas.

Una de las mayores ventajas de este es abono es la capacidad de proporcionar los elementos de una manera natural a las plantas, entre los principales elementos que aporta se encuentran: el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, y Magnesio y entre otra serie de macro y microelementos necesarios para el normal desarrollo fisiológico de la planta. Otras de las ventajas que posee el Bocashi, es que no produce sustancias toxicas ni desprende mal olor debido a la descomposición de materia orgánica, sino que presenta un olor agradable y una coloración café oscura característica y puede elaborarse dentro del mismo hogar o la finca (Acosta *et al.*, 2013).

#### 1.4.10. Lixiviado de Bokashi

El lixiviado de Bokashi es una alternativa de fertilización orgánica vía foliar, que consiste en disolver las partículas sólidas del abono orgánico fermentado en abono líquido mediante la acción de una bomba de acuario obteniendo una mayor presencia de oxígeno y descomposición de las partículas sólidas

Según el análisis químico realizado por Ortega (2012), el Bokashi en su forma sólida y líquida consta con los siguientes elementos.

**Tabla 9.** Composición química del Bokashi.

| Nutrientes       | Forma solida | Unidad | Forma liquida | Unidad |
|------------------|--------------|--------|---------------|--------|
| Nitrógeno        | 1,23         | %      | 37            | ppm    |
| Fósforo          | 2,98         | %      | 31            | ppm    |
| Potasio          | 1,05         | %      | 36            | Meq/l  |
| Calcio           | 9,45         | %      | 50            | Meq/l  |
| Magnesio         | 0,62         | %      | 52            | Meq/l  |
| Zinc             | 274          | Ppm    | 855           | ppm    |
| Boro             | 5,34         | Ppm    | 99            | ppm    |
| Cobre            | 234          | Ppm    | 1085          | ppm    |
| Hierro           | 11975        | Ppm    | 13            | ppm    |
| Manganeso        | 345          | Ppm    | 5             | ppm    |
| Sodio            | 0,062        | %      | -             | -      |
| Azufre           | 591,3        | %      | -             | -      |
| Carbono          | 12,4         | %      | -             | -      |
| Humedad          | 33,56        | %      | -             | -      |
| Relación C/N     | 10,1         | -      | -             | -      |
| Materia orgánica | 21,33        | Ppm    | 38            | ppm    |
| PH               | -            | -      | 4,7           | -      |

**Fuente:** Ortega (2012).

#### 1.4.11. Naturamin

Naturamin es un producto a base de aminoácidos esenciales para la planta teniendo en su contenido un 80% de aminoácidos libres, 12.8% de nitrógeno total y 12.8% de nitrógeno orgánico, su contenido se basa en micro gránulos solubles tanto para fertilización foliar como para el Fertirriego, ya que estimula el crecimiento y protege de las diferentes condiciones adversas que puede sufrir el cultivo, consiguiendo el máximo potencial productivo.

Tiene varias recomendaciones y acciones en el cultivo, en las cuales se destacan tres fundamentales, ayuda a favorecer las actividades del cultivo en los momentos de mayor desarrollo, Así mismo, ayuda al cultivo al momento de sufrir situaciones de estrés causadas por diferentes plagas, enfermedades, sequías heladas, y fitotoxicidades, además, mejora la afectividad de diferentes productos con los cuales se puede mezclar (Amarques, 2015).

## 1.5. Micotoxinas

Son aquellos metabolitos secundarios que se pueden originar por la aparición de algunas especies de hongos en ciertas especies de plantas, especialmente en los frutos secos y en cereales, dichas especies pueden causar reacciones patológicas a animales de granja y domésticos los cuales, luego de ingerir el forraje se contaminan con las micotoxinas, los principales inconvenientes que plantean este tipo de moléculas es que son muy resistentes al calor, que muchas veces se utiliza para la esterilización de la materia fresca Gonzales (2009), al desarrollarse los hongos producen micotoxinas siempre que encuentren las condiciones adecuadas y favorables para dicho desarrollo, entre las condiciones más importantes a tener en cuenta se encuentran:

- ✓ La humedad del grano, si supera los 13% de humedad.
- ✓ La humedad relativa del aire, si se encuentra por encima de 70%.
- ✓ Temperaturas mayores de 20 grados centígrados.
- ✓ En pH mayores de 5 en adelante.

El estudio de las micotoxinas es de suma importancia tanto a nivel mundial como nacional, al ser evidente su incidencia desde que se descubrió la Aflatoxina B1, dicha molécula es producida por el hongo *Aspergillus flavus*, ya que causó la muerte de aves de granja en ciertos países (Sancho *et al.*, 1995).

**Tabla 10.** Principales micotoxinas, agente causal, acción o afecciones.

| Micotoxinas                   | Hongos                                                                 | Acción                                     |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Aflatoxinas B 1, B2, G 1 y G2 | <i>A. flavus</i> ,<br><i>A. parasiticus</i>                            | Hepatotóxico, nefrotóxico,<br>inmunotóxico |
| Aflatoxina B 1, B2            | <i>A. flavus</i>                                                       | -                                          |
| Toxina T- 2                   | <i>Fusarium</i><br><i>Sporotrichioides</i>                             | -<br>-                                     |
| Fumonisinias                  | <i>F. moliforme</i><br><i>F.(F. verticillioides)</i>                   | Hepatotóxicos, nefrototóxico               |
| Ocratoxinas                   | <i>A. ochraceus</i> ,<br><i>A. fumigatus</i> ,<br><i>P. verrucosum</i> | Nefrototóxico, poco patógeno<br>para ovino |

**Fuente:** Fernández *et al.*, (2002).

Entre los principales grupos de micotoxinas se encuentran distribuidos en tres géneros principales de hongos que son: *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, la mayoría de las investigaciones realizadas se centran en las micotoxinas que generalmente pueden causar

daños o afectaciones tanto a animales como al ser humano, por otro lado, las aflatoxinas pertenecen a los metabolitos secundarios causadas principalmente por hongos del genero *Aspergillus* (*Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*) que al encontrar las condiciones favorables para su desarrollo crecen en la mayoría de los cereales, siendo las más comunes **AFLAB**, B1, B2 y G1, G2, De la cual, la de mayor importancia es la **AFLAB1** debido a su característica capacidad mutagénica, carcinogénica, y por encontrarse presentes en alimentos de humanos y animales (Mazzani *et al.*, 2000).

Según Fernández et al. (2017) afirman que en animales de granjas producen efectos desfavorables en la disminución del crecimiento, eficiencia de la alimentación, debilidad del sistema inmunológico y paulatinamente pueden causar la muerte. Por otra parte, las ocratoxinas, son producidas por al menos siete especies distintas de *Aspergillus* y *Penicillium* están presentes en granos de almacenamiento, se pueden producir de manera natural y se encuentran en la mayoría de los vegetales como frutas, cereales y leguminosas, Se puede dar en temperaturas que van desde los 15 a 37 grados respectivamente (Fernández *et al.*, 2002).

## CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Localización de la zona de estudio

El proyecto de investigación se llevó a cabo en el Cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, en los predios de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), Entre los meses de septiembre - noviembre del 2019 en los sistemas hidropónicos pertenecientes a la misma. Los datos geográficos con los promedios de los últimos años son los siguientes: (INAMHI, 2017).

- ✓ Coordenada WS6584
- ✓ Latitud sur 2° 13' 56"
- ✓ Longitud oeste 80° 52' 30"
- ✓ Altitud 44 msnm
- ✓ Humedad relativa 81.6%
- ✓ Precipitaciones 200 mm
- ✓ Ubicación referencial Avda. principal La Libertad – Santa Elena, La Libertad



*Figura 1.* Localización geográfica del centro de prácticas de la UPSE.

## **2.2. Material biológico**

### **Hibrido de maíz**

Para realizar el proyecto de investigación se utilizó la semilla de maíz “Trueno”, este híbrido presenta una gran adaptabilidad a la zona y se puede cosechar en diferentes épocas del año a su vez es utilizado como forraje.

### **Biofertilizante**

Se utilizó el fertilizante orgánico “Bokashi”, realizada en base a la fermentación del estiércol de cabra y entre otros productos.

### **Naturamin**

Estimulante a base de aminoácidos.

## **2.3. Materiales y equipos**

### **2.3.1. Materiales**

- ✓ Bandejas de sembrado.
- ✓ Estantería para bandejas.
- ✓ Cloro.
- ✓ Bomba de 2 litros.
- ✓ Bomba de mochila.
- ✓ Polietileno negro.
- ✓ Tanque de 200 litros para riego.
- ✓ Esponja.
- ✓ Fertilizantes.
- ✓ Biofertilizantes.
- ✓ Pomas para limpieza.
- ✓ Pinzas para el túnel.
- ✓ Fundas Plásticas y papel.

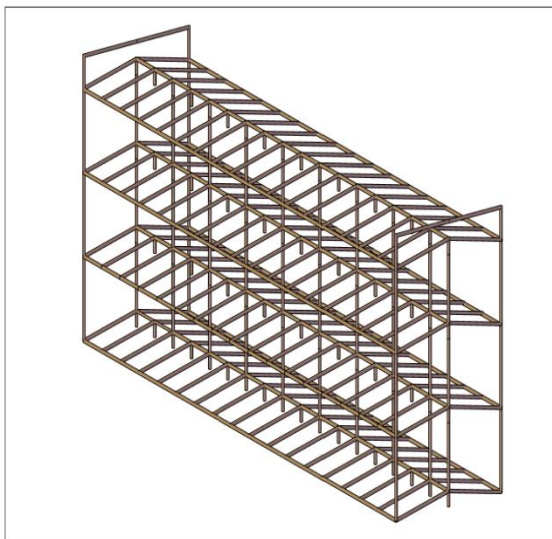
### **2.3.2. Equipos**

- ✓ Bomba de superficie Pedrollo de 1.5 HP.
- ✓ Programador de riego GALCON.
- ✓ Balanza digital marca BOECO BWL 61.
- ✓ Termohigrometro Testlab modelo BOE327.
- ✓ pH-metro y Conductímetro TDS/EC/pH/TEMP.
- ✓ Estufa, y equipos de laboratorio modelo GX125BE.
- ✓ Luxómetro Hanna HI 97 500.

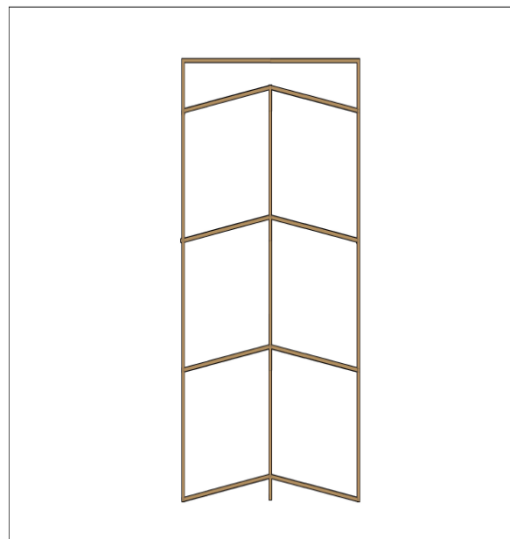


## 2.4. Infraestructura

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en una estructura metálica destinada para la producción de FVH, está realizada de un hierro galvanizado de 6.5 metros de largo aproximadamente, un metro de ancho y su altura corresponde a los 1.8 metros, para la cubierta del techo se cubrió con polietileno negro.



**Figura 2.** Estructura metálica para FVH.



**Figura 3.** Vista frontal de la estructura.

**Fuente:** Elaboracion propia.

## 2.5. Características agroquímicas del agua utilizada

Para la solución nutritiva se utilizó como solvente principal el agua potable distribuida por AGUAPEN en la provincia de Santa Elena, teniendo en cuenta el análisis previamente realizado que denote las características químicas principales de la misma, dicho análisis fue realizado en el INIAP-Pichelingue, la misma que presento baja salinidad lo que es considerada como un agua apta para el riego y el Fertirriego, según Laboratorio INIAP-Pichelingue (2016).

**Tabla 11.** Características agroquímicas del agua.

| <b>Parámetro</b>       | <b>Contenido</b>            | <b>Interpretación</b>     |
|------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>CE</b>              | 0.23 dS m <sup>-1</sup>     | Sin restricción en el uso |
| <b>TDS</b>             | 104 mg/ l <sup>-1</sup>     | Sin restricción en el uso |
| <b>Ca</b>              | 23 mg/ l <sup>-1</sup>      | Sin restricción en el uso |
| <b>Mg</b>              | 7.8 mg/ l <sup>-1</sup>     | Sin restricción en el uso |
| <b>Na</b>              | 6.9 mg/ l <sup>-1</sup>     | Sin restricción en el uso |
| <b>K</b>               | 7.02 mg/ l <sup>-1</sup>    | Sin restricción en el uso |
| <b>CO<sup>3</sup></b>  | 0.0 mg/ l <sup>-1</sup>     | Sin restricción en el uso |
| <b>HCO<sub>3</sub></b> | 53.70 mg/ l <sup>-1</sup>   | Restricción en el uso     |
| <b>Cl</b>              | 45.5 mg/ l <sup>-1</sup>    | Sin restricción en el uso |
| <b>SO<sub>4</sub></b>  | 2.50 mg/ l <sup>-1</sup>    | Sin restricción en el uso |
| <b>NO<sub>3</sub></b>  | 0.0 mg/ l <sup>-1</sup>     | Sin restricción en el uso |
| <b>Fe</b>              | 0.03 mg/ l <sup>-1</sup>    | Sin restricción en el uso |
| <b>B</b>               | 0.08 mg/ l <sup>-1</sup>    | Sin restricción en el uso |
| <b>pH</b>              | 7.2                         | Restricción en el uso     |
| <b>RAS</b>             | 0.32 (meq/l) <sup>1/2</sup> | Sin restricción en el uso |
| <b>Dureza</b>          | 90 mg l <sup>-1</sup>       | Blanda                    |

**Fuente:** Laboratorio INIAP-Pichelingue, (2016).

## 2.6. Tratamiento y diseño experimental

El presente proyecto de investigación se realizó bajo el diseño completamente al azar (DCA), con un total de cuatro tratamientos y 9 repeticiones. El experimento consiste en la utilización de diferentes productos utilizados para la nutrición del cultivo: (T<sub>1</sub>) agua; (T<sub>2</sub>) solución nutritiva “Sonneveld y Voogt” (T<sub>3</sub>) Bokashi (T<sub>4</sub>) producto comercial “Bioestimulante a base de aminoácidos-Naturamin”.

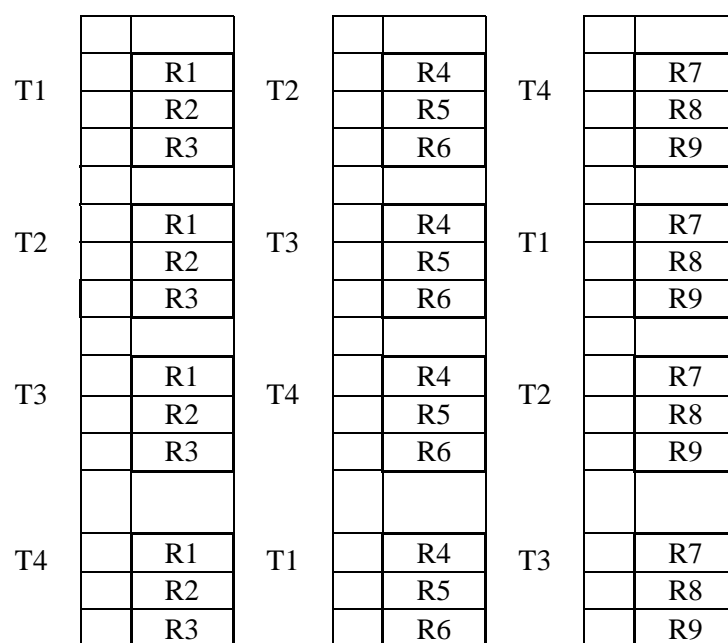
**Tabla 12.** Distribución de los grados de libertad (GL) mediante el DCA.

| <b>DCA</b>  | <b>Grados de libertad</b> |
|-------------|---------------------------|
| Total       | 35                        |
| Tratamiento | 3                         |
| Error       | 32                        |

**Tabla 13.** Delineamiento experimental para la producción de FVH.

|          | <b>Delineamiento experimental</b>       | <b>Descripción</b> | <b>Unidades</b> |
|----------|-----------------------------------------|--------------------|-----------------|
| <b>1</b> | Diseño experimental                     | DCA                | -               |
| <b>2</b> | Número de tratamientos                  | 4                  | -               |
| <b>3</b> | Numero de repeticiones                  | 9                  | -               |
| <b>4</b> | Número total de unidades experimentales | 36                 | (UE)            |
| <b>5</b> | Longitud de ancho de la bandeja         | 0.6                | m               |
| <b>6</b> | Área total de la (UE)                   | 0.25               | m <sup>2</sup>  |
| <b>7</b> | Número de plantas por (UE)              | 550                | g               |

Distribución de los tratamientos para la producción de FVH.



**Figura 4.** Distribución de los tratamientos mediante diseño completamente al azar

## 2.7. Manejo del experimento

La investigación estuvo compuesta por dos ensayos, los mismos que fueron realizados entre los meses de septiembre y octubre respectivamente, bajo las mismas condiciones de manejo experimental detallado a continuación. La dosis de semilla utilizada fue 0.5 kg (500 g) en cada unidad experimental la misma que consta con un área de 0.25 m<sup>2</sup> se utilizaron un total de 36 bandejas (1 bandeja = 0.25 m<sup>2</sup>, 4 bandejas = 1 m<sup>2</sup>, 36 bandejas = 9 m<sup>2</sup>).

### **2.7.1. Preparación del biofertilizante (Bokashi).**

Para la preparación del fertilizante orgánico se utilizó los siguientes ingredientes; 30 kg de guano maduro, 30 kg de tierra virgen, 15 kg de polvillo de arroz, 1 litro de yogurt sin saborizantes, 20 gramos de levadura, un litro de melaza y 45 litros de agua.

**Día 1:** se armó una pirámide con los ingredientes sólidos, agregando lentamente el líquido y revolviendo con pala, se agregó más agua hasta humedecer la mezcla y al apretar con el puño se forme una masa homogénea, a capacidad de campo. Se aplicaron en total 45 litros de agua en toda la preparación, luego se procedió a tapar con sacos, revolviendo mínimo 3 veces por día para homogenizar y bajar la temperatura, para ello se utilizó un termómetro.

**Día 2 y 3:** Se revolvió tres veces por día y se mantuvo una altura de 30 cm, posteriormente se tapó con una cubierta a base de sacos. **Día 4:** Así mismo, se revolvió tres veces al día manteniendo una altura de 15 cm, y posteriormente se destapo. **Día 5 y 6:** Teniendo en cuenta que la temperatura va disminuyendo se revolvió dos veces por día, manteniendo una altura de 15 cm y luego se dejó la mezcla destapada.

**Día 7:** En el último día se procedió a extender la mezcla hasta una altura de 10 cm, a este punto la temperatura descendió y la mezcla obtuvo un color gris parejo. A este punto el abono está listo para su utilización con un promedio de uso de hasta tres meses sin que pierda paulatinamente sus propiedades.

### **2.7.2. Lixiviado de Bokashi**

A partir del abono orgánico previamente elaborado se procedió a realizar la lixiviación, o pasó de estado sólido a líquido, para posteriormente ser aplicado como fertilizante foliar, se preparó un tanque de 200 litros de agua, así mismo se procedió a realizar la relación correspondiente para aplicar la cantidad de abono y agua requerida para el tratamiento destinado para su uso, en los seis riegos por cinco días correspondientes al periodo de fertilización teniendo en cuenta lo siguiente:

Datos por considerar:

- ✓ Una UE (unidad experimental).
- ✓ Se requiere 0.5 litros de agua por cada riego aproximadamente. (9 UE por tratamiento, 36 UE totales).
- ✓ Números de riego (NR): seis riegos diarios por cada tratamiento.
- ✓ Días de fertilización (DF): cinco días de fertilización.

UE x NR x DF siendo:

0.5 litros de agua x UE x 36 UE x 6 NR x 5 DF= 540 litros de agua.

540 L / 4 tratamientos = 135 litros de agua/ tratamiento.

Anteriormente se presentó la relación utilizada para determinar la cantidad de litros de agua a aplicar en cada tratamiento durante todo el periodo de fertilización, en base a esto se realizó la respectiva relación para la lixiviación siendo; 2 kg de Bokashi x cada 20 litros de agua, por lo tanto, se aplicó 13.5 kilogramos de Bokashi en 135 litros de agua.

Una vez pesado el Bokashi, se procedió a colocarlo en un saco, para posteriormente sumergirlo en el tanque, después se colocó una bomba de acuario en el agua para removerla durante un periodo de 48 horas, cabe recalcar que este procedimiento se realizó dos días antes del comienzo de la etapa de fertilización.

### ***2.7.3. Preparación de la solución nutritiva Sonneveld***

Se realizó la preparación de la solución nutritiva Sonneveld un día antes del inicio de la fertilización, para esta solución se utilizaron diferentes macros y microelementos entre los cuales se encuentran los siguientes fertilizantes.

La **tabla 14** presenta los diferentes fertilizantes utilizados para la preparación de la solución nutritiva correspondiente a cada una de las soluciones (A, B, C). Para tres litros de solución madre (SM) a partir de la receta hecha por Sonneveld y voogt (1990), en la tabla antes mencionada se detallan los valores iniciales para un litro de solución madre, se multiplico cada elemento, por la cantidad de litros a preparar dando lo siguiente:

Para la solución A se utilizó los macronutrientes Nitratos y Sulfatos, utilizando 181.98 g de Nitrato de potasio, 48.6 g de Sulfato de magnesio, y 61.2 g de Fosfato monopotásico, así mismo la solución B compuesta de calcio, se utilizó 201.84 g de Nitrato de calcio, para la solución C, compuesta por micronutrientes se utilizó Mo, B, Zn, Cu, Mn, Fe, utilizando los siguientes pesos para cada elemento: 0.03 g de molibdato de sodio, 0.29 g de Ácido bórico, 0.13 g de Sulfato de zinc, 0.13 g de Sulfato de cobre, 0.69 g de Sulfato de manganeso y por último 23.25 g de Quelato de hierro. Todos los elementos antes mencionados se colocaron en un litro de agua, teniendo cuidado de colocar los elementos y disolver lo mayor posible.

Las tres soluciones nutritivas fueron preparadas por separados, siguiendo las indicaciones dadas, posteriormente fueron colocadas en recipientes individuales y colocadas a temperatura ambiente, partiendo de la receta de la solución formulada por Sonneveld y voogt, se realizó el cálculo para los 135 litros de solución que se utilizaría durante el tiempo

que dura la investigación. Se preparó 1.5 litros de solución madre, teniendo en cuenta que se mantiene la relación de un litro de solución madre se diluye en 100 litros de agua (relación 1:100).

**Tabla 14.** Composición de las tres soluciones madres correspondientes a la solución nutritiva Sonneveld.

| Producto                            | Formula                           | 1 L de SM  | 3 L de SM |
|-------------------------------------|-----------------------------------|------------|-----------|
| Ácido fosfórico                     | HPO <sub>4</sub>                  | 0.016 cc/L |           |
| <b>Solución A (Macronutrientes)</b> |                                   |            |           |
| Nitrato de potasio                  | KNO <sub>3</sub>                  | 60.66 g    | 181.98 g  |
| Sulfato de magnesio                 | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>    | 16.2 g     | 48.6 g    |
| Fosfato monopotásico                | KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>   | 20.4 g     | 61.2 g    |
| <b>Solución B</b>                   |                                   |            |           |
| Nitrato de calcio                   | Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 67.28 g    | 201.84 g  |
| <b>Solución C (Micronutrientes)</b> |                                   |            |           |
| Quelato de hierro                   | EDDHA-Fe                          | 7.75 g     | 23.25 g   |
| Sulfato de manganeso                | MnSO <sub>4</sub>                 | 0.23 g     | 0.69 g    |
| Sulfato de cobre                    | CuSO <sub>4</sub>                 | 0.04 g     | 0.12 g    |
| Sulfato de zinc                     | ZnSO <sub>4</sub>                 | 0.043 g    | 0.129 g   |
| Ácido bórico                        | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>    | 0.043 g    | 0.129 g   |
| Molibdato de sodio                  | Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>  | 0.01075 g  | 0.03225 g |

#### 2.7.4. Selección desinfección remojo y pesaje de semillas

**Selección de la semilla:** se realizó la limpieza correspondiente, a la semilla de maíz con el fin de erradicar todo tipo de impurezas que podrían dificultar la germinación del material, al momento de la producción de Forraje Verde Hidropónico, retirando las semillas partidas, quebradas, dañadas, impurezas en general encontradas en la semilla utilizada.

**Desinfección de semilla:** se realizó esta actividad con el fin de eliminar agentes patógenos como hongos, bacterias y plagas, para ello se utilizó una solución de hipoclorito de sodio al 1% “cloro” en una concentración del 1% (10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua) durante 1 minuto, siguiendo con el retiro y enjuagando con abundante agua limpia, tres veces para eliminar restos de cloro, según Acosta (2016).

**Remojo de semilla:** este proceso se llevó a cabo durante un periodo de 24 horas con el fin de preparar a las semillas y aumentar su disponibilidad al momento de su germinación.

**Pesaje:** una vez retiradas las semillas del contenedor de remojo, se procedió a realizar el respectivo pesaje para cada unidad experimental, se pesó 550 gramos de semillas en húmedo, para cada bandeja experimental, el peso se considera en húmedo y este debe ser realizado inmediatamente después de la etapa de remojo.

### **2.7.5. Preparación del pre-germinado**

**Siembra:** una vez realizadas las actividades antes mencionadas se procedió a realizar la siembra, esta se realiza sobre las bandejas de polietileno previamente perforadas para evitar la acumulación de agua, se colocó sobre estas 550 gramos de semillas en húmedo por cada unidad experimental, luego en el túnel de germinación el cual le brinda las condiciones ideales de temperatura y humedad.

**Germinación:** es la primera etapa del forraje hidropónico donde las semillas necesitan temperaturas óptimas para su correcta germinación, por tal motivo, se elaboró un túnel de polietileno negro el mismo que ayudaría a mantener una temperatura ideal, para este proceso, en esta etapa se mantendrá las bandejas hasta que la semilla germine y alcance una altura de 4 cm.

**Riego:** una vez sacadas las bandejas del túnel, comienza la etapa de luminosidad, en esta etapa se realizó el riego solo con agua cada dos horas de 8:00 y 18:00, con el sistema automatizado del predio durante cuatro días. Se debe tener en cuenta que el agua para el riego debe ser potable, el pH debe estar en un rango entre 5.2 a 7. Se debe también fomentar la presencia del CO<sup>2</sup> (gas carbónico) ya que fomenta la fotosíntesis en las plantas obteniendo un aumento en la producción de biomasa vegetal (Rodríguez, 2017).

**Fertilización:** concluida la etapa de luminosidad empieza la fertilización, previo a ella se prepararon las diferentes soluciones a aplicar en cada uno de los tratamientos, teniendo en cuenta lo siguiente; T<sub>1</sub> agua, T<sub>2</sub> solución nutritiva, T<sub>3</sub> fertilizante orgánico Bokashi, T<sub>4</sub> fertilizante de aminoácidos Naturamin.

**Cosecha:** se llevó a cabo una vez que el forraje alcanzó una altura de 20 a 25 cm aproximadamente.

### **2.8. Variables experimentales**

**Altura de planta:** Esta variable se realizó tomando la altura de varias plantas con ayuda de una regla de 30 cm, dentro de la bandeja con el fin de evaluar el crecimiento que va obteniendo la planta, en el transcurso de cada evaluación realizada.

**Porcentaje de germinación:** Se seleccionó cuatro unidades experimentales, estas bandejas seleccionadas fueron identificadas y colocadas en diferentes lugares del túnel, en cada bandeja se tomó como referencia 100 granos para cuantificar el porcentaje de germinación, los datos fueron tomados el día 2 y 4.

**Producción de la biomasa:** Se cosechó la biomasa producida a una altura de unos 20 a 25 cm aproximados de los diferentes tratamientos posteriormente fueron pesados con ayuda de una balanza analítica marca BOECO BWL61.

**Materia seca:** se tomó 100 y 300 gramos de materia fresca de la parte central de cada una de las unidades experimentales a excepción de las muestras de 300 gramos que solo se realizaron de las repeticiones 2, 5 y 8, para posteriormente colocarlos dentro de las fundas, previamente se identificó con el número de tratamiento y repetición, luego se llevó a la estufa donde se colocaron las muestras durante 72 horas a una temperatura de 65 °C.

Se calculó el porcentaje de materia seca (% MS) de acuerdo con la siguiente fórmula:

- ✓ % MS = PS/PF x 100 donde,
- ✓ PS = peso seco de la muestra (g)
- ✓ PF = peso fresco de la muestra (g)

Así mismo por diferencia de peso se calculó el porcentaje de humedad presente en cada una de las muestras.

**Humedad relativa:** se realizó con la ayuda de un Termohigrómetro marca Testlab modelo BOE327, para medir la humedad mínima, máxima y promedio dentro del invernadero, ya que la planta necesita una humedad relativa óptima de 60% a 80%, fuera de este rango puede provocar problemas de hongos y otros organismos.

**Temperatura:** se tomó esta variable debido a la gran importancia de su medición e influencia que tiene sobre el cultivo, con ayuda del Termohigrómetro marca Testlab modelo BOE327, se midió la temperatura mínima, máxima, y promedio dentro del invernadero colocando la sonda a la altura de las bandejas para una mejor precisión en la toma de datos.

**Radiación solar (lux):** se utilizó un luxómetro marca Hanna HI 97500, para medir los grados lux dentro y fuera del invernadero, esta variable se tomó en dos horarios distintos durante el tiempo que duro la investigación, siendo la primera evaluación a las 8:00 de la mañana y las 14:00 la segunda evaluación, el mismo que debe proporcionar al forraje un mínimo de 2.800 lux aproximadamente.

Las variables detalladas a continuación, se realizaron en las instalaciones de los laboratorios del INIAP ubicada en la ciudad de Quito, tanto los análisis bromatológico o proximal y aflatoxinas.



**Análisis proximal:** se realizó a tres repeticiones de cada tratamiento (nueve muestras). Se extrajo una muestra de 300 g de materia fresca la cual fue extraída de la sección central de la bandeja, esta es llevada a la estufa con un periodo de 72 horas a 65 °C, posteriormente se envió para el respectivo análisis en los laboratorios del INIAP.

**Análisis de Aflatoxinas:** para esto se tomó 100 gramos de la muestra tomadas aleatoriamente de los tratamientos evaluados, (nueve muestras) posteriormente se envió al laboratorio del INIAP- Quito, para su análisis correspondiente.

## 2.9. Costo del experimento

| <b>Costos para la producción del forraje verde hidropónico</b> |                 |                 |                    |                 |
|----------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| <b>Descripción del producto</b>                                | <b>Unidad</b>   | <b>Cantidad</b> | <b>V. unitario</b> | <b>V. Total</b> |
| <b>Materiales para la elaboración del Bocashi</b>              |                 |                 |                    |                 |
| <b>Material Biológico</b>                                      |                 |                 |                    |                 |
| <b>Guano maduro (cabra, cerdo o vaca).</b>                     | En kilogramos   | 20              | \$ 0.20            | \$ 4.00         |
| <b>Tierra virgen</b>                                           | En kilogramos   | 20              | \$ 0.10            | \$ 2.00         |
| <b>Afrecho o harinilla</b>                                     | En kilogramos   | 20              | \$ 0.95            | \$ 19.00        |
| <b>Carbón molido</b>                                           | En kilogramos   | 20              | \$ 0.20            | \$ 4.00         |
| <b>Yogurt</b>                                                  | Por litros      | 1               | \$ 1.10            | \$ 1.10         |
| <b>Levadura</b>                                                | En gramos       | 1               | \$ 2.50            | \$ 2.50         |
| <b>Miel</b>                                                    | En litros       | 1               | \$ 2.00            | \$ 2.00         |
| <b>Costos para la producción del forraje verde hidropónico</b> |                 |                 |                    |                 |
| <b>material biológico</b>                                      |                 |                 |                    |                 |
| <b>Maíz criollo- primer ciclo</b>                              | En kilogramos   | 20.00           | \$ 0.65            | \$ 13.00        |
| <b>Maíz criollo- segundo ciclo</b>                             | En kilogramos   | 20.00           | \$ 0.65            | \$ 13.00        |
| <b>Agua</b>                                                    | litros por día  | 108.00          | \$ 0.60            | \$ 64.40        |
| <b>materiales complementarios</b>                              |                 |                 |                    |                 |
| <b>Clorox</b>                                                  | Por litro       | 1               | \$ 1.15            | \$ 1.15         |
| <b>Malla</b>                                                   | Por metro       | 5               | \$ 0.65            | \$ 3.25         |
| <b>Plásticos</b>                                               | Por metro       | 10              | \$ 1.50            | \$ 15.00        |
| <b>Sacos</b>                                                   | Por unidad      | 8               | \$ 0.80            | \$ 6.40         |
| <b>Cartones</b>                                                | Por caja        | 5               | \$ 0.25            | \$ 1.25         |
| <b>Fundas de papel</b>                                         | Por 100 und     | 1               | \$ 1.10            | \$ 1.10         |
| <b>Fundas herméticas</b>                                       | Por 25 unidades | 3               | \$ 1.50            | \$ 4.50         |
| <b>Análisis de laboratorio</b>                                 |                 |                 |                    |                 |
| <b>Análisis de bromatología y aflatoxinas</b>                  | Repeticiones    | 1.00            | \$ 1,400.00        | \$ 1,400.00     |
| <b>Subtotal</b>                                                |                 |                 |                    | \$ 1,557.65     |
| <b>Imprevistos 5%</b>                                          |                 |                 |                    | \$ 77.88        |
| <b>costo total del experimento</b>                             |                 |                 |                    | \$ 1,635.53     |

## **2.10. Fuentes de financiamiento**

- ✓ La UPSE como fuente de financiamiento para esta investigación fue el préstamo de la estructura del invernadero y todo el equipo para el desarrollo de la investigación.
- ✓ Los análisis de laboratorio fueron financiados por el Dr. Héctor Abel Palacios, quien está desarrollando una investigación y uno de sus objetivos son los resultados del proyecto de investigación realizada en UPSE.
- ✓ Los costos de las materias primas y materiales para el desarrollo del experimento de investigación fueron financiados con recursos propios.

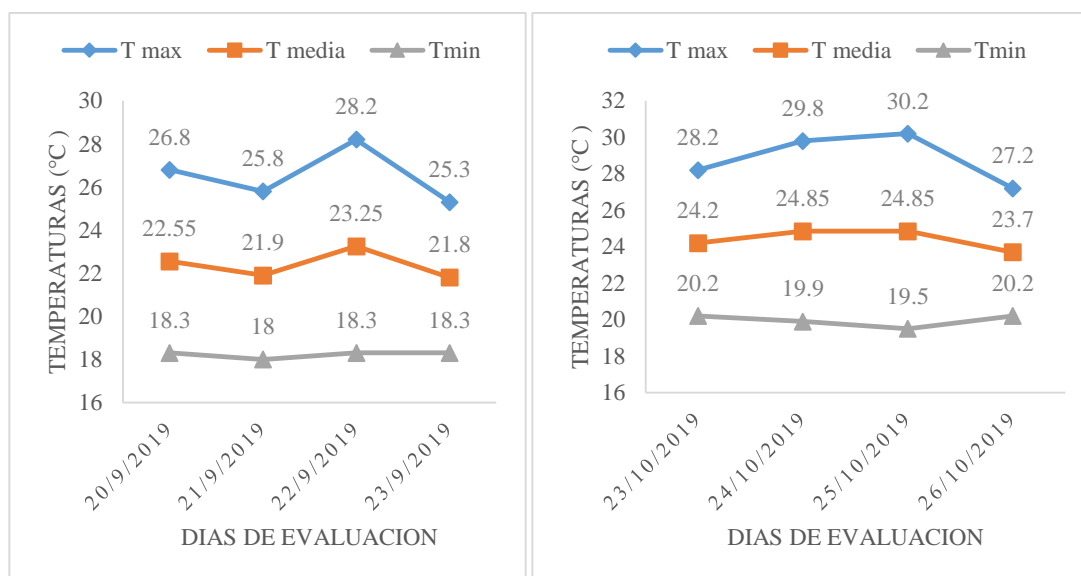
## CAPÍTULO 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Resultados obtenidos en la producción de FVH

La primera variable evaluada fue la temperatura, se lo dividió en tres periodos, periodo de germinación, periodo de luz y periodo de fertilización. Lo antes mencionado se realizó para los dos ensayos.

#### Temperaturas obtenidas en el periodo de germinación de FVH

En el primer ensayo, las temperaturas iniciales durante la germinación fueron las siguientes; temperatura máxima de 26.53 °C, temperatura media de 22.38 °C y temperatura mínima entre 18.23 °C, tal como se presenta en la figura 5 y anexo 1A.



**Figura 5.** Temperaturas obtenidas durante el periodo de germinación en los dos ensayos entre los meses de septiembre a noviembre en el interior del invernadero.

Las temperaturas obtenidas en el segundo ensayo correspondientes al mes de octubre, durante la germinación fueron las siguientes; la temperatura máxima fue de 28.85 °C, temperatura media de 24.40 °C y la temperatura mínima de 19.95 °C. Tal como se presenta en la figura 5 y anexo 2A.

Estos datos se asemejan a lo obtenido por Tranquilino et al. (2016), quienes mencionan que en la producción de Forraje Verde Hidropónico las temperaturas son de suma importancia, debido que los cultivos tienen diferentes necesidades de temperaturas, acorde a sus etapas fenológicas, siendo así, los rangos correspondientes al cultivo de maíz están entre los 25 °C a 28 °C, como temperatura máxima y como mínima alrededor de los 15 °C.

### Temperaturas obtenidas en el periodo de luz

Las temperaturas máximas obtenidas en el primer ensayo fueron de 27.55 °C, mientras que las temperaturas medias fueron 23.54 °C y temperaturas mínimas se encontraron en intervalos de 19.53 °C.

En el segundo ensayo se obtuvieron temperaturas similares siendo la temperatura máxima de 26.05 °C, una temperatura mínima que va de 21.98 °C y una temperatura promedio de 24.01 °C (Figura 6).

Las temperaturas obtenidas en ambos ensayos se encontraron dentro del rango óptimo para el desarrollo fenológico del forraje hidropónico según Tranquilino et al. (2007) señalan los rangos ideales para el crecimiento del maíz forrajero están entre 24 °C a 30 °C. Por otro lado, Valdivia (1997) menciona que las temperaturas en la producción del forraje hidropónico son muy diversas, llegando a rangos de temperaturas de 25 °C a 28 °C.

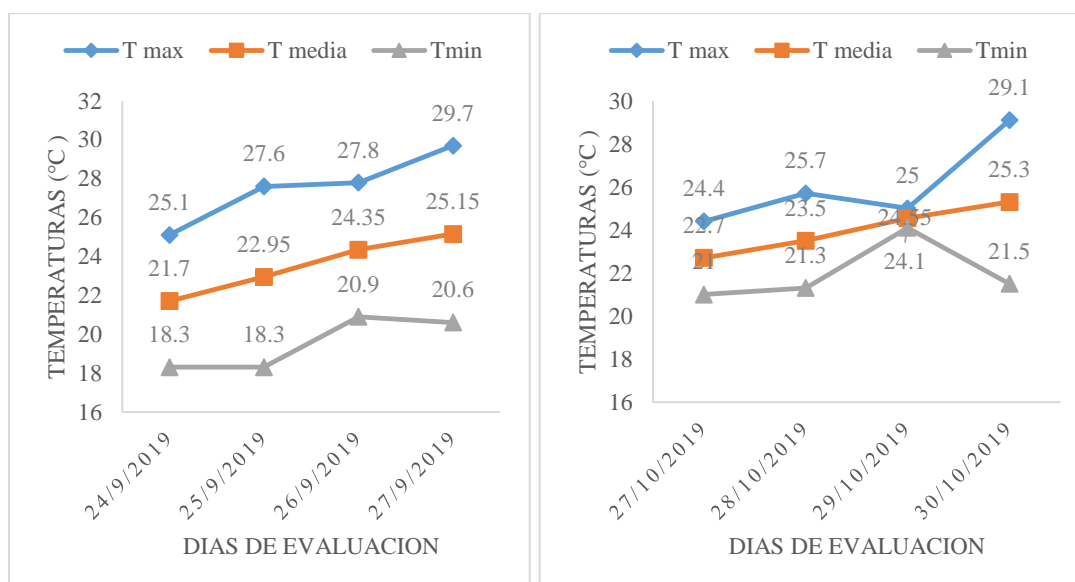


Figura 6. Temperaturas obtenidas durante el periodo de luz en los dos ensayos entre los meses de septiembre a noviembre en el interior del invernadero.

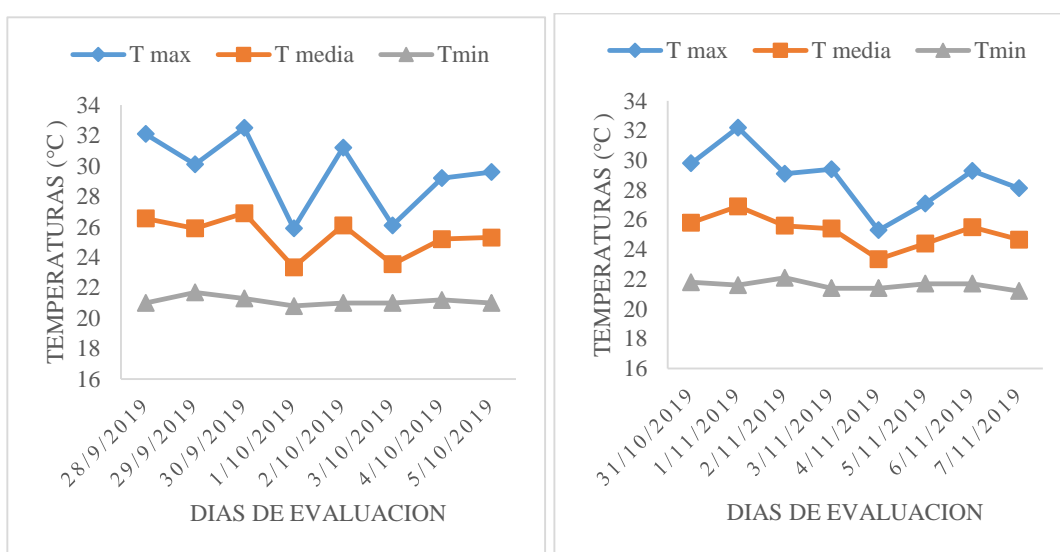
### Temperaturas obtenidas en el periodo de fertilización

Las temperaturas obtenidas en el primer ensayo fueron las siguientes; la temperatura máxima de 30.5 °C, así mismo, una temperatura media de 25.76 °C y una temperatura mínima de 21.16 °C (Figura 7 y anexo 1A).

En el segundo ensayo se obtuvieron las siguientes temperaturas; temperatura máxima fue de 29.16 °C, una temperatura media 25.41 °C y una temperatura mínima de 21.66 °C. Se

recalcan que las temperaturas obtenidas en ambos ensayos, tanto temperaturas máximas y mínimas no tuvieron diferencias significativas (Figura 7 y anexo 2A).

Según Juárez et al. (2013) mencionan que las temperaturas óptimas para una producción de Forraje Hidropónico fluctúan entre 21 °C a 28 °C, por lo que las temperaturas mínimas obtenidas en ambos ensayos (Figura 7 y anexo 1A, 2A) estuvieron aceptables a excepción de las temperaturas máximas que estuvieron altas, debido al incremento de temperaturas presentes en la época que se aplicó el ensayo.



**Figura 7.** Temperaturas obtenidas durante el periodo de fertilización en los dos ensayos entre los meses de septiembre a noviembre en el interior del invernadero.

### 3.1.1. Humedad relativa máxima y mínima

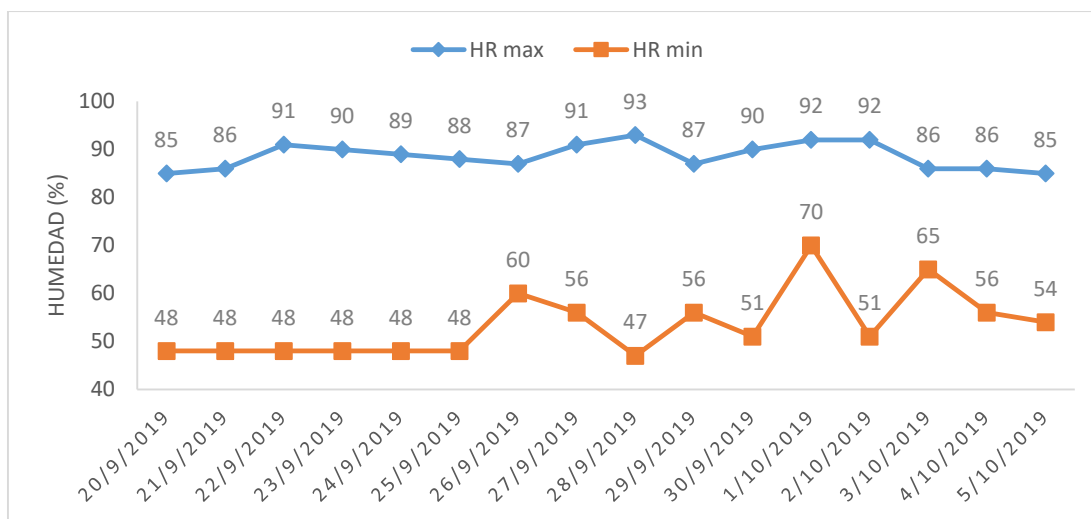
La evaluación de la humedad relativa para el primer y segundo ensayo se lo realizó en los 4 días de germinación del grano (etapa de oscuridad).

**Etapa de oscuridad:** el primer ensayo alcanzó una humedad relativa máxima (HRMax) de 85% a 91% y una humedad relativa mínima (HRmin) de 48% (Figura 8). En el segundo ensayo los valores de la humedad relativa fueron superiores al primer ensayo, alcanzando una humedad máxima entre 86% a 92% y la mínima de 54% a 61%, (Figura 9).

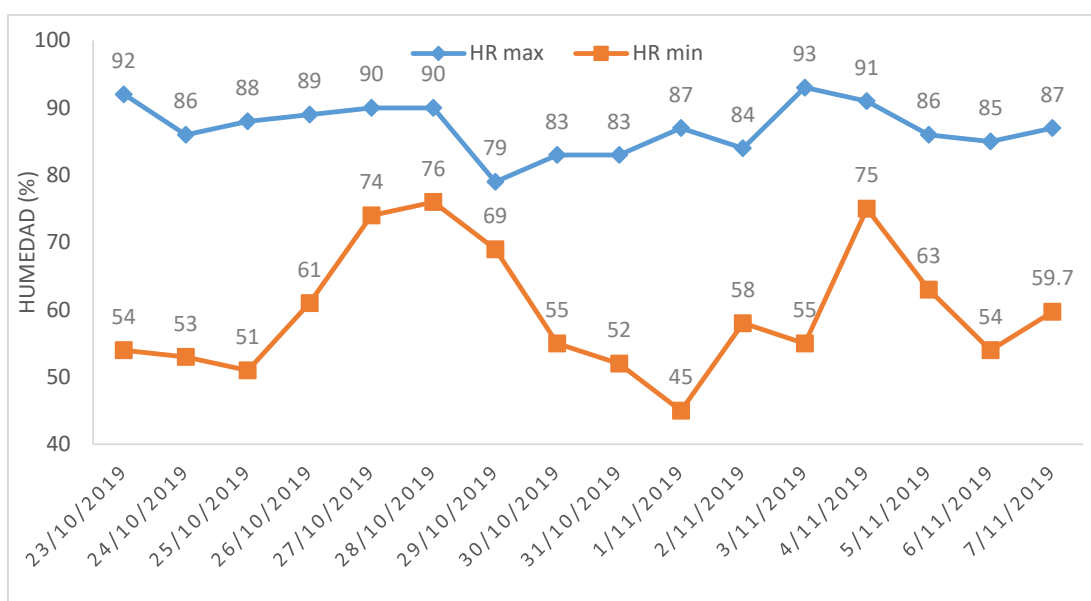
**Etapa de luz:** los resultados obtenidos en los dos ensayos fueron los siguientes, para el primer ensayo; la humedad máxima estuvo entre 87% y 91%, mientras que, en la etapa de la fertilización, lavado, secado y cosecha, se encontraron entre 85% a 82% (Tmax) y 47% a 70% (Tmin) (Figura 8).

Por otra parte, los valores obtenidos en el segundo ensayo muestran que la humedad mínima y máxima fueron 83% y 90% y en las etapas de la fertilización, lavado, secado y cosecha estuvieron entre 83% (Tmin), 91% (Tmax) (Figura 9).

Según Juárez et al. (2013) manifiesta que la humedad relativa optima para el desarrollo del cultivo no debe ser menor a 70% ni mayor a 90%, ya que puede facilitar la propagación de hongos, afectando críticamente a la planta.



**Figura 8.** Humedad relativa máximas y mínimas registradas en el interior del invernadero durante el desarrollo del forraje en el mes de septiembre 2019, correspondientes al primer ensayo en la provincia de Santa Elena.

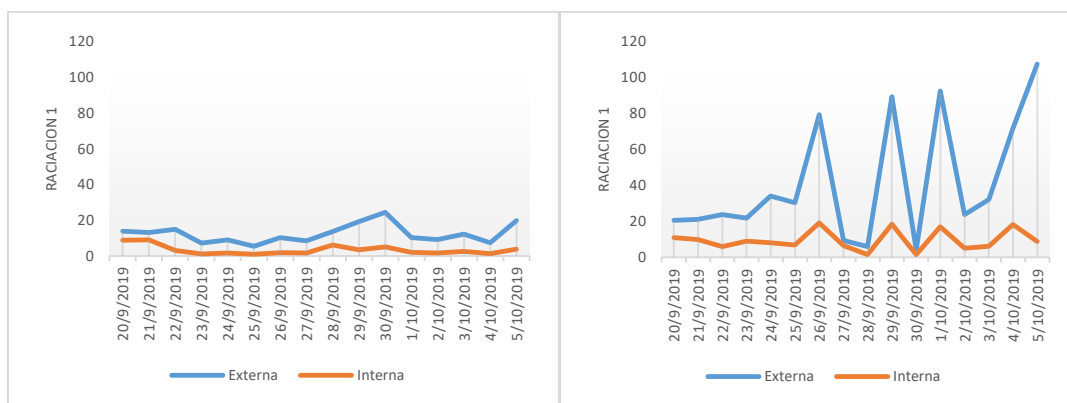


**Figura 9.** Humedad relativa máximas y mínimas registradas en el interior del invernadero durante el desarrollo del forraje en el mes de octubre 2019, correspondientes al segundo ensayo en la provincia de Santa Elena.

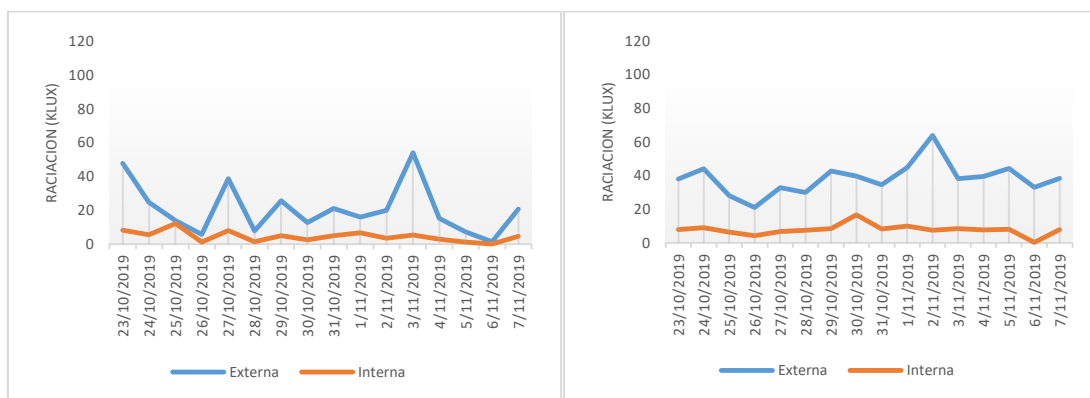
### 3.1.2. Radiación

Los valores de intensidad lumínica (Klux) fueron evaluados dentro y fuera del invernadero, haciendo dos lecturas diarias, a las ocho de la mañana y a las dos de la tarde. En el primer ensayo se obtuvo una radiación solar externa de 12.42 Klux y una radiación interna de 3.45 Klux, dichos valores corresponden a la primera evaluación realizada a las 8 de la mañana, mientras que en la evaluación realizada a las dos de la tarde se obtuvo 41.69 Klux en la parte externa y 9.60 Klux en la parte interna de la nave (Figura 10).

Lo mismo se realizó en el segundo ensayo, alcanzando una radiación externa de 20.81 Klux e interna de 4.66 Klux para la mañana (8:00 am) y la segunda evaluación a las 14:00 pm, dando una radiación externa e interna de 38.17 y 7.73 Klux (Figura 11).



**Figura 10.** Radiación solar registrada a las 8:00 y 14:00 horas durante el desarrollo del Forraje Verde Hidropónico, maíz Trueno en el mes de septiembre del 2019, en la provincia de Santa Elena.



**Figura 11.** Radiación solar registrada a las 8:00 y 14:00 horas durante el desarrollo del Forraje Verde Hidropónico, maíz Trueno en el mes de octubre del 2019, en la provincia de Santa Elena.

Según Rodríguez (2003), los rangos óptimos de luminosidad son muy variables dependiendo de la etapa del cultivo, siendo para la germinación un rango de luminosidad de 2,800 lux (2.8 Klux) a 40,000 lux (40 Klux) aunque con una luminosidad de 1 a 60 Klux se puede

producir sin ningún inconveniente, recalcando que el aporte de sombra en el invernadero es de suma importancia.

En ambos ensayos se puede constatar la gran variabilidad de radiación solar en el interior y exterior del invernadero; demostrando que la radiación solar es mayor en las tardes, por lo que se debe tener en cuenta ya que el aumento de este factor influye en la adsorción de agua y nutrientes. (Urrestarazu, 2004).

Las radiaciones obtenidas en los ensayos realizados, en ambas mediciones (Figuras 10 y 11) se encuentran dentro de los rangos mínimos permitidos, según los autores antes mencionados, los datos obtenidos no influyeron negativamente en el proceso del forraje, ya que su producción es una de las menos exigentes con respecto a la luminosidad, puesto que no llega a su etapa final de producción de grano (Rodríguez, 2003).

### 3.2. Geminación de FVH

Se realizaron dos evaluaciones en cada uno de los ensayos, obteniendo un promedio general de 96.88%, y 98.63% respectivamente. Sin embargo, el segundo ensayo obtuvo mejor promedio, a pesar de que se usó la misma variedad de semillas fueron valores diferentes esto puede ser por las diferentes temperaturas obtenidas en el túnel de polietileno en los ensayos (Tabla 15).

Se puede deducir que los porcentajes obtenidos en ambos ensayos fueron superiores a los resultados obtenidos por Tranquilino et al. (2016), quienes mencionan que alcanzaron un 80.5% de germinación, así mismo, señalan que entre mayor sea el porcentaje de germinación mejor será el rendimiento de biomasa. FAO (2001) recalca que para producción Forraje Verde Hidropónico es importante mantener las semillas en un ambiente de oscuridad óptimo que facilite la germinación hasta el tercer o cuarto día de ser retiradas del túnel y colocadas en su lugar definitivo, favoreciendo la presencia de los brotes y el desarrollo más rápido de las raíces.

**Tabla 15.** Germinación del FVH.

| Evaluaciones    | Porcentaje de germinación (%) |            |
|-----------------|-------------------------------|------------|
|                 | Ensayo # 1                    | Ensayo # 2 |
| 1               | 96.25%                        | 98.50%     |
| 2               | 97.50%                        | 98.75%     |
| <b>Promedio</b> | 96.88%                        | 98.63%     |

**Fuente:** elaboración propia.



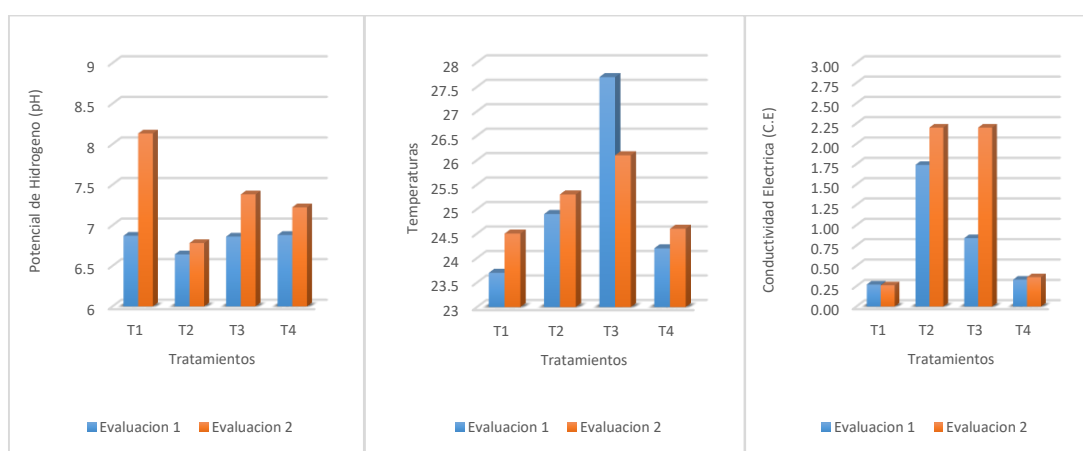
### 3.3. Soluciones fertilizantes

Se presentan los datos obtenidos en las soluciones fertilizantes aplicadas a los respectivos tratamientos, correspondientes al ensayo uno y dos. Se realizaron dos evaluaciones al inicio y al final de la etapa de fertilización, las variables a evaluar fueron: potencial de hidrogeno (pH), temperatura de la solución (Ts) y conductividad eléctrica (C.E).

**Primer ensayo:** los parámetros se encuentran dentro de los rangos permitidos, debido que se tomó en cuenta los reguladores de pH (ácido fosfórico) al momento de preparar las soluciones. El T<sub>1</sub> obtuvo un pH de 7.5, así mismo, una temperatura de 24.1 °C y una conductividad eléctrica de 0.27 dS/m, valores bastante aceptables dentro de los rangos ideales permitidos para facilitar la adsorción de nutrientes en la planta (Anexo 5A).

Para el T<sub>2</sub> se realizó la respectiva evaluación de la solución nutritiva Sonneveld, se obtuvo un potencial de Hidrogeno (pH) de 6.71, una temperatura de 25.1 °C y una conductividad eléctrica de 1.95 dS/m, dichos valores se encuentran dentro de los rangos aceptables para el cultivo de maíz hidropónico (Anexo 7A).

Así mismo, los tratamientos T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> presentaron valores similares de pH, siendo de 7.12 y 7.05 respectivamente sin embargo, la temperatura tubo un aumento significativo en el tratamiento tres (T<sub>3</sub>-Bokashi) en comparación con lo demás tratamientos, este aumento de temperatura puede ser influenciado por la capacidad microbiana que se encuentra en el abono orgánico (Anexo 7A). La Figura 12 muestra las dos evaluaciones dadas en el primer ensayo, donde la etapa final de fertilización hubo un incremento de los diferentes parámetros antes mencionados.



**Figura 12.** Dinámica de las variables evaluadas, potencial de hidrogeno (pH), temperatura (Temp), conductividad eléctrica (C.E) en los tratamientos correspondientes al primer ensayo en el mes de septiembre, en la provincia de Santa Elena.

En la evaluación inicial (figura 12), el agua se encuentra en condiciones óptimas para el cultivo, teniendo en cuenta que el pH ideal está en un rango de 5.5 a 7.0. Por lo que la FAO (2001) recalca que la temperatura del agua debe oscilar desde 15 a 25 °C, así mismo, debe tener un potencial de hidrogeno que va de 5.5 a 7, debido a que los pH mayores a 7 no resulta muy eficiente.

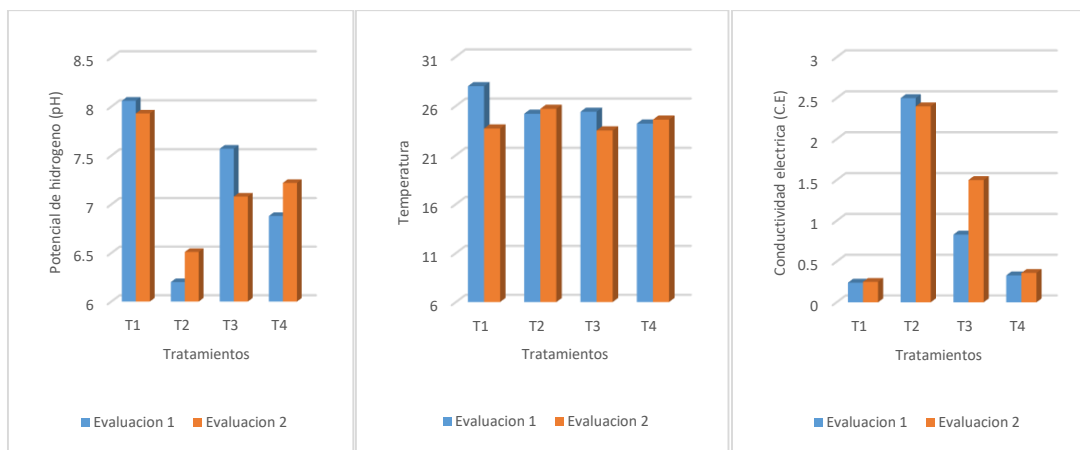
**Segundo ensayo:** El T<sub>1</sub> obtuvo un potencial de hidrogeno de 8, una temperatura de 26.3 °C y la conductividad eléctrica de 0.25 dS/m, valores bastante aceptables dentro de los rangos ideales permitidos para facilitar la adsorción de nutrientes en la planta (Anexo 5A).

Para el T<sub>2</sub> se realizó la respectiva evaluación de la solución nutritiva Sonneveld, se obtuvo un potencial de Hidrogeno (pH) de 6.36, una temperatura de 25.5 °C y una conductividad eléctrica de 2.45 dS/m, dichos valores se encuentran dentro de los rangos aceptables para el cultivo de maíz hidropónico (Anexo 5A).

Por otro lado, los tratamientos tres y cuatro presentaron valores similares de pH, siendo de 7.33 y 7.05 (T<sub>3</sub>-T<sub>4</sub>), sin embargo, las temperaturas presentaron valores similares a excepción de la conductividad eléctrica, el T<sub>4</sub> fue baja, pero cabe recalcar que esta conductividad obtenida en dicho tratamiento no presento problemas de carencia de nutrientes visibles en las plantas, durante el periodo que duro la fertilización aplicado al forraje hidropónico. (Anexo 5A).

Los parámetros antes mencionados están dentro de los rangos recomendados, tal como lo señala Rodríguez (2003), que propone los rangos adecuados, siendo la temperatura óptima para el cultivo esta de 15 °C a 27 °C, una conductividad ideal de 1.5 ms/cm a 3 ms/cm (ms/cm = dS/m) o 750 ppm a 1500 ppm, valores inferiores a estos, pueden producir carencias de minerales en las plantas, y valores por encima, pueden producir toxicidad. El potencial de hidrogeno o pH debe estar entre 5.5 como mínimo, y 6.5-7.5 como máximo, dichos rangos son los más idóneos para el normal desarrollo fisiológico del cultivo.

La Figura 13 muestra las dos evaluaciones dadas en el segundo ensayo, donde ambas etapas no tuvieron valores muy lejanos, sin embargo, la evaluación uno alcanzo mayores valores.



**Figura 13.** Dinámica de las variables evaluadas, potencial de hidrogeno (pH), temperatura (Temp), conductividad eléctrica (C.E) en los tratamientos correspondientes al segundo ensayo en el mes de octubre, en la provincia de Santa Elena.

**Nota:** se muestran los valores obtenidos en las tres variables tomadas en las soluciones, correspondientes a las dos evaluaciones al inicio y final de la etapa de fertilización.

### 3.4. Altura obtenida en la producción de FVH

La variable altura, se evaluó cada tres días, teniendo en cuenta el rápido crecimiento que presentó el híbrido “Trueno”, en total fueron cinco evaluaciones después de la etapa de germinación.

**Primer ensayo:** realizado en el mes de septiembre, en el cual, en cada evaluación el FVH iba incrementando la altura en un rango de 2 a 3 cm por día. En la última evaluación, la mayor altura lo obtuvo el T<sub>3</sub> con 23.8 cm, seguido del T<sub>1</sub> (23.6 cm), T<sub>2</sub> (23.4 cm) y el T<sub>4</sub> con (23.3 cm), sin embargo, cabe recalcar que no se presentó diferencias significativas entre ellos (Tabla 16 y anexo 6A).

**Segundo ensayo:** realizado en el mes de octubre, así mismo, en cada evaluación el FVH iba incrementando la altura en un rango de 2 a 3 cm por día. Encontrando en la última evaluación, el tratamiento que mayor altura alcanzó fue el T<sub>2</sub> con 25 cm, seguido del T<sub>4</sub> (24.3 cm), T<sub>3</sub> (24.2 cm) y el T<sub>1</sub> con (23.9 cm), cabe recalcar que no se presentó diferencias significativas entre ellos a excepción del T<sub>2</sub> que presentó significancia frente a todos (Tabla 16 y anexo 6A).

Los valores encontrados en los ensayos fueron comparados con los datos encontrados por Maldonado et al. (2013), los mismos que afirman haber obtenido 23.03 cm a los doce días de cosecha, siendo así un crecimiento estadísticamente igual a lo obtenido en los ensayos (Tabla 16). La altura recomendada para la cosecha de FVH, oscila entre los 20 a 25 cm, el

mismo, que en este punto contiene la mayor cantidad de nutrientes esenciales para ser aprovechados por el ganado, no obstante Müller et al. (2005) señalan en sus investigaciones que además de la altura optima de 25 cm, puede ser cosechado entre los 16 a 20 días.

Por otro lado, Acosta et al. (2016) obtuvieron resultados similares en cuanto a altura a los 15 y 18 días con diferentes soluciones de entre 27 y 28 cm respectivamente. Víquez and soto (2017) afirman que la utilización de soluciones fertilizantes en el forraje no es tan necesaria, al no obtener diferencias significativas entre sus tratamientos.

**Tabla 16.** Altura obtenida en las cinco evaluaciones realizadas en la producción de Forraje Verde Hidropónico (cm).

| Variable | Ensayos | Ensayo # 1 (cm)   |                   |                   |                   | Ensayo # 2 (cm)   |                   |                   |                   |
|----------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|          | Unidad  | T1                | T2                | T3                | T4                | T1                | T2                | T3                | T4                |
| Altura   | 1.EVA   | 9.7 <sup>A</sup>  | 9.5 <sup>A</sup>  | 10.1 <sup>A</sup> | 10.0 <sup>A</sup> | 10.9 <sup>A</sup> | 11.1 <sup>A</sup> | 10.9 <sup>A</sup> | 10.7 <sup>A</sup> |
|          | 2.EVA   | 14.3 <sup>A</sup> | 14.5 <sup>A</sup> | 14.7 <sup>A</sup> | 14.5 <sup>A</sup> | 15.4 <sup>A</sup> | 15.7 <sup>A</sup> | 15.7 <sup>A</sup> | 15.6 <sup>A</sup> |
|          | 3.EVA   | 18.3 <sup>A</sup> | 17.5 <sup>A</sup> | 17.9 <sup>A</sup> | 17.2 <sup>A</sup> | 18.4 <sup>A</sup> | 18.9 <sup>A</sup> | 18.4 <sup>A</sup> | 18.6 <sup>A</sup> |
|          | 4.EVA   | 21.9 <sup>A</sup> | 21.7 <sup>A</sup> | 22.0 <sup>A</sup> | 21.3 <sup>A</sup> | 21.2 <sup>A</sup> | 22.6 <sup>B</sup> | 21.9 <sup>B</sup> | 21.9 <sup>C</sup> |
|          | 5.EVA   | 23.6 <sup>A</sup> | 23.4 <sup>A</sup> | 23.8 <sup>A</sup> | 23.3 <sup>A</sup> | 23.9 <sup>A</sup> | 25.0 <sup>B</sup> | 24.2 <sup>B</sup> | 24.3 <sup>B</sup> |

**Nota:** los valores presentes en cada tratamiento representan las medias de todas las repeticiones de dicho tratamiento, así mismo las letras asignadas a cada uno representan al grupo que pertenecen según el análisis de varianza, y la prueba de rango mínimo de Duncan.

### 3.5. Rendimientos obtenidos en los ensayos de FVH (Peso fresco)

**Primer ensayo:** según el análisis de varianza los mejores rendimientos lo obtuvieron los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub>, alcanzando valores iguales (2 kg), de la misma manera los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>4</sub> alcanzaron cantidades iguales (1.9 kg). Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre ellos (Tabla 17), se obtuvo un coeficiente de variación (C.V) de 10.41% y un p-valor de <0.3486.

**Segundo ensayo:** la Tabla 17 presenta las diferencias significativas encontradas entre los tratamientos, donde el T<sub>2</sub> obtuvo el mayor rendimiento con 2.4 kg, seguido del T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> que alcanzaron la misma cantidad con 2.3 kg y el T<sub>4</sub> con 2.1 kg. Se obtuvo un coeficiente de variación (C.V) de 8.11% y un p-valor de <0.0283, por ende, hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Los rendimientos alcanzados en ambos ensayos con 500 g de semillas, son mayores a lo obtenido por Valverde et al. (2017), quienes en su investigación alcanzaron un rendimiento de 1.60 kg por unidad experimental utilizando 450 g de semillas. Según Tarrillo (2008), la

cantidad de forraje está en función a la cantidad de semillas que se puedan utilizar, ya que por cada kilogramo de semillas en un metro cuadrado se puede obtener aproximadamente seis a ocho kilogramos de forraje fresco. La germinación juega un papel muy importante en el rendimiento según Urrestarazu (2004) manifiesta que entre mayor sea el porcentaje de germinación obtenida durante el proceso, mayor será el rendimiento final en la producción de forraje verde hidropónico.

**Tabla 17.** Rendimientos obtenidos en los ensayos de Forraje Verde Hidropónico (Peso fresco Kg).

| Ensayos         | Variable         | p-valor | CV (%) | Soluciones        |                  |                   |                  |
|-----------------|------------------|---------|--------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
|                 |                  |         |        | T1                | T2               | T3                | T4               |
| <b>Ensayo 1</b> | Rendimiento (Kg) | <0.3486 | 10.41  | 2.0 <sup>A</sup>  | 1.9 <sup>A</sup> | 2.0 <sup>A</sup>  | 1.9 <sup>A</sup> |
| <b>Ensayo 2</b> |                  | <0.0283 | 8.11   | 2.3 <sup>AB</sup> | 2.4 <sup>A</sup> | 2.3 <sup>AB</sup> | 2.1 <sup>B</sup> |

**Nota:** las letras en cada uno de los tratamientos representan al grupo que pertenecen, letras iguales pertenecen al mismo grupo por lo cual no hay diferencia significativa entre tratamientos, letras diferentes pertenecen a otro grupo por lo cual si hay diferencia significativa entre los mismos.

### 3.5.1. Rendimientos obtenidos en FVH de Peso seco y porcentaje de humedad

**Primer ensayo:** según el análisis de varianza muestra que el T<sub>3</sub> obtuvo 15.01 g de peso seco con un porcentaje de humedad de 84.99%, seguido del T<sub>2</sub> con 14.49 g de PS y 85.51% de H, así mismo, el T<sub>4</sub> con 14.37 g de PS y 85.63% de H y por último el T<sub>1</sub> con 14.06 de PS y 85.944 de H (Tabla 18). Se obtuvo un CV de 10.34% y un p-Valor de <0.5975, el cual refleja que no se presentan diferencias significativas entre los tratamientos.

**Segundo ensayo:** el análisis de varianza muestra que el T<sub>4</sub> obtuvo 11.20 g de peso seco con un porcentaje de humedad de 88.80%, seguido del T<sub>1</sub> con 9.98 g de PS y 90.02% de H, así mismo, el T<sub>3</sub> con 9.84 g de PS y 90.16% de H y por último el T<sub>2</sub> con 8.86 de PS y 91.14% de H (Tabla 18). Se obtuvo un CV de 8.04% y un p-Valor de <0.0001, el cual refleja diferencias significativas entre los tratamientos.

**Tabla 18.** Rendimientos obtenidos en los ensayos de Forraje Verde Hidropónico Peso seco y porcentaje de humedad.

| Ensayos         | Variable                  | p-valor | CV (%) | Soluciones         |                    |                    |                    |
|-----------------|---------------------------|---------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                 |                           |         |        | T1                 | T2                 | T3                 | T4                 |
| <b>Ensayo 1</b> | Peso seco (g)             | <0.5975 | 10.34  | 14.06 <sup>A</sup> | 14.49 <sup>A</sup> | 15.01 <sup>A</sup> | 14.37 <sup>A</sup> |
|                 | Porcentaje de humedad (%) |         |        | 85.94 <sup>A</sup> | 85.51 <sup>A</sup> | 84.99 <sup>A</sup> | 85.63 <sup>A</sup> |
| <b>Ensayo 2</b> | Peso seco (g)             | <0.0001 | 8.04   | 9.98 <sup>B</sup>  | 8.86 <sup>C</sup>  | 9.84 <sup>B</sup>  | 11.20 <sup>A</sup> |
|                 | Porcentaje de humedad (%) |         |        | 90.02 <sup>B</sup> | 91.14 <sup>C</sup> | 90.16 <sup>B</sup> | 88.80 <sup>A</sup> |

### 3.6. Análisis de laboratorio realizados en la producción de FVH

Se realizó el análisis bromatológico al ensayo que mejores resultados presentó, el cual fue el ensayo dos dado en el mes de octubre.

#### Porcentaje de cenizas

El análisis de cenizas dio a conocer la concentración de minerales presente en el ensayo de forraje verde de cada tratamiento, encontrando que el valor más alto lo alcanzó el T<sub>2</sub> (solución nutritiva Sonneveld) con 5.99%, seguido del T<sub>3</sub> (Bokashi) con 4.43%, T<sub>1</sub> (Agua) 3.51%, por último, T<sub>4</sub> (Naturamin) con 3.37%, el cual presentan diferencias significativas, por lo que el análisis de varianza presentó un coeficiente de variación de 3.09% y un p-Valor de <0.0001, Tabla 19.

Los resultados antes mencionados son mejores a lo obtenido por Vargas (2008), quien alcanzó 2.41% de cenizas de forraje verde hidropónico de maíz, arroz, y sorgo negro forrajero; mientras que, León (2005) encontró un porcentaje de 1.84% de cenizas en su investigación realizada en forraje hidropónico de maíz en diferentes condiciones de fotoperiodo.

**Tabla 19.** Porcentaje de cenizas obtenido en los análisis bromatológicos realizados en los diferentes tratamientos en producción de Forraje Verde Hidropónico.

| Variable                  | p-valor | CV (%) | Soluciones        |                   |                   |                   |
|---------------------------|---------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                           |         |        | T1                | T2                | T3                | T4                |
| Porcentaje de cenizas (%) | <0.0001 | 3.09   | 3.51 <sup>C</sup> | 5.99 <sup>A</sup> | 4.43 <sup>B</sup> | 3.37 <sup>D</sup> |

#### Lípidos crudos (Extracto Etéreo)

El análisis de Extracto Etéreo o lípidos crudos, dio a conocer la cantidad de grasa presente en el forraje, correspondientes a cada uno de los tratamientos, teniendo un coeficiente de variación de 6.24% y un p-valor de <0.0001, observando que hay diferencia significativa entre los tratamientos, donde los mejores tratamientos fueron el T<sub>4</sub> y T<sub>3</sub> ya que alcanzaron la misma cantidad con 4.63% de E.E, seguido del T<sub>2</sub> con 4.48% y el T<sub>1</sub> con un porcentaje menor de 4.25% (Tabla 20).

Cabe mencionar que estadísticamente no hay diferencias significativas entre las medias de los tratamientos (T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>), demostrando que la utilización de soluciones nutritivas tanto inorgánicas como orgánicas no produce un aumento en porcentaje de lípidos crudos en el forraje, que la utilización únicamente de agua.

Los resultados encontrados en la investigación concuerdan con Salas *et al.* (2012), los cuales evaluaron soluciones orgánicas y químicas obteniendo porcentajes de grasas de 4.31% y 4.26% respectivamente, por ende, no obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Por otra parte, Suarez (2015), obtuvo valores superiores a este ensayo con diferentes soluciones de; 3.82 a 5.84%, sin embargo, Soto and Viquez (2018) afirman no haber obtenido diferencias significativas entre el tratamiento testigo y el tratamiento sometido a fertilización, siendo de 7.44% de grasa y con un coeficiente de variación de 4.28%, cabe recalcar que, aunque las diferencias sean mínimas entre los tratamientos, la solución orgánica tuvo un porcentaje más alto con respecto a la solución nutritiva y el agua.

**Tabla 20.** Porcentaje de Extracto Etéreo o lípidos crudos presentes en los diferentes tratamientos evaluados en los análisis bromatológicos realizados en producción de Forraje Verde Hidropónico.

| Variable               | p-valor | CV (%) | Soluciones        |                   |                   |                   |
|------------------------|---------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                        |         |        | T1                | T2                | T3                | T4                |
| Porcentaje lípidos (%) | <0.0001 | 3.38   | 4.25 <sup>B</sup> | 4.48 <sup>A</sup> | 4.63 <sup>A</sup> | 4.63 <sup>A</sup> |

### Análisis de proteínas

Los análisis obtenidos en laboratorio dieron a conocer los porcentajes de proteínas presentes en cada tratamiento, obteniendo un coeficiente de variación de; 0.94% y un p-valor de <0.0001 encontrando que hay diferencia significativa entre los tratamientos, teniendo tres grupos según la prueba de Duncan al 0.05% de probabilidad.

El tratamiento con mayor cantidad de proteínas fue el T<sub>2</sub> (solución nutritiva Sonneveld-Grupo A) con 22.13%, seguido del T<sub>3</sub> (Bokashi-Grupo B) con 18.02%. Al comparar los resultados obtenidos en la investigación con los datos que encontró Müller *et al.* (2005), en un estudio realizado a los 12 y 14 días en los cuales obtuvieron 17.4% y 13.4% respectivamente, así mismo, mencionan que entre más tiempo se demore la cosecha del forraje disminuirá su contenido de proteína bruta.

Finalmente, en el grupo C se encontraron los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>4</sub> con 17.01% y 16.91% respectivamente, como se observa no hay diferencia significativa entre los tratamientos antes mencionados, por ende, se asume que con agua o Naturamin se puede obtener resultados similares en cuanto a proteínas se refiere (Tabla 21).

Los valores obtenidos en los tratamientos correspondientes al grupo C 16.91, son inferiores a los obtenidos por Carballido (2005), quien realizó cosechas de forraje verde hidropónico a

los 12 días y obtuvo un porcentaje promedio de 18.80% de proteínas. Por otro lado, Tarrillo (2005) menciona que los rangos óptimos de porcentaje de proteína cruda (PC) de encuentran entre 12% y 25%, encontrando que los dos tratamientos se encuentran dentro de los rangos aceptados.

**Tabla 21.** Porcentaje de proteínas totales y promedios presentes en la producción de forraje verde hidropónico de maíz Trueno correspondiente a cada uno de los tratamientos.

| Variable                 | p-valor | CV (%) | Soluciones         |                    |                    |                    |
|--------------------------|---------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                          |         |        | T1                 | T2                 | T3                 | T4                 |
| Porcentaje proteínas (%) | <0.0001 | 0.94   | 17.01 <sup>C</sup> | 22.13 <sup>A</sup> | 18.02 <sup>B</sup> | 16.91 <sup>C</sup> |

La aplicación de soluciones nutritivas inorgánicas conlleva a una mayor cantidad de proteínas, así como también con resultados similares a la aplicación de fertilizantes orgánicos, las soluciones inorgánicas proporcionan una adsorción más acelerada en las plantas pero son más costosas, sin embargo, las soluciones orgánicas proporcionan cantidades similares de nutrientes y por ende, una cantidad de proteína bastante alta a un menor costo en su elaboración, siendo objeto de este estudio la aplicación de soluciones orgánicas se demuestra que su aplicación tiene resultados positivos para la producción de Forraje Verde Hidropónico siendo el Bokashi un abono orgánico fácil de hacer y barato, facilitando su implementación dentro de la producción forrajera de los agricultores de la provincia.

### **Análisis de fibras**

Los análisis realizados dieron a conocer el porcentaje de fibras en el forraje, se obtuvo un C.V de 0.77%, un p-valor <0.0001 (Tabla 22), determinando que hubo diferencia significativa entre tratamientos por lo tanto, en esta variable los tratamientos se disponen en dos grupos (Grupo A, Grupo B) teniendo en el grupo A, a los tratamientos que obtuvieron un mayor porcentaje de fibras siendo de 26.19% en el T<sub>2</sub> (solución nutritiva Sonneveld) y 26.09% en el T<sub>3</sub> (Bokashi) así mismo, se obtuvo los valores correspondientes para el grupo B con 24.33% en el T<sub>1</sub> (Agua) y 24.32% en el T<sub>4</sub> (Naturamin).

Cabe recalcar que los valores de fibras obtenidos en porcentajes son superiores a los obtenidos por Víquez and Soto (2017), en su trabajo de “efecto de la nutrición mineral sobre la producción de FVH de maíz” los cuales obtuvieron porcentajes de fibras de 19.61% en el caso del testigo y 18.95 en promedio de FB (fibra bruta).



**Tabla 22.** Porcentaje de fibras presentes en los análisis bromatológicos realizados en los diferentes tratamientos en el mes de octubre en la provincia de Santa Elena.

| Variable              | p-valor | CV (%) | Soluciones         |                    |                    |                    |
|-----------------------|---------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                       |         |        | T1                 | T2                 | T3                 | T4                 |
| Porcentaje fibras (%) | <0.0001 | 0.77   | 24.33 <sup>B</sup> | 26.18 <sup>A</sup> | 26.08 <sup>A</sup> | 24.32 <sup>B</sup> |

### Elemento Libre de Nitrógeno

El análisis de ELN dio a conocer el porcentaje de carbohidratos totales en el forraje, en el cual, se obtuvo con coeficiente de variación de 0.81% y un p-valor de <0.0001, según el análisis de varianza, obteniendo un alto nivel de significancia, así mismo, según la prueba de Duncan se realizó la comparación de medias correspondientes a tres grupos (A, B, C) perteneciendo al grupo A el T<sub>1</sub> y T<sub>4</sub> (Agua y Naturamin) con 50.90% y 50.78% respectivamente, el grupo B lo conforma el T<sub>3</sub> (Bokashi) con 46.84% de ELN, y el grupo C, el T<sub>2</sub> (solución nutritiva Sonneveld) con 41.21% de E.L.N (Tabla 23).

Los porcentajes obtenidos en esta investigación superan a los valores alcanzados por Carballo (2013) quien obtuvo porcentajes inferiores en su investigación de forraje hidropónico de 16.27% en base húmeda y 72.78% en base seca, siendo este último superior a los obtenidos en esta investigación.

**Tabla 23.** Porcentaje de Elemento Libre de Nitrógeno o Carbohidratos presentes en el forraje hidropónico correspondientes a los análisis realizados de los diferentes tratamientos.

| Variable                        | p-valor | CV (%) | Soluciones         |                    |                    |                    |
|---------------------------------|---------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                 |         |        | T1                 | T2                 | T3                 | T4                 |
| Elemento libre de nitrógeno (%) | <0.0001 | 0.81   | 50.90 <sup>A</sup> | 41.21 <sup>C</sup> | 46.84 <sup>B</sup> | 50.78 <sup>A</sup> |

Según Marco (2011) considera que un forraje de excelente calidad debe cumplir ciertos parámetros tales como un porcentaje de proteína cruda mayor al 15% y cantidades de fibras inferiores al 50% así mismo, se considera de baja calidad nutricional si posee un porcentaje de fibras mayor al 65% y un porcentaje de PC por debajo del 8%.

### 3.7. Análisis de aflatoxinas en el Forraje Verde Hidropónico

No se encontraron límites de cuantificación para los grupos AFLAG1 y AFLAG2 en ningún tratamiento, no así para los grupos AFLAB1 y AFLAB2, en el cual, el T<sub>1</sub> tuvo mayor afectación en ambos grupos siendo de 4.40 µg/kg a 10.87 µg/kg (1 µg es la millonésima parte de 1 g, es decir, 1×10<sup>-6</sup> g) y 2.00 a 6.56 µg/kg respectivamente. Así mismo, el T<sub>4</sub>

(Naturamin) también presentó afectaciones en ambos grupos siendo de 2.19 a 3.69  $\mu\text{g}/\text{kg}$  y 1.65 a 1.90  $\mu\text{g}/\text{kg}$  respectivamente.

Por otra parte, el T<sub>3</sub> (Bokashi) no mostró incidencias de aflatoxinas a excepción de una de sus repeticiones, siendo valores mínimamente bajos a los valores permitidos, siendo 3.48  $\mu\text{g}/\text{kg}$  y 1.80  $\mu\text{g}/\text{kg}$  respectivamente. En cuanto a la solución nutritiva T<sub>2</sub> no presentó presencia de aflatoxinas en ninguno de los grupos antes mencionados, esto se debe a la composición química de la solución nutritiva la cual es muy balanceada en los nutrientes que la componen, manteniendo en equilibrio los elementos y brindando una mayor inmunidad a las plantas, tal como se presenta en el anexo de la tabla 7A.

Según Samaniego et al. (2018) mencionan que el método analítico que propusieron es selectivo y no mostró ninguna interferencia en cuanto al análisis de los cuatro grupos principales de aflatoxinas (G1, G2, B1, B2) en los cuales afirman a ver obtenidos límites de detección que van entre 0.17 a 0.36  $\mu\text{g}/\text{kg}$  y 0.29 a 1.20  $\mu\text{g}/\text{kg}$  respectivamente, dichos valores son inferiores a los obtenidos en este ensayo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### *Conclusiones*

El efecto de las soluciones fertilizantes aplicadas no fue significativo en el primer ensayo en cuanto al rendimiento o cantidad de biomasa en el forraje verde hidropónico quedando por debajo de los 2 kilogramos, sin embargo, el ensayo dos estadísticamente presentó diferencias significativas, el T<sub>2</sub> (Solución nutritiva Sonneveld) fue quien alcanzó un rendimiento de 2.4 kg, siendo superior a los rendimientos del primer ensayo.

El mayor porcentaje de proteínas lo obtuvo el T<sub>2</sub> (Solución nutritiva Sonneveld) con 22.13%, seguido del T<sub>3</sub> (Bokashi) con 18.02%, encontrando diferencias significativas entre tratamientos así mismo, el T<sub>1</sub> y T<sub>4</sub> (Agua, Naturamin) con 17.01% y 16.91% respectivamente, en base a los resultados obtenidos se concluye que hay un aumento significativo con la aplicación de solución nutritiva Sonneveld y valores similares con la aplicación de Bokashi en comparación con los otros tratamientos.

No se encontró afectaciones por aflatoxinas en los tratamientos evaluados en cuanto al grupo AFLAG1 y AFLAG2, por otra parte, en los grupos AFLAB1 y AFLAB2 los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>4</sub> presentaron mayor incidencia por aflatoxinas obteniendo el T<sub>1</sub> 10.87 y 6.56 µg/kg y el T<sub>4</sub> con 3.69 y 1.90 µg/kg respectivamente, el T<sub>3</sub> (Bokashi) no mostró incidencias de aflatoxinas a excepción de una de sus repeticiones, siendo 3.48 µg/kg (AFLAB1) y 1.80 µg/kg (AFLAB2). En cuanto a la solución nutritiva T<sub>2</sub> no presentó presencia de aflatoxinas en ninguno de los grupos antes mencionados, en base a esto se concluye que ninguno de los tratamientos presentó límites de cuantificación por encima de los establecidos.

## ***Recomendaciones***

Se recomienda al agricultor optar por el uso de una fertilización más económica y orgánica basada en Bokashi teniendo en cuenta que la calidad del forraje aumenta significativamente con dicha aplicación.

Continuar con la investigación experimentando con diferentes tipos de biofertilizantes foliares como Bioles, Compost, Lombricompost entre otras alternativas orgánicas.

Para futuras investigaciones es recomendable alargar el periodo de fertilización, aunque no se obtiene diferencias significativas destacables en cuanto al rendimiento, si se logra un mayor porcentaje de proteínas y una mejor calidad de forraje.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, J., Hurtado, A., Arango, O., Álvarez, D. and González, C. (2013) 'Efecto de abonos orgánicos a partir de subproductos del fique en la producción de maíz', *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), pp. 94–102.

Acosta, N., Lima, R., Castro, A., Avellaneda, J. and Suarez, Y. (2016) 'Evaluación de diferentes sistemas de producción de biomasa hidropónica de maíz', Universidad Estatal Península de Santa Elena, *Centro Agrícola*, 43(4), pp. 57–66.

Acosta, N., Lima, R., Avellaneda, J. and Mirabá, C. (2016) 'Degradabilidad ruminal y digestibilidad fecal del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea maíz*) en caprinos criollos en Santa Elena, Ecuador', *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50(1), pp. 71–75.

Acosta, R. (2009) 'El Cultivo Del Maíz, Su Origen y Clasificación. El maíz en Cuba, cultivos tropicales', *Instituto nacional de ciencias agrícolas*, 30(2), pp 113–120.

Agripac. (2015) *insumos agrícolas y pecuarios*.

Disponible en: [www.agripac.com](http://www.agripac.com).

Consultado: 20/11/2020.

Amaruques. (2015) 'Ficha técnica del Producto Naturamin'. Producto ecológico.

Aguirre, C., Abarca, R., Mora, D., Silva, L. and Olguin, J. (2014) *Producción de forraje verde hidropónico FVH*, Chile: Centro regional Rayentue, s,n, pp 2.

Aquino, M. (2014) *Manual de Hidroponía*. México, s.n., pp. 7-11.

Beltrano, J. & Giménez, D. 2015. *Libros de Cátedra: Cultivo en hidroponía* (Primera edición). Argentina: UNL.

Carlos, J., 2001. *Cultivos hidropónicos nuevas técnicas de producción*. Quinta edición ed. Barcelona: Mundi Prensa.

Caicedo Coello, N. C. (2017) *Evaluación de la producción de biomasa y composición nutricional de dos variedades de pastos *Penisetum sp.*, para corte en el Cantón Esmeraldas. Guayaquil, Ecuador*. Trabajo de titulación. Universidad católica de Santiago de Guayaquil.

Capa Astudillo, J. J. (2014) *Determinacion de la prefactilidad de forraje verde hidropónico de maiz como una alternativa dentro de la agricultura como alimento pecuario en el canton pasaje, provincia del Oro*. Trabajo de titulación. Universidad tecnica de Machala.

Carballido, C. (2005) Forraje verde hidropónico. Artículos silvoagropecuarios Chile Disponible en: <http://www.ofertasagricolas.cl/articulos/88>. Consultado el 15/06/2020.

Carballo, M. (2005) *Manual de procedimiento para la produccion de forraje verde hidropónico*, Isla del Carmen: s.n.

Carballo, C. (2013) Manual de procedimientos para la producción de forraje verde hidropónico' Retorno isla del Carmen, Sinaloa, s, n.

Contreras, J., Tumque, M. and Cordero, G. (2015) 'Rendimiento Hidropónico de la Arveja con Cebada y Trigo en la Producción de Germinados', *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, 26(1), pp. 9–19.

Cruz, A. (2016) 'Evaluación de tres variedades del cultivo de lechuga (*lactuca sativa* l.) en dos sistemas de hidroponía bajo ambiente semi controlado en el centro experimental chocloca', *Ventana científica*, 7(12), pp. 31–39.

Cruz, A., Domínguez, G. and Mendoza, M. (2015) 'Efecto de bocashi y fertilizantes de liberación lenta en algunas propiedades de suelos con maíz', *Revista de México Ciencias Agrícolas*, 6(6), pp.217–222.

Deras, F. H. (2010) 'Guía Técnica del Cultivo de Maíz'. México D.F.

Diario El Telégrafo. (2015) 'El Maíz una alternativa alimenticia para el ganado'.

Días, E. and Guzmán, M. (2014) 'Características de los fertilizantes para su uso en fertirrigacion', *Tecnologías y programación en agroplasticultura*, 1(1), pp.191–202.

Elizardo, J. and Boshini, C. (2002) *Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido*. Trabajo de titulación. Universidad de Costa Rica Costa rica.

FAO, (2001) forraje verde hidropónico. Manual técnico. Mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en los centros de desarrollo infantil del INNFA. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.

Favela, E., Preciado, P. and Benavides, A. (2006) 'Manual para la preparación de soluciones nutritivas'. Departamento de horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Fernández, R. (2002) 'Principales micotoxicosis en el ganado ovino. Departamento de patología animal. Facultad de veterinaria', *Zaragoza*, 3(3), pp. 8–13.

Fernández, A. (2017) *Desarrollo de nuevas metodologías analíticas para evaluar la incidencia y la estabilidad de micotoxinas del género Fusarium en forrajes de maíz ensilados*. Proyecto de titulación, Universidad de Santiago de Compostela.

García, M., Salas, L., Esparza, J., Preciado, P. and Romero, J. (2013) 'Producción y calidad fisicoquímica de leche de cabras suplementadas con forraje verde hidropónico de maíz', *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), pp. 169–176.

Gonzales Osvaldo, C. E. (2009) *Metodología para el control de hongos y bacterias en sistemas de producción de forraje verde hidropónico*. Trabajo de investigación. Centro de investigación de química aplicada, México.

Hernández, M. Leos, J., Preciado, P., Orona, I., García, J. and Orosco, J. (2009) 'Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo, Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo Chapingo México', *Tierra Latinoamérica*, 27(4), pp. 329–336.

Hidalgo, M., 1985. *Produccion de forraje en condiciones de hidroponia, y evaluacion preliminar en avena y trigo*, Chile: s.n.

INAMHI. (2019) *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*.

Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Consultado: 18/09/2020.

INEC. (2017) *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*.

Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>

Consultado: 15/09/2020.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 2006. *Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional*. Libro Técnico. Ed. INIFAP. Torreón, Coah., México.

Jacobson, A., 2016 *Guía esencial de hidroponía: la guía paso a paso de jardinería hidropónica para cultivar frutas, verduras y hierbas en el hogar (hidroponía para principiantes, granjas y cultivadores domésticos)* 2da edición, Estados Unidos

Juárez, P., Morales, H., Sandoval, M., Gómez, A., Cruz, E., Juárez, C., Aguirre, J., Alejo, G. and Ortiz, M. (2013) 'Producción de forraje verde hidropónico, campus-montecillo', *Revista fuente nueva época*, 4(13), pp 19–22.

Jurado, P., Lara, C. & Saucedo, R., 2014. *Paquete tecnológico para la producción de maíz forrajero*. Primera edición 2014 ed. Chihuahua: s.n.

León, S. (2005) *Efecto del fotoperiodo de maíz con diferentes soluciones nutritivas para la alimentación de conejos en el periodo de engorde*. Tesis de grado. Escuela superior del Chimborazo.

López. (2013) rendimiento de biomasa en comparación con la alfalfa y conversión de semillas a forraje, s, n.

Maldonado, R., Álvarez, M., Cristóbal, A. and Ríos, E. (20013) 'Nutrición mineral de forraje verde hidropónico, México', *Universidad autónoma Chapingo, Departamento de suelos*, 19(2), pp 211–223.

Marco, O. (2011) *Estimación de la Calidad de los Forrajes*. Trabajo de titulación. Facultad de Ciencias Agrarias. Unidad Integrada Balcarce INTA Balcarce. Argentina. 20(240), pp 24–30.

Martínez, L., 2005 *Producción de forraje verde hidropónico*, s, n.

Mazzani, C., Borges, O., Luzon, O., Berrientos, V. and Quijada, P. (2000) 'Fusarium moniliforme, fumonisinas y *Aspergillus flavus* en granos híbridos de maíz en el estado Guárico, Venezuela', *Revista. Facultad. Agronomía. (LUZ)*, 17(1), pp. 185–195.

Mena, F. (2010) *Evaluación de cuatro híbridos de maíz forrajero (Zea mays) en la comuna de Futrono*. Valdivia Chile: s.n.

Mera Zambrano, A. E. (2018) *Evaluación hidropónica de dos variedades de Zea mays (Maíz) valorando tiempos y enraizadores orgánicos e inorgánicos*. Trabajo de titulación. Universidad estatal del sur de Manabí.



Mirabá Rosales, C. C. (2015) *Cinética de degradación y digestibilidad del forraje verde hidropónico de maíz (Zea maíz) en cabras criollas en Santa Elena, Ecuador*. Proyecto de Titulación. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal de Santa Elena.

Müller, L., Marfron, P., Santos, O., Medeiros, S., Haunt, V., Dourado, D., Binotto, E. and Bandeira. (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*, 23(2), pp. 105–119.

Mora, E., Medina, J. and Benavides, B. (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.

Ordaz, A., Castillo, G. and Pavía, Y. (2011) 'Soluciones nutritivas para inducir cambios de concentración de N, P, K en plantas de mango. México', *Revista Ciencias Agrícolas*, 2(1), pp. 867–883.

Ospina, R., 2015 *Manual técnico del cultivo de maíz bajo buenas prácticas agrícolas*, colombia: Fotomontajes S.A.S.

Ortega, P. (2012) *Producción de Bokashi sólido y líquido*. Trabajo de titulación. Universidad de Cuenca. Facultad de ciencias Agropecuaria, pp: 33–38.

Peña, A., Núñez, G. & González, F., 2002. *Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación con atributos agronómicos con la calidad*. México: INIFAP.

Ramírez, V. and Soto, F. (2017) 'Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz', *Agronomía Costarricense*, 41(2), pp. 79–91.

Rodríguez Caiche, O. F. (2017) *Plan de negocios para una empresa productora y comercializadora de forraje verde hidropónico (FVH), para alimentación de ganado caprino en la parroquia Colonche, cantón Santa Elena*. Trabajo de titulación. Facultad de ciencias agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Rodríguez, A. C., 2003. *Forraje verde hidropónico. Como producir con facilidad, rapidez y óptimos resultados*. Primera Edición. Editorial DIANA. México D. F.

Rodríguez, S. 2003 *Forraje verde hidropónico*. Universidad Agraria la Molina. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, Departamento de Biología. Lima Perú.

Salas, L., Espinosa, J., Preciado, P., Álvarez, V., Meza, J., Velázquez, J. and Murillo, M. (2012) ‘Rendimiento, calidad nutricional, contenido fenólico y capacidad antioxidante de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) producido en invernadero bajo fertilización orgánica’, *Interciencia*, 37(3), pp.215–220.

Samaniego, I., Espín, H., Villavicencio, J., Ortiz, B. and Zambrano, J. (2018) ‘Evaluación por la contaminación por aflatoxinas B1, B2, G1, y G2 en maíz amarillo duro’ Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Nutrición y Calidad. Panamericana Sur km. 1, Quito-Ecuador.

Sancho, J., Casanova, C., Garre, J. and Cunill, M. (1995) ‘Identificación y semicuantificación de aflatoxinas en maíz y alimentos’, *Revista Tecnológica de Los Alimentos*, 45–46.

Soto, F. and Víquez, C. (2018) ‘Efecto de la nutrición mineral en el rendimiento y las características bromatológicas del forraje verde hidropónico de maíz. Costa Rica’, *Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, pastos y forrajes*, 41(2), pp.

Suarez Reyes, Y. G. (2015) *Efecto de soluciones nutritivas y tiempos de cosecha en el rendimiento y calidad nutricional del forraje verde hidropónico de maíz (Zea maíz). En Santa Elena*. Trabajo de titulación. Facultad de ciencias agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Steiner A. (1961) Método universal para la preparación nutrimental de soluciones nutritivas. *Plan soil*, 15(1), pp. 104–154.

Tarrillo, H. (2008) *Forraje Verde Hidropónico*.

Disponible en: [www.forrajehidroponico.com](http://www.forrajehidroponico.com)

Consultado: 17/10/2020.

Tranquilino, M., González, S., Moreno, S., Valente, F., Parra, B. and Díaz, F. (2016) ‘Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas, Nayarit, México’, *Revista Abanico Veterinario*, 6(1), pp. 29–34.

Urrestarazu, M.G., 2004. *Tratado de cultivo sin suelo*. Tercera edición., España: Mundi-Prensa.

Urrestarazu, M.G., 2015. *Manual práctico del cultivo sin suelo e Hidroponía*. Primera edición., España: Mundi-prensa.

Vargas, R. (2008) 'Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz, y sorgo forrajero. Cota Rica', *Revista de Agronomía Mesoamericana*, 19(2), pp. 233–240.

Valdivia, E., 1996. *Producción de forraje verdes Hidropónicos*. Curso taller Internacional de Hidroponía. Lima, Perú.

Valverde, A., Mera, A., Castro, C. and Ortega, J. (2017) 'Producción de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) utilizando fertilizantes químicos y orgánicos', *La Paz*, 5(2), pp, s, n.

Viquez, C. and Soto, F. (2017) 'Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz' Colegio de ingenieros agrónomos, Universidad de costa rica.

Yáñez, C., Zambrano, J., Caicedo, M. and Heredia, J., 2013. *Guía de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras*. Quito, Ecuador. INIAP, Programa de Maíz, 28p, (Guía No 96)

# AneXos

**Tabla 1A.** Mediciones climáticas evaluadas en el interior y exterior del invernadero correspondiente al primer ensayo.

| <b>Hora</b>       | <b>8:00 horas</b> |             |               |               |                 |                 |             |                |               |               |                 |                 | <b>14:00 horas</b> |                 |
|-------------------|-------------------|-------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| <b>Fecha</b>      | <b>Exterior</b>   |             |               |               |                 | <b>Interior</b> |             |                |               |               |                 |                 | <b>Exterior</b>    | <b>Interior</b> |
|                   | <b>T Max</b>      | <b>Tmin</b> | <b>HR Max</b> | <b>HR min</b> | <b>RAD klux</b> | <b>T Max</b>    | <b>Tmin</b> | <b>T media</b> | <b>HR Max</b> | <b>HR min</b> | <b>HR media</b> | <b>RAD Klux</b> | <b>RAD Klux</b>    | <b>RAD Klux</b> |
| <b>20/09/2019</b> | 31.5              | 18.3        | 90            | 48            | 13.9            | 26.8            | 18.3        | 22.55          | 85            | 48            | 66.5            | 8.9             | 20.5               | 11              |
| <b>21/09/2019</b> | 30.5              | 17.5        | 90            | 48            | 13.1            | 25.8            | 18          | 21.9           | 86            | 48            | 67              | 9.1             | 21.2               | 10              |
| <b>22/09/2019</b> | 26.4              | 18.2        | 91            | 48            | 14.97           | 28.2            | 18.3        | 23.25          | 91            | 48            | 69.5            | 3.07            | 23.7               | 6.06            |
| <b>23/09/2019</b> | 24.9              | 18.2        | 90            | 48            | 7.26            | 25.3            | 18.3        | 21.8           | 90            | 48            | 69              | 1.26            | 21.8               | 9.02            |
| <b>24/09/2019</b> | 24.5              | 18.2        | 89            | 48            | 9.04            | 25.1            | 18.3        | 21.7           | 89            | 48            | 68.5            | 1.67            | 34.1               | 8.07            |
| <b>25/09/2019</b> | 26.2              | 18.2        | 88            | 48            | 5.4             | 27.6            | 18.3        | 22.95          | 88            | 48            | 68              | 0.96            | 30.4               | 6.89            |
| <b>26/09/2019</b> | 26.4              | 21          | 87            | 60            | 10.24           | 27.8            | 20.9        | 24.35          | 87            | 60            | 73.5            | 1.86            | 79.3               | 19.1            |
| <b>27/09/2019</b> | 27.4              | 20.3        | 91            | 56            | 8.56            | 29.7            | 20.6        | 25.15          | 91            | 56            | 73.5            | 1.78            | 9.43               | 6.5             |
| <b>28/09/2019</b> | 29.1              | 20.6        | 93            | 47            | 13.64           | 32.1            | 21          | 26.55          | 93            | 47            | 70              | 12.2            | 6.03               | 1.56            |
| <b>29/09/2019</b> | 28.7              | 21.7        | 87            | 56            | 19.2            | 30.1            | 21.7        | 25.9           | 87            | 56            | 71.5            | 3.48            | 89.1               | 18.5            |
| <b>30/09/2019</b> | 29.5              | 21.2        | 90            | 51            | 24.4            | 32.5            | 21.3        | 26.9           | 90            | 51            | 70.5            | 5.21            | 4.31               | 1.53            |
| <b>01/10/2019</b> | 24.9              | 20.8        | 92            | 70            | 10.25           | 25.9            | 20.8        | 23.35          | 92            | 70            | 81              | 2.08            | 92.3               | 16.96           |
| <b>02/10/2019</b> | 28.6              | 21          | 92            | 51            | 9.18            | 31.2            | 21          | 26.1           | 92            | 51            | 71.5            | 1.73            | 23.8               | 5.13            |
| <b>03/10/2019</b> | 24.6              | 21          | 86            | 65            | 12.33           | 26.1            | 21          | 23.55          | 86            | 65            | 75.5            | 2.63            | 32.2               | 6.15            |
| <b>04/10/2019</b> | 28                | 21.3        | 86            | 56            | 7.42            | 29.2            | 21.2        | 25.2           | 86            | 56            | 71              | 1.4             | 71.6               | 18.22           |
| <b>05/10/2019</b> | 27.6              | 21          | 85            | 54            | 19.8            | 29.6            | 21          | 25.3           | 85            | 54            | 69.5            | 3.94            | 107.3              | 8.84            |
| <b>Promedios</b>  | 27.43             | 19.91       | 89.19         | 53.38         | 12.42           | 28.31           | 20.00       | 24.16          | 88.63         | 53.38         | 71.00           | 3.83            | 41.69              | 9.60            |

**Tabla 2A.** Mediciones climáticas evaluadas en el interior y exterior del invernadero correspondiente al segundo ensayo.

| <b>Hora</b>       | <b>8:00 horas</b> |             |               |               |                 |                 |             |                |               |               |                 |                 | <b>14:00 horas</b> |                 |
|-------------------|-------------------|-------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| <b>Fecha</b>      | <b>Exterior</b>   |             |               |               |                 | <b>Interior</b> |             |                |               |               |                 |                 | <b>Exterior</b>    | <b>Interior</b> |
|                   | <b>T max</b>      | <b>Tmin</b> | <b>HR max</b> | <b>HR min</b> | <b>RAD klux</b> | <b>T max</b>    | <b>Tmin</b> | <b>T media</b> | <b>HR max</b> | <b>HR min</b> | <b>HR media</b> | <b>RAD Klux</b> | <b>RAD Klux</b>    | <b>RAD Klux</b> |
| <b>23/10/2019</b> | 27.2              | 20.1        | 92            | 54            | 47.8            | 28.2            | 20.2        | 24.2           | 92            | 54            | 73              | 8.34            | 37.8               | 7.82            |
| <b>24/10/2019</b> | 27.9              | 19.9        | 86            | 53            | 24.7            | 29.8            | 19.9        | 24.85          | 86            | 53            | 69.5            | 5.55            | 44                 | 8.98            |
| <b>25/10/2019</b> | 29.4              | 20.6        | 88            | 51            | 13.92           | 30.2            | 19.5        | 24.85          | 88            | 51            | 69.5            | 12.2            | 27.9               | 6.22            |
| <b>26/10/2019</b> | 25.8              | 21.3        | 89            | 61            | 5.8             | 27.2            | 20.2        | 23.7           | 89            | 61            | 75              | 1.26            | 20.9               | 4.12            |
| <b>27/10/2019</b> | 24                | 21.3        | 90            | 74            | 38.7            | 24.4            | 21          | 22.7           | 90            | 74            | 82              | 8.11            | 32.65              | 6.7             |
| <b>28/10/2019</b> | 24.8              | 22          | 90            | 76            | 7.93            | 25.7            | 21.3        | 23.5           | 90            | 76            | 83              | 1.53            | 29.8               | 7.35            |
| <b>29/10/2019</b> | 24.2              | 23.3        | 79            | 69            | 25.7            | 26.2            | 22.1        | 24.15          | 79            | 69            | 74              | 5.01            | 42.6               | 8.37            |
| <b>30/10/2019</b> | 26                | 20.5        | 89            | 69            | 12.84           | 29.1            | 21.5        | 25.3           | 83            | 55            | 69              | 2.64            | 39.6               | 16.63           |
| <b>31/10/2019</b> | 27.9              | 21.9        | 83            | 52            | 21.1            | 29.8            | 21.8        | 25.8           | 83            | 52            | 67.5            | 5.05            | 34.4               | 8.2             |
| <b>01/11/2019</b> | 29.9              | 21.4        | 87            | 45            | 15.9            | 32.2            | 21.6        | 26.9           | 87            | 45            | 66              | 6.7             | 44.7               | 9.85            |
| <b>02/11/2019</b> | 27.8              | 22          | 84            | 58            | 19.98           | 29.1            | 22.1        | 25.6           | 84            | 58            | 71              | 3.53            | 63.7               | 7.42            |
| <b>03/11/2019</b> | 27.8              | 21.3        | 93            | 55            | 53.9            | 29.4            | 21.4        | 25.4           | 93            | 55            | 74              | 5.47            | 38                 | 8.33            |
| <b>04/11/2019</b> | 24.9              | 21.3        | 91            | 75            | 15.15           | 25.3            | 21.4        | 23.35          | 91            | 75            | 83              | 3.05            | 39.4               | 7.61            |
| <b>05/11/2019</b> | 25.8              | 24.2        | 86            | 63            | 7.23            | 27.1            | 21.7        | 24.4           | 86            | 63            | 74.5            | 1.33            | 44.1               | 8.1             |
| <b>06/11/2019</b> | 26.9              | 21.8        | 85            | 54            | 1.53            | 29.3            | 21.7        | 25.5           | 85            | 54            | 69.5            | 0.13            | 33                 | 0.29            |
| <b>07/11/2019</b> | 26.6              | 21.6        | 87.4          | 60.6          | 20.8            | 28.12           | 21.2        | 24.66          | 87            | 59.7          | 73.35           | 4.66            | 38.17              | 7.73            |
| <b>Promedios</b>  | 26.68             | 21.53       | 87.46         | 60.60         | 20.81           | 28.20           | 21.16       | 24.68          | 87.06         | 59.67         | 73.37           | 4.66            | 38.17              | 7.73            |

**Tabla 3A.** Promedios de temperaturas en las diferentes etapas de producción de Forraje Verde Hidropónico en los meses septiembre y octubre.

| Periodos         | Ensayo 1 (°C) |       |         | Ensayo 2 (°C) |       |         |
|------------------|---------------|-------|---------|---------------|-------|---------|
|                  | T Max         | Tmin  | T media | T Max         | Tmin  | T media |
| P. Germinación   | 26.53         | 18.23 | 22.38   | 28.85         | 19.95 | 24.40   |
| P. Luminosidad   | 27.55         | 19.53 | 23.54   | 26.05         | 21.98 | 24.01   |
| P. Fertilización | 30.36         | 21.16 | 25.76   | 29.16         | 21.66 | 25.41   |
| Cosecha          | 28.30         | 21.07 | 24.68   | 28.17         | 21.53 | 24.85   |

**Tabla 4A.** Promedios de humedad relativa máxima, mínima y medias correspondientes a los dos ensayos en la producción de Forraje Verde Hidropónico en los meses de septiembre y octubre.

| Periodos         | Ensayo 1 (%) |        |          | Ensayo 2 (%) |        |          |
|------------------|--------------|--------|----------|--------------|--------|----------|
|                  | HR Max       | HR min | HR media | HR Max       | HR min | HR media |
| P. Germinación   | 88.0         | 48.0   | 68.0     | 88.8         | 54.8   | 71.8     |
| P. Luminosidad   | 88.8         | 53.0   | 70.9     | 85.5         | 68.5   | 77.0     |
| P. Fertilización | 90.8         | 55.0   | 72.9     | 91.0         | 75.0   | 83.0     |
| Cosecha          | 85.7         | 58.3   | 72.0     | 86.0         | 58.9   | 72.5     |

**Tabla 5A.** Promedios correspondientes a los parámetros de las soluciones fertilizantes.

| Variables   | Ensayos<br>Unidad | Ensayo # 1 |      |      |      | Ensayo # 2 |      |      |      |
|-------------|-------------------|------------|------|------|------|------------|------|------|------|
|             |                   | T1         | T2   | T3   | T4   | T1         | T2   | T3   | T4   |
| Temperatura | °C                | 24.1       | 25.1 | 26.9 | 24.4 | 26.3       | 25.5 | 24.5 | 24.4 |
| pH          | -                 | 7.5        | 6.71 | 7.12 | 7.05 | 8.00       | 6.36 | 7.33 | 7.05 |
| C.E         | ms                | 0.27       | 1.97 | 1.52 | 0.35 | 0.25       | 2.45 | 1.17 | 0.35 |

**Tabla 6A.** Altura final obtenida en ambos ensayos de producción de forraje hidropónico.

| Ensayos  | Variable    | p-valor | CV (%) | Soluciones        |                   |                   |                   |
|----------|-------------|---------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|          |             |         |        | T1                | T2                | T3                | T4                |
| Ensayo 1 | Altura (cm) | <0.8283 | 5.27   | 23.6 <sup>A</sup> | 23.4 <sup>A</sup> | 23.8 <sup>A</sup> | 23.3 <sup>A</sup> |
| Ensayo 2 |             | <0.0001 | 2.27   | 23.9 <sup>A</sup> | 25.0 <sup>B</sup> | 24.2 <sup>B</sup> | 24.3 <sup>B</sup> |

**Tabla 7A.** Análisis de aflatoxinas obtenidos en la producción de forraje verde hidropónico.

|                | <b>G1</b>            | <b>G2</b>      | <b>B1</b>      | <b>B2</b>      | <b>Indicador</b>    |
|----------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|
| <b>METODO</b>  | <b>Fluorescencia</b> |                |                |                |                     |
| <b>Unidad</b>  | <b>(µg/kg)</b>       | <b>(µg/kg)</b> | <b>(µg/kg)</b> | <b>(µg/kg)</b> | <b>Tratamientos</b> |
| <b>20-0188</b> | <LC                  | <LC            | 2,79           | 2,00           | T1R1                |
| <b>20-0189</b> | <LC                  | <LC            | 4,40           | 2,53           | T1R2                |
| <b>20-0190</b> | <LC                  | <LC            | 10,87          | 6,56           | T1R3                |
| <b>20-0191</b> | <LC                  | <LC            | <LC            | <LC            | T2R1                |
| <b>20-0192</b> | <LC                  | <LC            | <LC            | <LC            | T2R2                |
| <b>20-0193</b> | <LC                  | <LC            | <LC            | <LC            | T2R3                |
| <b>20-0194</b> | <LC                  | <LC            | 3,48           | 1,80           | T3R1                |
| <b>20-0195</b> | <LC                  | <LC            | <LC            | <LC            | T3R2                |
| <b>20-0196</b> | <LC                  | <LC            | <LC            | <LC            | T3R3                |
| <b>20-0197</b> | <LC                  | <LC            | 3,69           | 1,67           | T4R1                |
| <b>20-0198</b> | <LC                  | <LC            | 2,50           | 1,90           | T4R2                |
| <b>20-0199</b> | <LC                  | <LC            | 2,19           | 1,65           | T4R3                |





**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Telef: 052 783044 suelos.etp@iniap.gob.ec

**REPORTE DE ANALISIS DE AGUAS**

|                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p align="center"><b>DATOS DEL PROPIETARIO</b></p> <p>Nombre : Universidad Estatal de la Península de Sta. Elena<br/>         Dirección :<br/>         Ciudad : Santa Elena<br/>         Teléfono :<br/>         Fax :</p> | <p align="center"><b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b></p> <p>Nombre : Universidad de Santa Elena<br/>         Provincia : Península de Santa Elena<br/>         Cantón : Santa Elena<br/>         Parroquia :<br/>         Ubicación :</p>                 |
| <p align="center"><b>DATOS DEL LOTE</b></p> <p>Superficie :<br/>         Identificación : Muestra 1</p>                                                                                                                    | <p align="center"><b>PARA USO DEL LABORATORIO</b></p> <p>N° Reporte : 905<br/>         N° Muestra Lab. : 1956<br/>         Fecha de Muestreo : 25/08/2016<br/>         Fecha de Ingreso : 25/08/2016<br/>         Fecha de Reporte : 05/09/2016</p> |

| Parámetro        | Unidad    | Contenido | Interpretación                      |
|------------------|-----------|-----------|-------------------------------------|
| CE               | dS/m      | 0,23      | Normal(Sin Restricciones en el uso) |
| TSD              | mg/l      | 104,00    | Normal(Sin Restricciones en el uso) |
| Ca               | mg/l      | 23,00     | Normal(Sin Restricciones en el uso) |
| Mg               | mg/l      | 7,80      | Normal(Sin Restricciones en el uso) |
| Na               | mg/l      | 6,90      | Normal(Sin Restricciones en el uso) |
| K                | mg/l      | 7,02      | Normal(Sin Restricciones en el uso) |
| CO <sub>3</sub>  | mg/l      | 0,00      | Normal(Sin Restricciones en el uso) |
| HCO <sub>3</sub> | mg/l      | 53,70     | Puede Causar Restricción en el uso  |
| Cl               | mg/l      | 45,50     | Normal(Sin Restricciones en el uso) |
| SO <sub>4</sub>  | mg/l      | 2,50      | Normal(Sin Restricciones en el uso) |
| NO <sub>3</sub>  | mg/l      | 0,00      | Normal(Sin Restricciones en el uso) |
| Fe               | mg/l      | 0,03      | Normal(Sin Restricciones en el uso) |
| B                | mg/l      | 0,08      | Normal(Sin Restricciones en el uso) |
| pH               |           | 7,20      | Puede Causar Restricción en el uso  |
| RAS              | (meq/l)/% | 0,32      | Normal(Sin Restricciones en el uso) |
| Dureza           | mg/l      | 90        | Blanda                              |

**Interpretación de pH**  
 pH < 4,5 ó pH > 8 (Severa restricción en el uso)

**Unidades**

dS/m = decíSiemens/metro  
 mg/l = miligramos/litro = ppm  
 meq/l = miliequivalentes/litro  
 (meq/l)/% = miliequivalentes de meq/l  
 ppm = partes por millón

**OBSERVACIONES**

C1. Agua de baja salinidad, agua para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas solamente en suelos de muy permeabilidad  
 S1. Agua con bajo contenido en sodio. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles.

|                                            |  |                                    |
|--------------------------------------------|--|------------------------------------|
| <br><b>LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS</b> |  | <br><b>RESPONSABLE LABORATORIO</b> |
|--------------------------------------------|--|------------------------------------|

**Figura 1A. Análisis de agua.**

**INFORME DE ENSAYO No: 20-020**

**NOMBRE PETICIONARIO:** Dr. Iván Samaniego  
**DIRECCION:** Quito  
**FECHA DE EMISION:** 5/3/2020  
**FECHA DE ANALISIS:** Del 20 de enero al 4 de marzo de 2020

**INSTITUCION:** INIAP-Nutrición  
**ATENCION:** Dr. Iván Samaniego  
**FECHA DE RECEPCION:** 20/1/2020  
**HORA DE RECEPCION:** 14H03  
**ANALISIS SOLICITADO:** Proximal, Aflatoxinas

| ANÁLISIS<br>MÉTODO | HUMEDAD         |                 | CENIZAS <sup>11</sup> |                 | E.E. <sup>11</sup> |                 | PROTEÍNA <sup>11</sup> |                 | FIBRA <sup>11</sup> |                 | E.L.N. <sup>11</sup> |                 | IDENTIFICACIÓN |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------|
|                    | MO-LSAIA-01.01  | MO-LSAIA-01.02  | MO-LSAIA-01.03        | MO-LSAIA-01.04  | MO-LSAIA-01.05     | MO-LSAIA-01.06  | U. FLORIDA 1970        | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970     | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970      | U. FLORIDA 1970 |                |
| METODO REF.        | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970       | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970    | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970        | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970     | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970      | U. FLORIDA 1970 |                |
| <b>UNIDAD</b>      | <b>%</b>        | <b>%</b>        | <b>%</b>              | <b>%</b>        | <b>%</b>           | <b>%</b>        | <b>%</b>               | <b>%</b>        | <b>%</b>            | <b>%</b>        | <b>%</b>             | <b>%</b>        |                |
| 20-0176            | 8,29            | 2,88            | 3,99                  | 13,34           | 17,06              | 62,73           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 3 T1R1  |
| 20-0177            | 8,41            | 2,75            | 4,02                  | 13,45           | 17,09              | 62,69           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 3 T1R2  |
| 20-0178            | 8,70            | 2,78            | 3,83                  | 13,21           | 18,87              | 61,31           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 3 T1R3  |
| 20-0179            | 8,93            | 4,94            | 4,15                  | 16,71           | 20,49              | 53,71           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 3 T2R1  |
| 20-0180            | 8,78            | 4,98            | 3,87                  | 16,77           | 20,12              | 54,25           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 3 T2R2  |
| 20-0181            | 8,31            | 4,80            | 3,90                  | 16,49           | 19,84              | 54,97           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 3 T2R3  |
| 20-0182            | 8,24            | 5,29            | 4,68                  | 16,82           | 20,06              | 53,16           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 3 T3R1  |
| 20-0183            | 7,14            | 5,00            | 4,02                  | 16,75           | 18,97              | 55,26           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 3 T3R2  |
| 20-0184            | 7,60            | 4,70            | 3,99                  | 15,50           | 19,30              | 56,50           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 3 T3R3  |
| 20-0185            | 6,44            | 4,47            | 3,62                  | 14,56           | 17,89              | 59,46           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 3 T4R1  |
| 20-0186            | 7,36            | 5,01            | 3,86                  | 16,40           | 21,18              | 53,55           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 3 T4R2  |
| 20-0187            | 8,63            | 5,25            | 3,83                  | 16,03           | 21,15              | 53,74           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 3 T4R3  |
| 20-0188            | 8,54            | 3,55            | 3,90                  | 16,66           | 24,43              | 51,45           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 4 T1R1  |
| 20-0189            | 7,75            | 3,45            | 4,53                  | 17,11           | 24,32              | 50,59           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 4 T1R2  |
| 20-0190            | 8,09            | 3,51            | 4,43                  | 17,38           | 24,22              | 50,47           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 4 T1R3  |
| 20-0191            | 7,27            | 6,10            | 4,43                  | 22,35           | 26,40              | 40,72           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 4 T2R1  |
| 20-0192            | 7,50            | 5,71            | 4,16                  | 21,88           | 26,43              | 41,82           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 4 T2R2  |
| 20-0193            | 8,30            | 6,14            | 4,88                  | 22,07           | 25,65              | 41,27           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 4 T2R3  |
| 20-0194            | 8,39            | 4,87            | 4,79                  | 17,95           | 26,56              | 45,84           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 4 T3R1  |
| 20-0195            | 8,16            | 4,09            | 4,45                  | 18,12           | 25,88              | 47,45           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 4 T3R2  |
| 20-0196            | 8,61            | 4,19            | 4,58                  | 18,02           | 25,55              | 47,56           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 4 T3R3  |
| 20-0197            | 8,68            | 3,32            | 4,82                  | 17,30           | 24,57              | 49,59           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 4 T4R1  |
| 20-0198            | 8,51            | 3,29            | 4,43                  | 16,95           | 24,32              | 51,02           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 4 T4R2  |
| 20-0199            | 8,80            | 3,52            | 4,57                  | 16,34           | 23,97              | 51,60           |                        |                 |                     |                 |                      |                 | Ensayo 4 T4R3  |

**Figura 2A.** Análisis bromatológico de las muestras evaluadas de los diferentes tratamientos.


**INFORME DE ENSAYO No: 20-020**

| ANÁLISIS<br>MÉTODO | Aflatoxinas            |     |      |       | IDENTIFICACIÓN |
|--------------------|------------------------|-----|------|-------|----------------|
|                    | G2                     | G1  | B2   | B1    |                |
|                    | FLUORESCENCIA (ug/ kg) |     |      |       |                |
| 20-0164            | <LC                    | <LC | 6,06 | 8,44  | Ensayo 1 T1R1  |
| 20-0165            | <LC                    | <LC | 1,95 | 2,03  | Ensayo 1 T1R2  |
| 20-0166            | <LC                    | <LC | <LC  | <LC   | Ensayo 1 T1R3  |
| 20-0167            | <LC                    | <LC | 1,85 | 3,26  | Ensayo 1 T2R1  |
| 20-0168            | <LC                    | <LC | 3,87 | 5,87  | Ensayo 1 T2R2  |
| 20-0169            | <LC                    | <LC | <LC  | <LC   | Ensayo 1 T2R3  |
| 20-0170            | <LC                    | <LC | <LC  | <LC   | Ensayo 1 T3R1  |
| 20-0171            | <LC                    | <LC | <LC  | <LC   | Ensayo 1 T3R2  |
| 20-0172            | <LC                    | <LC | <LC  | <LC   | Ensayo 1 T3R3  |
| 20-0173            | <LC                    | <LC | 1,35 | 2,58  | Ensayo 1 T4R1  |
| 20-0174            | <LC                    | <LC | <LC  | <LC   | Ensayo 1 T4R2  |
| 20-0175            | <LC                    | <LC | <LC  | <LC   | Ensayo 1 T4R3  |
| 20-0188            | <LC                    | <LC | 2,00 | 2,79  | Ensayo 4 T1R1  |
| 20-0189            | <LC                    | <LC | 2,53 | 4,40  | Ensayo 4 T1R2  |
| 20-0190            | <LC                    | <LC | 6,56 | 10,83 | Ensayo 4 T1R3  |
| 20-0191            | <LC                    | <LC | <LC  | <LC   | Ensayo 4 T2R1  |
| 20-0192            | <LC                    | <LC | <LC  | <LC   | Ensayo 4 T2R2  |
| 20-0193            | <LC                    | <LC | <LC  | <LC   | Ensayo 4 T2R3  |
| 20-0194            | <LC                    | <LC | 1,80 | 3,48  | Ensayo 4 T3R1  |
| 20-0195            | <LC                    | <LC | <LC  | <LC   | Ensayo 4 T3R2  |
| 20-0196            | <LC                    | <LC | <LC  | <LC   | Ensayo 4 T3R3  |
| 20-0197            | <LC                    | <LC | 1,67 | 3,69  | Ensayo 4 T4R1  |
| 20-0198            | <LC                    | <LC | 1,90 | 2,50  | Ensayo 4 T4R2  |
| 20-0199            | <LC                    | <LC | 1,65 | 2,19  | Ensayo 4 T4R3  |

Los ensayos marcados con O se reportan en base seca.  
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

  
**Dr. Iván Samaniego, MSc.**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

  
**RESPONSABLES DEL INFORME**  


  
**Ing. Bladimir Ortiz**  
**RESPONSABLE CALIDAD**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.  
**NOTA DE DESCARGO:** La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibida. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

**Figura 3A.** Análisis de aflatoxinas realizada en el ensayo dos en los diferentes tratamientos.



**Figura 4A.** Infraestructura de invernadero para la producción de Forraje Verde Hidropónico.



**Figura 5A.** Selección de semilla de maíz Híbrido Trueno para la realización del FVH.



**Figura 6A.** Pesaje de semillas en húmedo



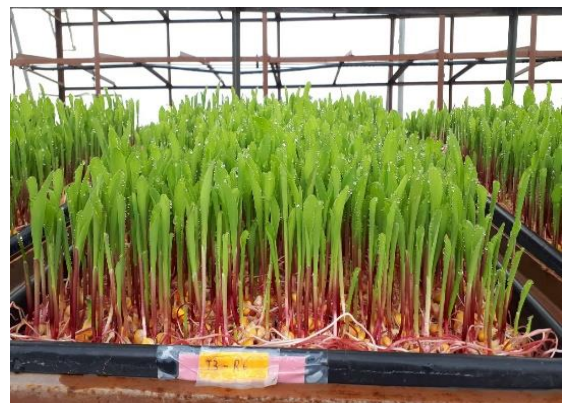
**Figura 7A.** Siembra de FVH en bandejas de polietileno.



**Figura 8A.** Evaluación de la germinación obtenida en ambos ensayos en los meses de septiembre a noviembre, de la producción de FVH a los 2 días después de la siembra.



**Figura 9A.** Presencia de clorofila al primer día del inicio del periodo de luz en los ensayos 1 y 2.



**Figura 10A.** Evaluación de altura y rendimiento



**Figura 11A.** Preparación del abono orgánico fermentado Bokashi posterior al ensayo.



**Figura 12A.** Elaboración del lixiviado de Bokashi.



**Figura 13A.** Preparación de la solución madre de Sonneveld y Voegt.



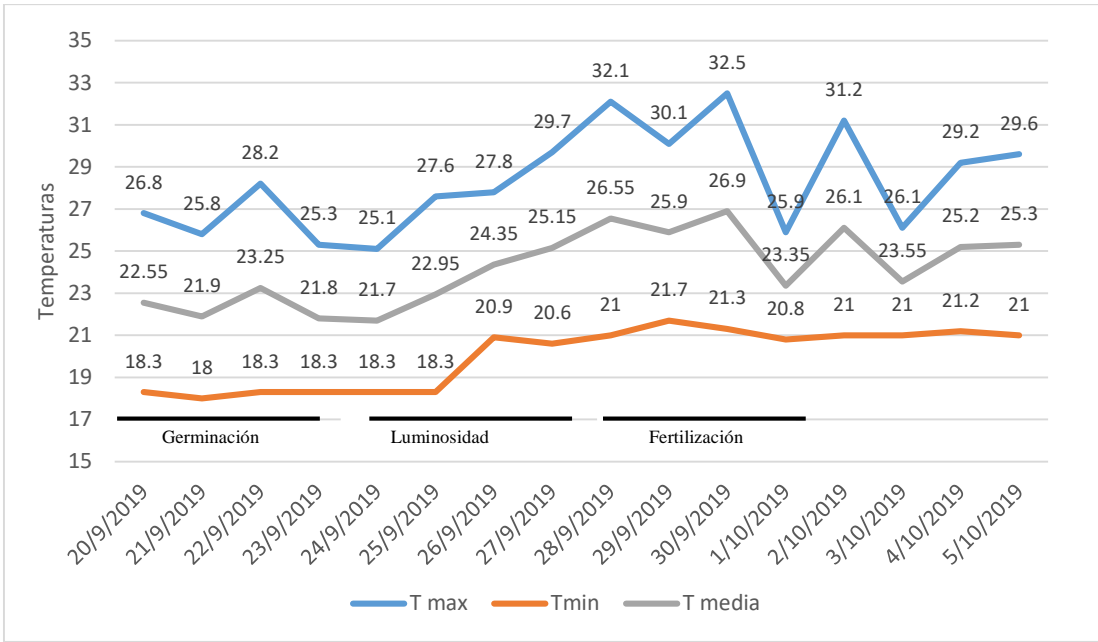
**Figura 14A.** Medición de parámetros de la solución nutritiva Sonneveld y Voogt (pH, C.E, Temperatura).



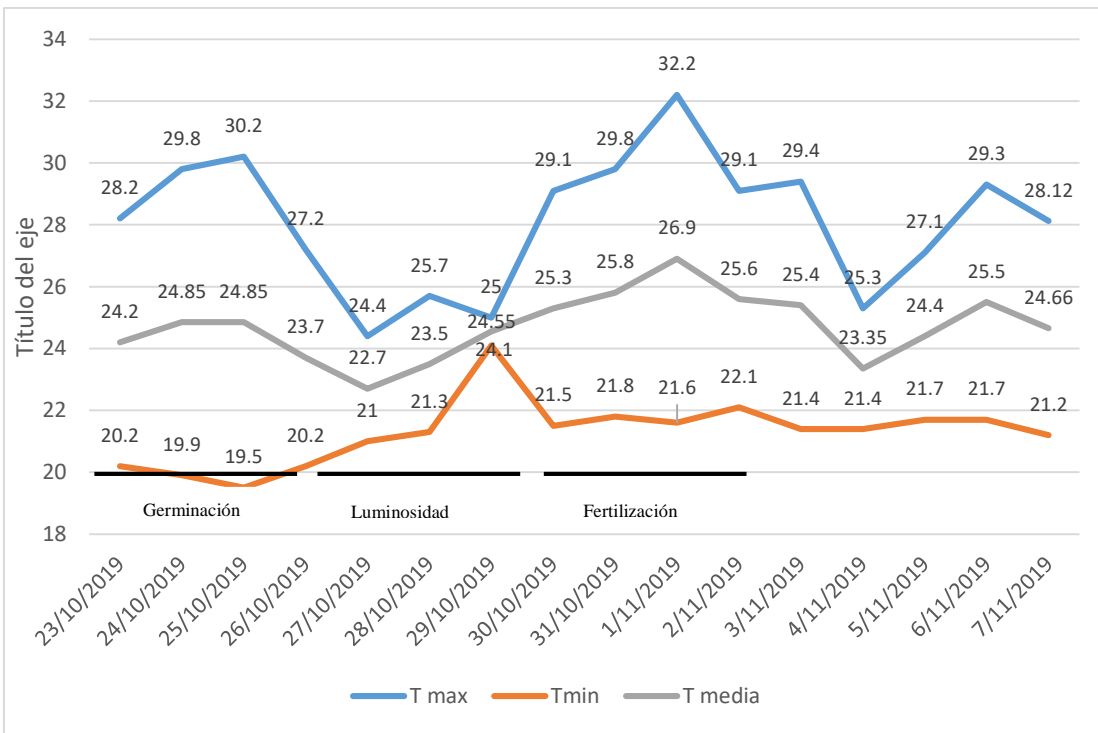
**Figura 15A.** Evaluación de altura y rendimiento final obtenido en la producción del Forraje Verde Hidropónico.



**Figura 16A.** Cosecha.

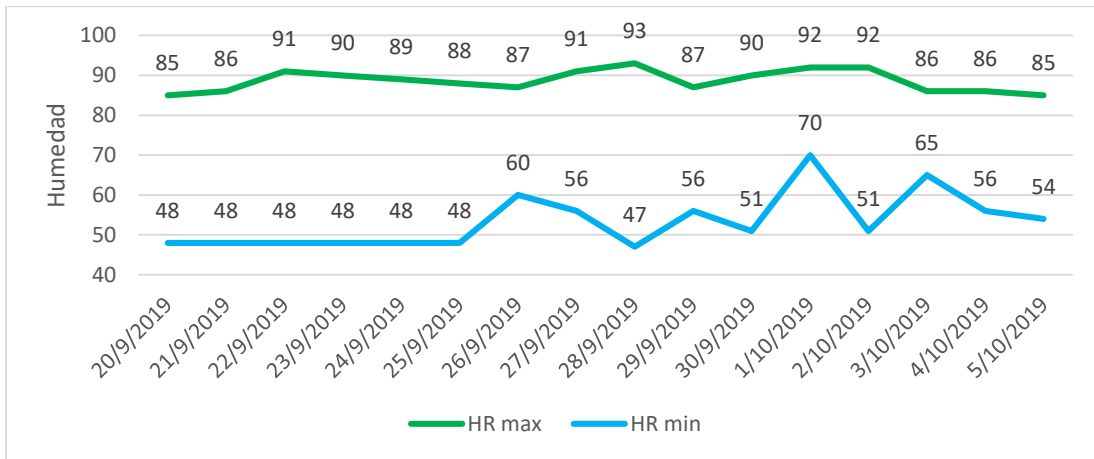


**Figura 17A.** Temperaturas máximas, mínimas y promedios registradas en el interior del invernadero durante el desarrollo del forraje en el mes de septiembre 2019, correspondientes al primer ensayo en la provincia de Santa Elena.

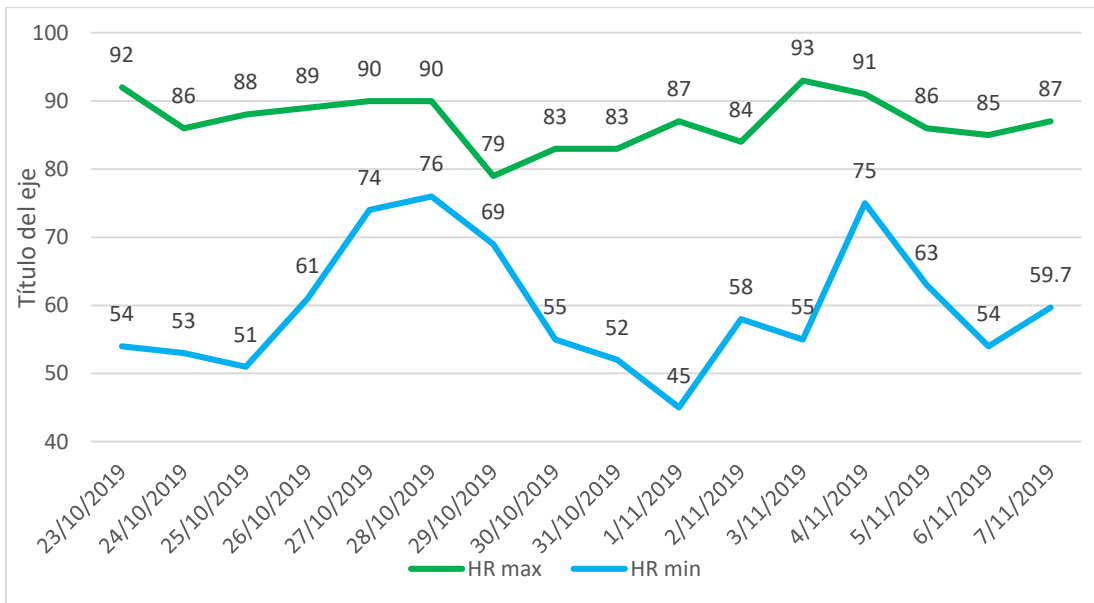


**Figura 18A.** Temperaturas máximas, mínimas y promedios registradas en el interior del invernadero durante el desarrollo del forraje en el mes de octubre 2019, correspondientes al segundo ensayo en la provincia de Santa Elena.





**Figura 19A.** Humedad relativa máxima y mínima registradas en el interior del invernadero durante el desarrollo del forraje en el mes de septiembre 2019, correspondientes al primer ensayo en la provincia de Santa Elena.



**Figura 20A.** Humedad relativa máxima y mínima registradas en el interior del invernadero durante el desarrollo del forraje en el mes de octubre 2019, correspondientes al segundo ensayo en la provincia de Santa Elena.