



**FACULTAD CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

**TEMA:**

“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MAÍZ Y CEBADA EN FORRAJE  
VERDE DE CULTIVO HIDROPONICO EN LA FINCA EXPERIMENTAL  
LOS BAJOS, MONTECRISTI 2021”

**AUTORES:**

DURAN CEDEÑO MARÍA JOSÉ  
OCHOA LUCAS MERCEDES ORNELLA

**TUTORA:**

ING. PAOLA ALCÍVAR VACA

**MANABÍ – ECUADOR**

2020-2021

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECURIAS**

**TESIS DE GRADO**

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe del Trabajo de Grado sobre el tema:

**“EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DE MAÍZ Y CEBADA EN FORRAJE VERDE DE CULTIVO HIDROPÓNICO EN LA FINCA EXPERIMENTAL LOS BAJOS, MONTECRISTI, 2021”**

De las egresadas Ochoa Lucas Mercedes Ornella y Duran Cedeño María José, luego de haber sido analizada por los señores Miembros del Tribunal de Grado, en cumplimiento con lo establecido en la ley, se da por aprobada la sustentación, acción que las hace acreedoras al título de:

**INGENIERAS AGROPECUARIAS**

**MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

Ing. Miguel Zambrano \_\_\_\_\_.

Ing. Horley Cañarte \_\_\_\_\_.

## **CERTIFICACIÓN DE TUTOR**

En calidad de Director/tutor de Tesis, Yo Ing. Paola Alcívar Vaca certifico haber dirigido la tesis presentada sobre el tema **“Evaluación de rendimiento de maíz y cebada en forraje verde de cultivo hidropónico en la finca experimental Los Bajos, Montecristi, 2021”**, y desarrollada por las estudiantes Ochoa Lucas Mercedes Ornella y Duran Cedeño María José egresadas de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, previo a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA TESIS DE GRADO DEL TERCER NIVEL, de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

---

**Ing. Paola Alcívar Vaca.**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Nosotras, **Ochoa Lucas Mercedes Ornella** y **Duran Cedeño María José** declaramos bajo juramento que las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis son de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada por ningún grado o calificación profesional, y, que se han consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ciencias Agropecuarias, especialidad: Ingeniería Agropecuaria.

**Ochoa Lucas Mercedes Ornella** \_\_\_\_\_.

**Duran Cedeño María José** \_\_\_\_\_.

## **AGRADECIMIENTO**

La presente investigación va dirigida en primer lugar a Dios ya que sin su bendición hubiese sido imposible cumplir el logro de esta etapa, por su guía y sabiduría de inicio a fin en un proyecto que consolida el aprendizaje profesional.

En segundo lugar, a nuestros Padres, pilar fundamental, hermanos y demás seres queridos, el apoyo incondicional de ellos ha hecho posible la culminación de este proceso.

Agradecer con mucho cariño a nuestra tutora, ing. Alcívar Vaca Paola por ser la guía fundamental en nuestro proyecto, por dedicarnos su tiempo en este paso tan importante para nosotras.

A los docentes por su guía académica, fundamentales para la transformación profesional, al Ing. Edison Macias quién paso de profesor a amigo, compartir conocimientos en el desarrollo experimental de un proyecto que hoy en día nos satisface.

**Ochoa Lucas Mercedes Ornella y,**

**Duran Cedeño María José**

## **DEDICATORIA**

Nuestra tesis se la dedicamos con todo nuestro amor y cariño a nuestras familias por sus sacrificios, esfuerzos y apoyo, por habernos forjado como las personas que somos en la actualidad.

Nuestros seres queridos que hoy en día ya no están físicamente, pero si en nuestros corazones, donde quieran que estén, nos han apoyado con la ayuda de papá Dios.

La paciencia y el apoyo emocional para no decaer en nuestros objetivos, que permitieron la visión de llegar hasta donde hoy estamos.

**Ochoa Lucas Mercedes Ornella y,**

**Duran Cedeño María José**

# ÍNDICE

<b>MIEMBROS DEL TRIBUNAL</b> .....	I
<b>CERTIFICACIÓN DE TUTOR</b> .....	II
<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA</b> .....	III
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	IV
<b>DEDICATORIA</b> .....	V
<b>ÍNDICE</b> .....	VI
<b>LISTA DE IMÁGENES</b> .....	IX
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	IX
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	IX
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	X
<b>LISTA DE FOTOS</b> .....	XI
<b>RESUMEN</b> .....	XII
<b>SUMMARY</b> .....	XIII
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. MARCO TEÓRICO</b> .....	2
1.1.1. Forraje verde hidropónico (fvh) .....	2
1.1.2. Requerimiento de la producción de fvh .....	3
<b>1.2. Ventajas y desventajas del fvh</b> .....	4
1.2.1. Ventajas .....	4
1.2.2. Desventajas .....	4
<b>1.3. Factores que influyen en la producción de fvh</b> .....	5
<b>1.4. Proceso y etapas del fvh</b> .....	6
1.4.1. Selección de la semilla .....	6
1.4.2. Lavado y desinfección de la semilla .....	6
1.4.3. Hidratación de la semilla .....	6
1.4.4. Pregerminación de la semilla .....	7
1.4.5. Siembra en fase oscura: .....	7
1.4.6. Fase luminosa .....	7

1.4.7.	Cosecha.....	7
1.5.	Valor nutricional.....	8
1.6.	Contenido de humedad.....	8
1.7.	Contenido de materia seca.....	8
1.8.	Maíz (zea mays).....	8
1.9.	Descripción botánica.....	9
1.10.	Clasificación taxonómica.....	10
1.11.	Rendimiento de maíz en el ecuador.....	10
1.12.	La cebada ( <i>hordeum vulgare</i> l.).....	10
1.13.	Descripción botánica.....	11
1.14.	Taxonomía.....	11
1.15.	Rendimiento de cebada en ecuador.....	12
<b>1.16.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>12</b>
<b>1.17.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>1.18.</b>	<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>14</b>
1.18.1.	HIPÓTESIS NULA (HO).....	14
1.18.2.	HIPÓTESIS ALTERNA (HA).....	14
<b>1.19.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
1.19.1.	OBJETIVO GENERAL.....	15
1.19.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>2.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
2.1.	Ubicación geográfica.....	16
2.1.1.	Ubicación espacial.....	16
2.1.2.	Duración y ubicación temporal.....	16
2.2.	Características edafoclimáticas.....	17
2.3.	Factores en estudio.....	17
2.4.	Tratamientos.....	18
2.5.	Diseño experimental.....	18
2.6.	Pruebas funcionales.....	18
2.7.	Análisis estadístico (adeva).....	19
2.8.	Población y muestra.....	19
2.9.	Características de la unidad experimental.....	19

2.10.	Distribución de las unidades experimentales.....	20
2.11.	Operacionalización de las variables.....	21
2.12.	Variables evaluadas.....	22
2.12.1.	Porcentaje de germinación.....	22
2.12.2.	Altura de planta.....	22
2.12.3.	Nivel de pH.....	23
2.12.4.	Contenido de proteína bruta (ms).....	23
2.12.5.	Rendimiento en kilogramo de materia fresca.....	23
2.12.6.	Análisis económico.....	23
2.13.	Manejo del experimento.....	24
2.13.1.	Adecuación del invernadero.....	24
2.13.2.	Estantería.....	24
2.13.3.	Sistema de riego.....	24
2.13.4.	Frecuencia y tiempo de riego.....	25
2.13.5.	Selección del material vegetal.....	26
2.13.6.	Preparación del material vegetal.....	26
2.14.	Toma de muestras para análisis.....	27
2.15.	Materiales.....	27
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
3.1.	Porcentaje de germinación.....	28
3.2.	Altura de planta (cm).....	30
3.3.	Niveles de pH.....	32
3.4.	Rendimiento en materia fresca (mf).....	34
3.5.	Contenido de proteína bruta (%)......	36
<b>4.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>428</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>43</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>43</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>50</b>

## LISTA DE IMÁGENES

**Imagen 1.** Localización geográfica del lugar donde se realizó el experimento. [16]

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Esquema estructural de la distribución de las unidades experimentales. [20]

**Figura 2.** Esquema estructural de la línea de riego. [25]

## LISTA DE CUADROS

**Cuadro 1.** Tratamientos [18]

**Cuadro 2.** Esquema del Análisis de la Varianza [19]

**Cuadro 3.** Distribución de las unidades experimentales [20]

**Cuadro 4.** Esquema de la operacionalización de las variables [21]

**Cuadro 5.** Horario de riegos programados en el temporizador. [25]

**Cuadro 6.** ADEVA y comparación de medias entre tratamientos para la variable Porcentaje de germinación [28]

**Cuadro 7.** ADEVA y comparación de medias entre tratamientos para la variable Altura de planta (cm) [31]

**Cuadro 8.** ADEVA y comparación de medias entre tratamientos para la variable Niveles de pH [33]

**Cuadro 9.** ADEVA y comparación de medias entre tratamientos para la variable Rendimiento en materia fresca (MF) [35]

**Cuadro 10.** ADEVA y comparación de medias entre tratamientos para la variable Contenido de proteína bruta (%) [37]

**Cuadro 11.** Costo de producción [57]

## **LISTA DE GRÁFICOS**

**Gráfico 1.** Efecto del tipo de gramínea en el porcentaje de germinación [29]

**Gráfico 2.** Efecto de la densidad de siembra en el porcentaje de germinación. [29]

**Gráfico 3.** Efecto de la interacción entre el factor gramínea x densidad de siembra sobre el porcentaje de germinación. [30]

**Gráfico 4.** Efecto del tipo de gramínea en la altura del FVH al día 12. [32]

**Gráfico 5.** Efecto de la densidad de siembra en la altura del FVH al día 12. [32]

**Gráfico 6.** Efecto de la interacción entre el factor gramínea x densidad de siembra sobre la altura del FVH al día 12. [32]

**Gráfico 7.** Efecto del tipo de gramínea en los niveles de pH del forraje. [34]

**Gráfico 8.** Efecto de la densidad de siembra en los niveles de pH del forraje. [34]

**Gráfico 9.** Efecto de la interacción entre el factor gramínea x densidad de siembra sobre los niveles de pH del forraje [34]

**Gráfico 10.** Efecto del tipo de gramínea sobre el rendimiento en materia fresca [36]

**Gráfico 11.** Efecto de la densidad de siembra en los niveles de pH del forraje. [36]

**Gráfico 12.** Efecto de la interacción entre el factor gramínea x densidad de siembra sobre los niveles de pH del forraje [36]

**Gráfico 13.** Efecto del tipo de gramínea sobre el contenido de proteína bruta [38]

**Gráfico 14.** Efecto de la densidad de siembra sobre el contenido de proteína bruta. [38]

**Gráfico 15.** Efecto de la interacción entre el factor gramínea x densidad de siembra sobre el contenido de proteína bruta. [39]

## **LISTA DE FOTOS**

**Foto 1:** Cerramiento de la infraestructura con geomembrana para la producción de FVH [51]

**Foto 2:** Perchas de 3 niveles con capacidad para 36 bandejas forrajeras [51]

**Foto 3:** limpieza del área destinada a la producción del forraje [51]

**Foto 4:** Bandejas [52]

**Foto 5:** Colocación de bandejas en la estantería [52]

**Foto 6:** Instalación del sistema de riego por microaspersión [52]

**Foto 7:** Selección y pesaje de las semillas de maíz y cebadas [53]

**Foto 8:** Limpieza de las semillas [53]

**Foto 9:** Retirando las impurezas presentes en las semillas [54]

**Foto 10:** Desinfección de las semillas [54]

**Foto 11:** Proceso de oxigenación de las semillas [55]

**Foto 12:** Pesaje y siembra de las semillas [55]

**Foto 13:** Identificación de las bandejas ya sembradas [55]

**Foto 14:** Primeros brotes de las semillas de maíz y cebada [56]

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar diferentes densidades de siembra en el cultivo de forraje de maíz y cebada. En la Finca Experimental Los Bajos de la ULEAM, se evaluó la producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) de maíz y cebada en cuatro densidades de siembra: 1.10, 1.15, 1.20 y 1.50 Kg de semillas/bandeja (0.2 m<sup>2</sup>) y su respuesta en las variables porcentaje de germinación, altura de planta, niveles de pH y rendimiento en materia fresca (MF), utilizando un Diseño de Bloques Completos al Azar, con un total de 8 tratamientos distribuidos en 3 repeticiones. Se presentaron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) para porcentaje de germinación, sin embargo, no se reportaron diferencias estadísticas al ( $p \leq 0,05$ ) y ( $p \leq 0,01$ ) en la variable altura de planta, niveles de pH, rendimiento en MF y proteína bruta (%). Se recomienda utilizar una densidad de siembra de 1.15, 1.20 y 1.50 Kg de maíz por bandeja, para la producción de Forraje Verde Hidropónico, puesto que se desempeñó mejor al resto de tratamientos.

**Palabras claves:** densidad, forraje, Maíz, cebada, hidroponía, alimentación animal, desempeño, cultivo.

## SUMMARY

The objective of this research was to evaluate different planting densities in the growing of corn and barley forage. In the Experimental Farm of Los Bajos of the ULEAM, we evaluated the production of Green Forage Hydroponic (GFH) of corn and barley in four densities: 1.10, 1.15, 1.20, and 1.50 Kg of seeds/tray (0.2 m<sup>2</sup>) and its response in the variables germination percentage, plant height, pH levels and performance in the fresh matter (FM), using a Design of Complete Blocks at Random, with a total of 8 treatments distributed in 3 repetitions. There were highly significant differences ( $p \leq 0.01$ ) for germination percentage, however, no statistical differences were reported at ( $p \leq 0.05$ ) and ( $p \leq 0.01$ ) in the variable plant height, pH levels, performance in FM and crude protein (%). It is recommended to use a planting density of 1.15, 1.20 and 1.50 Kg of corn/tray, for the production of Green Forage Hydroponic, since it performed better to the rest of treatments.

**Keywords:** density, forage, corn, barley, hydroponics, animal feed, performance, growing.

## 1. INTRODUCCIÓN

El forraje verde hidropónico (FVH), es el resultado de proceso de germinación de semillas como cebada, trigo, avena, maíz, sorgo; que han crecido por un periodo de 9 a 15 días, logrando alcanzar una altura de 20 a 25cm (según estudios). Esto en función de condiciones micro climáticas que se produce, tales como: luz, temperatura y humedad. Esto no es un método moderno para el cultivo de plantas, es una técnica ancestral. En los tiempos de antes, las culturas y civilizaciones, utilizaban este método como un medio de subsistencia (Orellana 2015).

Gómez (2007) citado por Jácome (2018) comenta que como alternativa es importante como un buen alimento en los sistemas de producción pecuaria es el forraje verde hidropónico, que es el resultado de utilizar el poder germinativo de diferentes gramíneas, en el cual se liberan todos los nutrientes de grano para permitir el desarrollo de la planta, que están inmediatamente disponibles y digeribles para que los animales lo consuman, esto sirve para su crecimiento y desarrollo. Las propiedades del forraje verde hidropónico no son solo nutricionales, también es acto porque disminuye espacio, tiempo y recursos.

La elaboración de cultivos hidropónicos es una alternativa a la producción de forrajes para la alimentación de animales en época de carencia de pasto y con la finalidad de aprovechar áreas reducidas y mayor eficiencia en el uso de agua en ambiente protegido de factores climáticos. Cabe recalcar que, la producción de FVH en el cultivo de cebada, permite sostener una producción de forraje de buena calidad en cualquier época del año y también es una alternativa económica (Flores y Chilón 2019).

Vargas (2008) comenta que la comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. El sorgo fue el que rindió más en biomasa fresca, incluso fue el de mayor producción, el maíz resulto ser el más succulento por sus niveles de fibra complementado con un buen nivel de PC (proteína cruda).

El balance de proteína bruta en el forraje verde hidropónico, el mayor porcentaje soporto la cebada (12.55%) y en el maíz reporto el mayor porcentaje de grasa (2,71%).

El rendimiento promedio de materia verde y el porcentaje promedio de materia seca de FVH en maíz y cebada en los días 10 y 12 dan un resultado de MV para el FVH en maíz: 3,91 kg/m<sup>2</sup>, 4,64 kg/m<sup>2</sup>, y en cebada: 4,44 kg/m<sup>2</sup>, 4,96 kg/m<sup>2</sup>. En cuanto al porcentaje de materia seca en maíz: 25,55%, 19,24% y cebada: 16,12%, 13,75%. (Albert et al., 2016).

Los rendimientos de maíz y cebada en los días 10 y 12 no coinciden con los datos obtenidos por Valdivia (1997) y Sneath McIntosh (2003), quienes consideran una relación de 1:5 en FVH (Albert et al., 2016).

Según Valverde et al., (2018) En la producción de forraje verde hidropónico a partir de sorgo muestran que 800gr de grano de sorgo por bandeja obtienen un promedio de 4840 gramos de forraje verde y 1113 gramos de materia seca. Lo que eso equivale a 46.383kg/ha en 15 días. La calidad de forraje de sorgo, en proteína bruta se obtiene 15.48% de FDA de 16.03% de LDA de 1.88. Si se comparan con los valores citados por Cordes G.G 2009, de 8,40% P.B., 24,7% de FDA y 5,56% LDA de planta entera de sorgo del genotipo 04-343 BMR, el FVH es de calidad nutritiva superior. La digestibilidad observada en FVH es de 73.72% a 76.25%.

El mayor rendimiento en biomasa es obtenido por sorgo a diferencia del maíz. En promedio las bandejas de 720 cm<sup>2</sup> de sorgo lograron producir 21,65 kg de forraje verde hidropónico. Por su parte el maíz alcanzo en producción generando 17,20 kg de biomasa (Acosta, 2016).

El objetivo de esta investigación es evaluar el rendimiento de estas dos gramíneas (maíz y cebada) para diferenciar la calidad de nutrición y sus niveles de proteínas de cada una de ellas sin la necesidad de sustrato.

## **1.1. MARCO TEÓRICO**

### **1.1.1. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH)**

Hidroponía deriva del griego *hidro* (agua) y *ponos* (labor o trabajo) esto significa que el trabajo hidropónico se realiza en agua. La hidroponía estudia los cultivos sin la necesidad de tierra, esta técnica no es moderna, sino que es una técnica ancestral: antiguamente hubo culturas y civilizaciones que usaban este medio como un método de subsistencia, como caso

tenemos a los aztecas que cultivaban su maíz en barcos con un entramado de pajas Texcoco y de esta manera abastecerse (Larrea, 2016).

El FVH se puede producir de diferentes formas según las necesidades de los productores, siendo la técnica comercial más utilizada, esta técnica consiste en la plantación de semillas, sin la necesidad de usar algún sustrato, se puede producir en repisas con bandejas germinativas que son capaces de conservar la humedad. En los primeros días se riegan en las bandejas germinativas solamente con agua, hasta que el forraje verde alcance una altura de 3 a 4 cm, a partir desde ese momento podrían comenzar a tener riesgos diarios con solución nutritiva hasta el día de la cosecha, durante esta fase las raíces se van desarrollando, formando un tapete radicular que realiza la función de sustrato y adicionalmente proporciona el transporte y manejo (Mejía y Reyes 2020).

Los productores que residen en comunidades ancestrales, se le destinan una pequeña superficie para criaderos de sus animales mismo que pastorean las tierras comunales. El 50 % de los propietarios de ganado dispone de una superficie de parcelas agrícolas menor a 0,4 ha, y solo cuentan con un 22% de terrenos propios (Villacrés *et al.*, 2017).

### **1.1.2. REQUERIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE FVH**

El FFVH es el resultado de la germinación de leguminosas y cereales forrajeras que son cultivadas en hidroponía, como son: maíz, sorgo, alfalfa, cebadas y trigo, las cuales se cultivan en bandejas germinativas. Estas semillas forrajeras absorben todos los minerales en la solución nutritiva, capturando de esta forma la energía solar, la cual tienen un periodo de 7 a 14 días. Para la producción de alimento en hidroponía, no es necesariamente utilizar algún sustrato, con las semillas forrajeras se puede hacer la producción y con un buen manejo adecuado de drenaje del agua (Chavarría y Castillo, 2018).

La producción de forraje verde hidropónico es una técnica muy amistosa con el medio ambiente ya que no lo contamina, utiliza eficiente y adecuadamente el agua, permitiendo así

una buena optimización del tiempo, alcanzando a conseguir un alimento diario para los animales (Jacome, 2018).

## **1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL FVH**

### **1.2.1. VENTAJAS**

Según Chavarría, Castillo (2018) estas son algunas de las ventajas para la producción en FVH:

- ✓ Tener una buena producción programada adecuadamente a sus necesidades
- ✓ Es un buen Reemplazo de suplementos alimenticio como: henos, compuestos, piensos, ensilado, entre otros)
- ✓ Reporta una alta digestibilidad y excelente calidad nutricional, especialmente para el alimento en los animales
- ✓ Se puede producir en cualquier época del año, y tiene así un ahorro significativo de agua el FVH.
- ✓ Amplia la producción de leche y carne al reemplazar parte de la ración por la producción FVH.

Según Jacome, (2018) la producción forraje verde hidroponía es ideal para la alimentación de pequeñas, medianas y grandes especies de animales, debido a que tienen un alto valor nutricional, es fácil de producir y contiene una alta digestibilidad.

### **1.2.2. DESVENTAJAS**

Según Franco (2016), el forraje verde hidropónico presenta una desventaja en su bajo contenido de fibra, es por este motivo que el autor recomienda que el FVH actúe como un suplemento de alimento en los animales y no como dieta completa para su alimentación.

La hidroponía proporciona muchas ventajas para su producción, pero también cuenta con unas grandes desventajas dificultando el uso de su sistema de forraje verde hidropónico, por la cual se debe tomar en cuenta las siguientes desventajas (Cruz, 2016).

- Se necesita tener conocimiento técnico y teórico sobre el FVH
- Las soluciones deberán estar producidas por expertos que estén calificados para llevar a cabo esta producción de forraje.
- Tiene un costo elevado en la construcción de la instalación.
- Es preciso contar con agua de buena calidad
- Al no conocer el manejo adecuado agronómico, puede disminuir significativamente el rendimiento del forraje verde.
- La inestabilidad de los elementos nutricionales provoca efectos inmediatos en el cultivo.

### 1.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE FVH

**Calidad de la semilla:** Juárez *et al.*, (2011) citado por Balam, (2019) nos comenta que para obtener éxito en la producción de forraje verde hidropónico es de crucial importancia que la semilla sea de muy buena calidad tanto en genética como fisiológica. Cualquier semilla que se vaya a utilizar en esta producción es necesario que cuente con un mínimo de porcentaje de germinación del 90% para así poder evitar pérdidas mayores en su rendimiento.

**Iluminación:** la iluminación es parámetro importante a la hora de producir un FVH, este factor tiene una gran relevancia debido a que si mantiene una mayor iluminación se consigue una superior producción en biomasa, mientras que por otro lado si la iluminación es poca obtendremos una inferior actividad fotosintética. Es recomendable que en los días 4 y 5 de la producción de FVH mantenga una buena iluminación, es por aquello que las semillas deberán estar cubiertas por un plástico negro, con el fin de que ayude a estimular la germinación y el tallo en su elongación (Guzmán, De la Pava, 2017).

**Temperatura:** comúnmente el rango óptimo de temperatura varía dependiendo del tipo de semilla a utilizar, si es semilla de maíz su temperatura sería de 18 hasta 21 °C, cebada, avena y trigo varía de 25 hasta 28 °C y el rango total aceptado para la producción de FVH está entre 18 hasta 26°C (Mera, 2018).

**Humedad:** la humedad está relacionada también con la temperatura a donde quiera que se encuentre el forraje verde hidropónico, cuando se obtiene una alta humedad relativa y una elevada temperatura, podría existir la posibilidad de tener presencia de hongos en la producción de forraje (Flores y Serrano, 2018).

#### **1.4. PROCESO Y ETAPAS DEL FVH**

##### **1.4.1. SELECCIÓN DE LA SEMILLA**

La selección de la semilla se basa en apartar las semillas que se encuentra sanas, libres de contaminantes ya sea por hongos o alguna alteración por polilla, se retirar de esta forma las impurezas que se encuentren como: lanas, pajas, daños físicos en las semillas etc.) (Pozo, 2021).

##### **1.4.2. LAVADO Y DESINFECCIÓN DE LA SEMILLA**

Zúñiga y Beauregard (2020) nos comentan que, para el lavado y desinfección de las semillas de cebada y maíz, seleccionaron por bandejas y las dividieron, se aplicó 3 litros de agua y aplicaron los respectivos productos para su desinfección, se colocó de 5ml o 7.5ml por litros de agua.

##### **1.4.3. HIDRATACIÓN DE LA SEMILLA**

El proceso de hidratación de la semilla fue dejarlas en remojo por 12 horas, después de ese tiempo se procedió a enjuagar las semillas solo con agua para eliminar los residuos de algún químico (Zúñiga y Beauregard 2020).

#### **1.4.4. PREGERMINARÍAN DE LA SEMILLA**

En el proceso de pre-germinación Espinosa (2018) nos indica que este proceso lo realizo en agua aireada por un tiempo de 24 horas para que se acelere su proceso de germinación y salgan las rápido las ricillas.

#### **1.4.5. SIEMBRA EN FASE OSCURA:**

Después de la pre-germinación, realizaron el procedimiento de encerrar el lugar del experimento con un anaquel o plástico oscuro para evitar el contacto de la luz en el cultivo, distribuyeron bien las semillas en todas las bandejas y se inició a los riegos con solo agua, sin ninguna solución química (Inga 2020).

#### **1.4.6. FASE LUMINOSA**

Inga (2020) nos indica que para que sus plantas tengan una altura de 20cm en el colchón de la raíz y tallo, procedió a mover las bandejas a los anaqueles donde aportaban luz para su crecimiento.

#### **1.4.7. COSECHA**

Zúñiga y Beauregard (2020) comparten que para la cosecha es recomendable realizarla a partir del día 11, en ese día no se realizó riego y las plantas fueron cosechadas el día 12. En ese día tomaron las muestras para los análisis y también se procedió a tomar medidas correspondientes. Los días de cosecha varían mucho, ya que muchos investigadores han realizado su cosecha a partir del día 12 y otros a partir del día 14 como lo realizo Loa (2018) esto depende del lugar y clima.

## **1.5. VALOR NUTRICIONAL**

Por lo general, los valores de nutrición en FVH tienen rangos óptimos de P, Zn, Mn, y Cu; similares para Mg e inferiores para Ca, K, Fe. Los resultados dan a conocer que el FVH es una fuente óptima de macro y micronutrientes para la alimentación animal, independientemente de la aplicación de solución nutritiva (Ramírez y Soto 2017).

## **1.6. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Loa (2018) realizó sus análisis de humedad a partir del día 14 y como resultado le salió que el porcentaje de humedad en cebada es el 73.3% y en maíz es el 76,9%.

## **1.7. CONTENIDO DE MATERIA SECA**

El contenido de materia seca por lo general en el maíz es de 3372, 4g y en la cebada es de 3342,6g. Estos resultados indican que el maíz y la cebada son favorables para la producción de forraje verde hidropónico (Loa 2018).

## **1.8. MAÍZ (*Zea mays*)**

La semilla de maíz es la más utilizada por todos los sectores agrícolas, así como a escala mundial, en el siglo XX y a comienzos del siglo XXI, esta semilla se hizo muy conocida en todo el mundo. El maíz se fue industrializando en todos los países y es utilizada principalmente para la producción de forraje y como materia prima para la producción de alimentos ya procesados y de piensos (Cajamarca, 20216).

En Ecuador el maíz se localiza dentro de los productos principales del país, el arroz, cacao, banano y camarón también se encuentran dentro de este grupo con el maíz, a pesar de que no representa más del 8% de la producción agrícola, estos productos son fundamentales en la base porque son una de las principales cadenas productivas que ayudan a contribuir la seguridad

alimentaria del país, ya que son unos de los elementos principales del balanceados para las aves, ganado, porcinos y camarón. (PRODUCTOR, 2019).

## 1.9. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Según Badillo (2016), el maíz ofrece las siguientes características botánicas:

- **Raíz:** la raíz puede llegar a presentar profundidades desde 2 m y se puede extender hasta 1,2 m de diámetro.
- **Tallo:** el tallo está formado por bastones macizos de distintas alturas, con múltiples nudos y sin ramas laterales.
- **Hojas:** esta divididas con líneas y venas paralelas que constan de una vaina, cuello y lamina foliar propia, el nódulo desde su punto presenta pubescencia y estas tienen un borde liso y finalizan de manera aguzadas, pudiendo de esta formar conseguir longitudes de más de 1m.
- **Inflorescencia:** como sabemos el maíz es una planta monoica y presenta inflorescencia tanto femenina como masculina, éstas se encuentran separadas dentro de la misma planta de maíz La inflorescencia masculina es una panícula que cuenta con un espigón o penacho, de color amarilla y presenta aproximadamente desde 20 a 25 millones de polen. Por otro lado, la inflorescencia femenina esta fecundada por medio de los granos de polen los cuales están denominados como mazorca, sitio donde se localiza la semilla (grano de maíz) juntas a lo largo de su eje, esta mazorca se encuentra cubierta por las hojitas verdes y terminan en una especie de color amarillo formando así estilos.
- **Semilla:** lo que cubre el grano de la semilla lo llamamos vaina o pericarpio y la parte de abajo cuenta con una capa de aleurina que es la que le da a la semilla ese color amarillo, blanco y morado, este grano contiene proteína y endospermo esta entre el 85% hasta el 90% del peso de las semillas. En cuanto al embrión este se encuentra conformado por radícula y la plúmula.

## 1.10. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

**Clase:** Monocotyledonae

**Orden:** Cyperales

**Familia:** Poaceace

**Nombre científico:** *Zea mays*

**Nombre común:** maíz, (Sinavimo 2016).

## 1.11. RENDIMIENTO DE MAÍZ EN EL ECUADOR

El cultivo de maíz amarillo en el Ecuador presento un rendimiento en el año 2014 de 4,03 toneladas, por hectárea superior al año 2013 que tuvo un total de rendimiento de 3,55 un poco más, duplicando al rendimiento del año 2007 que fue inferior a 2.31 toneladas por hectáreas, aunque aún no se encuentran datos actualizados, el Ministerio de agricultura, ganadería y pesca estimo que posiblemente el rendimiento del cultivo de maíz seguirá creciendo cerca de los 5,5, toneladas por hectáreas para el año 20215, esto nos enseña una clara pauta que en la producción se irá incrementando considerablemente acorde a la relación del área estimulada para este producto (Baca, 2016).

## 1.12. LA CEBADA (*Hordeum vulgare L.*)

La cebada (*Hordeum vulgare L.*) provienen de la cebada silvestre (*Hordeum spontaneum sp*) la cual, da origen en Oriente Medio; estos dos orígenes son diploides. el cultivo de la cebada se define por ser una planta con un periodo anual, con raíz fibrosa, talla en caña fistulosa, hojas envainadoras lineales, inflorescencia en espiga compuesta y fruto cariósida. Los granos de la cebada son de uso en la industria de la alimentación ya que tienen vitaminas de complejo B (Diaz 2019).

Peñaherrera (2021) citado por Cajamarca y Montenegro (2015), nos comenta que el cultivo de la cebada presenta cuatro períodos, las cuales son: germinación, el desarrollo y macollamiento, la alineación de espiga y rellenada de semillas, y por último la madurez, el tiempo de cosecha varía de acuerdo con la diversidad y está influenciada por la altitud y las condiciones del clima.

### 1.13. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Capurro (2010) citado por Curi (2019) nos interpreta dos definiciones de la descripción botánica:

- **Hoja:** tiene hojas estrechas y de color verde claro
- **Tallo:** es erecto, grueso, tienen seis u ochos entrenudos (son anchos), están formados en la parte central.
- **Florescencias:** Gispert (2001) citado por Garrido (2017) nos indica que la florescencia de la cebada se une para crear una espiga, la cual tiene un eje central o raquis que está formado por nudos, la cual se desarrolla tres espiguillas. La cebada es un cultivo que tiene una especie autógena en la cual la polinización se produce cuando las espigas están cubiertas por una hoja protectora.
- **Semilla:** la semilla de la cebada es de color amarillo pálido con una estructura parecida a la del trigo, es una semilla que está protegida por una glumilla, protege al pericarpio (18%), endospermo (78.5%) y al germen (3.5%) (Rodríguez y Jiménez 2018).

### 1.14. TAXONOMÍA

Stein *et al* (2013) citado por Ponce *et al* (2020) nos dan a conocer la clasificación completa de la cebada:

**Reino:** Plantae

**Subreino:** Tracheobionta

**Supervisión:** Spermatophyta

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Liliopsida

**Subclase:** Commelinidae

**Orden:** Cyperales

**Familia:** Poaceae

**Género:** *Hordeum*

**Especie:** *H. vulgare L*

**Nombre científico:** *Hordeum vulgare L.*

**Nombre común:** Cebada

### **1.15. RENDIMIENTO DE CEBADA EN ECUADOR**

En el año 2016 en el Ecuador, la superficie cosechada de la cebada fue de 5.804 mil por hectárea, con una producción anual de 9.010 mil toneladas, la cual, se alcanzó un rendimiento al sector pecuario de 5,54% de total nacional (ESPAC 2016).

### **1.16. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El problema evidenciado de este trabajo es verse afectado por diversas enfermedades, como los hongos que suelen ser los principales patógenos que provocan fallos en la germinación, eclosión y caída de las plántulas debido a que se realiza sin suelo, lo que permite producir a partir de cualquier semilla, Esta variedad de sistemas se adapta a las zonas semisecas de la provincia de Manabí y otras similares de la región litoral, cuando la humedad relativa es excesiva al 90% las plantas reducen su transpiración y disminuye su crecimiento, por el

contrario, si es baja (Menos del 80%), las plantas transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse (Ramírez 2014).

Desde el 2012, el MAGAP abordo la política agropecuaria a través de un proceso de recuperación y presencia del estado en la política agraria, que en el 2016 se consolido el documento de política, sin embargo, en el país el sector agropecuario ha resaltado su importancia para el desarrollo económico, la seguridad y soberanía alimentaria, y en líneas generales han abordado los mismos objetivos contemplados en planes nacionales para el buen vivir (MAGAP 2016).

En innumerables ocasiones han ocurrido pérdidas importantes de ganado y de animales menores como consecuencia de déficits alimentarios o faltas de forraje, henos, ensilajes o granos para alimentación animal (FAO 2001). Hoy en día, la necesidad de contar con nuevos sistemas de producción de forraje es fundamental, ya que con esto se evitarían las grandes pérdidas productivas (bajo volumen de leche, pérdida de peso y baja fertilidad) que conllevan a las pérdidas económicas de los medianos y pequeños ganaderos. Es por esto por lo que el FVH es una alternativa válida para contrarrestar los efectos del cambio climático en la producción animal.

### **1.17. JUSTIFICACIÓN**

El forraje verde hidropónico, es una práctica que poco a poco se ha ido conociendo no solo a nivel local, sino nacional e internacional, aunque el FVH no se haga conocer mucho, es un método que logra beneficios para la escasez del agua, tienen más minerales para la producción de animales y el costo de producción es factible (Sotelo 2019).

Sánchez (2001) citado por Espinosa (2018) nos comparte que, en época seca, los animales padecen de alimento ya que hay un bajo rendimiento en las ganancias de peso, baja tasa de concepción en las hembras y fuerte caída de producción de leche. Muy aparte de eso, la producción de pasto no se puede manipular adecuadamente.

Según (Moreno, 2018) Cuando la humedad relativa pasa a un mayor porcentaje del 80%, la producción de FVH podría estar en riesgo con diferentes enfermedades por hongos. Para llegar a obtener una humedad en este rango, lo mejor que se podría hacer es que el forraje verde hidropónico se lo realizara dentro de un invernadero con repisas y con un sistema de riego por aspersión.

El maíz es una planta que tiene una capacidad de alta respuesta a las condiciones que nos ofrece el medio ambiente, a su vez tiene un alto nivel de respuesta a los efectos de luminosidad (Ríos, 2015).

Según Abarca et al., (2018) cuando existen condiciones bajas en escasez de agua en temporada seca, la carencia de alimento obliga a los productores a buscar otras alternativas de producción, usando la técnica de la hidroponía para así obtener un forraje verde hidropónico siendo una opción adecuada para los pequeños y medianos ganaderos.

La presente investigación se justifica que el forraje verde hidropónico se presenta como una buena alternativa para ser el sustituto durante esa época, tiene buenos nutrientes necesarios para que mantenga el crecimiento en los animales (Espinosa), darnos a entender que es una gran tecnología vegetal obtenida desde los estados de germinación y crecimiento temprano a partir de una semilla viable con alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para a alimentación de toda clase de animal.

## **1.18. HIPÓTESIS**

### **1.18.1. HIPÓTESIS NULA (H<sub>0</sub>)**

No hay diferencia significativa entre los tratamientos de las dos gramíneas (Maíz y Cebada).

### **1.18.2. HIPÓTESIS ALTERNA (H<sub>A</sub>)**

Los tratamientos de forraje verde hidropónico de las dos gramíneas (maíz y cebada) son altamente significativos.

## **1.19. OBJETIVOS**

### **1.19.1. OBJETIVO GENERAL**

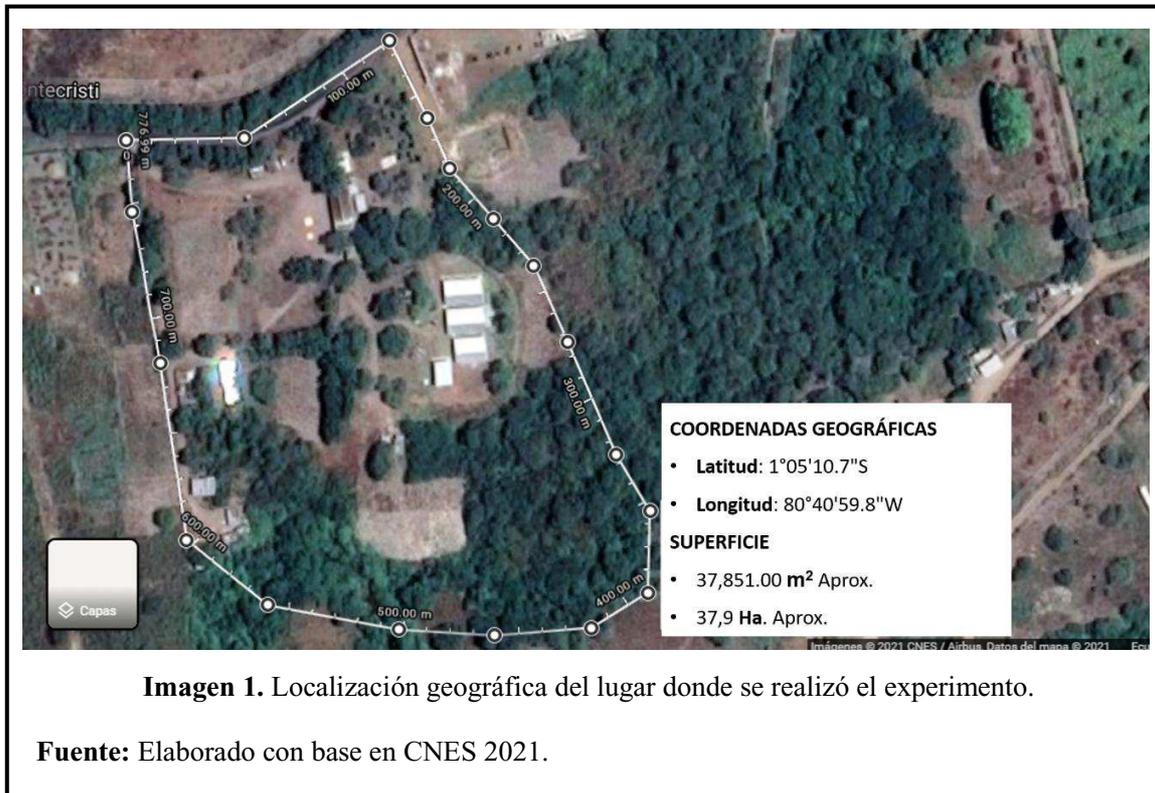
Evaluar el rendimiento de dos gramíneas (maíz y cebada) en el forraje verde del cultivo hidropónico en la finca experimental “Los Bajos” de la comuna Pechiche.

### **1.19.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Valorar la calidad nutricional de forraje verde hidropónico de las dos gramíneas, maíz y cebada.
- Determinar el nivel de proteína de las dos gramíneas (maíz y cebada) en forraje verde hidropónico en los bajos de pechiche
- Analizar el costo económico entre las dos gramíneas (maíz y cebada).

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA



**Imagen 1.** Localización geográfica del lugar donde se realizó el experimento.

**Fuente:** Elaborado con base en CNES 2021.

#### 2.1.1. UBICACIÓN ESPACIAL

La parte experimental se realizó en la finca experimental “Los Bajos” extensión de la ULEAM, ubicada en la comuna *Bajo del Pechiche* del cantón Montecristi, provincia de Manabí, entre las siguientes coordenadas: **Latitud** 1°05'10.7''S y **Longitud** 80°40'59.8''W

#### 2.1.2. DURACIÓN Y UBICACIÓN TEMPORAL

La presente investigación tuvo una duración de 3 meses, empezando con los preparativos y desarrollo de la fase experimental a inicios del mes de marzo y culminando con el análisis e interpretación de los resultados a finales del mes de mayo del año en curso.

## **2.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS**

Según el INAMHI (2015), las condiciones meteorológicas en los últimos 5 años del cantón Montecristi, fueron:

1. **Precipitación media anual:** 375 mm – 440 mm.
2. **Temperatura media anual:** 25.1 °C
3. **Humedad relativa (HR):** 73 – 81%
4. **Evapotranspiración potencial (ETP):** 113.18 mm/añual.
5. **Déficit hídrico:** 940.4 mm totales.

## **2.3. FACTORES EN ESTUDIO**

### **FACTOR 1 (G): GRAMÍNEAS**

- G1: Maíz
- G2: Cebada

### **FACTOR 2 (D): DENSIDAD DE SIEMBRA:**

- D1: 1.10 Kg/Bandeja.
- D2: 1.15 Kg/Bandeja.
- D3: 1.20 Kg/Bandeja.
- D4: 1.50 Kg/Bandeja. (testigo)

## 2.4. TRATAMIENTOS

**Cuadro 1.** Tratamientos del estudio sobre la “Evaluación del rendimiento de maíz y cebada en forraje verde de cultivo hidropónico en la finca experimental Los Bajos, Montecristi 2021”

TRATAMIENTO	CODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
T1	G1D1	Maíz 1.10 kg/Bandeja.
T2	G1D2	Maíz 1.15 kg/Bandeja.
T3	G1D3	Maíz 1.20 kg/Bandeja.
T4	G1D4	Maíz 1.50 kg/Bandeja.
T5	G2D1	Cebada 1.10 kg/Bandeja.
T6	G2D2	Cebada 1.15 kg/Bandeja.
T7	G2D3	Cebada 1.20 kg/Bandeja.
T8	G2D4	Cebada 1.50 kg/Bandeja.

## 2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), según el modelo de clasificación simple, con ocho tratamientos distribuidos al azar en tres repeticiones.

## 2.6. PRUEBAS FUNCIONALES

Para el análisis estadístico de los datos, se empleó el software estadístico **InfoStat** Versión: 2020e. Para calcular el coeficiente de variación y determinar el grado de variabilidad se realizó un Análisis de Varianza (ADEVA) al 95% de confianza. En aquellas fuentes de variación que presentaron diferencias estadísticas, se categorizaron mediante la prueba de comparación de medias (Tukey) al 0,05% de probabilidades del error.

## 2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO (ADEVA)

**Cuadro 2.** Esquema del Análisis de la Varianza del estudio sobre la “Evaluación del rendimiento de maíz y cebada en forraje verde de cultivo hidropónico en la finca experimental Los Bajos, Montecristi 2021”

FUENTE DE VARIACIÓN	<i>Fx</i>	GRADOS DE LIBERTAD
Tratamientos	$(t - 1)$	7
Bloques	$(r - 1)$	2
Error experimental	$(t - 1)(r - 1)$	14
Total	$(r * t) - 1$	23

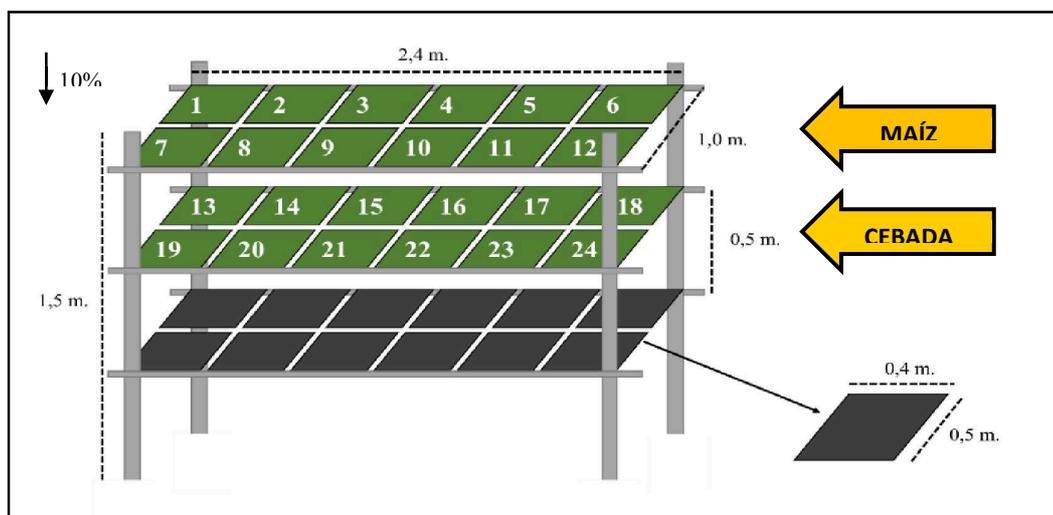
## 2.8. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población objeto de estudio consistió en un total de 24 bandejas. Para efectos de la investigación la muestra evaluada fue de 10 plántulas.

## 2.9. CARÁCTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

Forma de la unidad experimental:	Rectangular
No. de unidades experimentales/bandeja:	24
Largo de la UE:	0.50 m.
Ancho de la UE:	0.40 m.
Área total de la UE:	0.20 m <sup>2</sup> .
Área útil total:	4.80 m <sup>2</sup> .
Área total del experimento:	18 m <sup>2</sup> .

## 2.10. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES



**Figura 1.** Esquema estructural de la distribución de las unidades experimentales

**Cuadro 3.** Distribución de las unidades experimentales del estudio sobre la “Evaluación del rendimiento de maíz y cebada en forraje verde de cultivo hidropónico en la finca experimental Los Bajos, Montecristi 2021”

MAÍZ			CEBADA		
No.	TRATAMIENTO	BLOQUE	No.	TRATAMIENTO	BLOQUE
1	G1D1 (1.10 Kg)	I	13	G2D2 (1.15 Kg)	I
2	G1D3 (1.20 Kg)	I	14	G2D1 (1.10 Kg)	I
3	G1D3 (1.20 Kg)	II	15	G2D4 (1.50 Kg)	I
4	G1D4 (1.50 Kg)	I	16	G2D3 (1.20 Kg)	I
5	G1D3 (1.20 Kg)	III	17	G2D2 (1.15 Kg)	II
6	G1D2 (1.15 Kg)	I	18	G2D3 (1.20 Kg)	II
7	G1D4 (1.50 Kg)	II	19	G2D1 (1.10 Kg)	II
8	G1D2 (1.15 Kg)	II	20	G2D3 (1.20 Kg)	III
9	G1D1 (1.10 Kg)	II	21	G2D4 (1.50 Kg)	II
10	G1D2 (1.15 Kg)	III	22	G2D2 (1.15 Kg)	III
11	G1D1 (1.10 Kg)	III	23	G2D1 (1.10 Kg)	III

12	G1D4 (1.50 Kg)	III	24	G2D4 (1.50 Kg)	III
----	----------------	-----	----	----------------	-----

## 2.11. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

**Cuadro 4.** Esquema de la operacionalización de las variables del estudio sobre la “Evaluación del rendimiento de maíz y cebada en forraje verde de cultivo hidropónico en la finca experimental Los Bajos, Montecristi 2021”

LO ABSTRACTO			LO OPERATIVO
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
Forraje de maíz y cebada	Producto obtenido del proceso de germinación de semillas que después de 12 días es cosechado y suministrado a los animales como alimento	Proceso de germinación	12 Días
		Suministro	Kg/animal.
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
Parámetros nutricionales en FVH	Condiciones que permiten evaluar la capacidad nutricional de un forraje para ser suministrado como alimento a los animales	Porcentaje Germinación	%
		Altura de planta	cm.
		Nivel de pH	0 – 14
		Rendimiento en materia fresca	Kg/bandeja.
		Contenido de proteína bruta (MS)	%

## **2.12. VARIABLES EVALUADAS**

### **2.12.1. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN.**

Se evaluó el porcentaje de germinación tanto para el maíz como para la cebada. Del total de kilogramos a sembrar en cada bandeja, se escogió al azar una muestra de 100 g de las semillas previamente acondicionadas para la siembra, de esa muestra se escogieron 100 semillas y se colocaron en bandejas desechables por 3 días en el caso del maíz y, 7 días para la cebada en condiciones de alta humedad y oscuridad; transcurridos los días se contó el total de semillas que presentaron emergencia de la radícula del embrión, y se registró en la plantilla de Excel para su posterior análisis e interpretación. Así, de manera sucesiva se realizó el mismo procedimiento para los demás tratamientos y sus repeticiones. Para calcular el porcentaje de germinación se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ germinación} = \frac{\text{Total de semillas germinadas}}{100} \times 100$$

### **2.12.2. ALTURA DE PLANTA.**

Transcurridos los 12 días después de la siembra en las bandejas, se procedió a medir la altura de la planta en centímetros. Para ello se usó una cuadrícula de 54 x 45 cm. con un total de 30 cuadrículas en su interior de 9 x 9 cm. (6 cuadrículas horizontales y 5 verticales) previamente fabricada con malla electrosoldada de acero galvanizado. Esta se colocó sobre el tapete y al azar se escogieron 10 cuadrículas y de cada una, una plántula; con una regla se midió desde la parte superior de la plántula que sobresalía de la semilla, hasta el final de la última hoja, de esos 10 datos se calculó un promedio correspondiente a la altura de planta de esa unidad experimental. Así, de manera sucesiva se realizó el mismo procedimiento para los demás tratamientos y sus repeticiones.

### **2.12.3. NIVEL DE pH.**

Al día 12 de transcurrida la siembra, se tomó al azar una muestra representativa de 500 g. del contenido del tapete de forraje (raíces, follaje y restos de los cotiledones y semillas que no germinaron) y se almacenaron en bolsas de papel con perforaciones y se etiquetaron con el código del tratamiento al que correspondía cada muestra, se llevaron al laboratorio de análisis de la Facultad de Ciencias agropecuarias para el respectivo análisis. Los datos se registraron en la plantilla para el análisis e interpretación de los resultados.

### **2.12.4. CONTENIDO DE PROTEÍNA BRUTA (MS).**

Finalizado el ensayo, de cada unidad experimental se tomó una muestra representativa de 500 g. se almacenaron en bolsas de papel con perforaciones y se rotularon con la respectiva identificación del tratamiento, luego, fueron enviadas al laboratorio de análisis químico de la Estación Experimental Portoviejo-INIAP, para el análisis de contenido de proteína bruta (PB).

### **2.12.5. RENDIMIENTO EN KILOGRAMO DE MATERIA FRESCA.**

Al día 12 después de la siembra, antes de tomar cualquier muestra para los otros análisis, se calculó el rendimiento en Kilogramos de materia fresca para maíz y cebada, pesando cada tapete de forraje con ayuda de una balanza. Se registraron los datos en la plantilla para su posterior análisis e interpretación.

### **2.12.6. ANÁLISIS ECONÓMICO**

Para la evaluación económica de este proyecto se considera las semillas de maíz con un costo apreciable por Quintal, ventajosamente la tierra húmeda solar en la región costa es de mejor germinación a comparación de las semillas de Cebada que por temporada fue un poco más complicada conseguir y se asumió el costo de 26,50 por 66 lib. Adicionalmente entre los costos más fuertes que demandó el experimento son los siguientes:

- ✓ Bandejas germinativas aproximadamente \$106,<sup>06</sup>
- ✓ Estante de tres niveles por el costo de 109,<sup>30</sup>
- ✓ Bomba de agua con pH de 0.5% por \$49,<sup>00</sup>
- ✓ Plástico negro por \$44,<sup>00</sup>

## **2.13. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **2.13.1. ADECUACIÓN DEL INVERNADERO**

Se limpió un área de la finca de solo mampostería que no se ocupaba en ese entonces y en la cual se decidió ubicar el ensayo. En aquella área de 6 x 3 m. se colocaron a modo de cortinas geomembrana de 1.0 mm de espesor alrededor de todo el perímetro y por encima del mismo, con la finalidad de armar un espacio donde no ingresara la luz del sol directo y crear el medio para favorecer la germinación de las semillas.

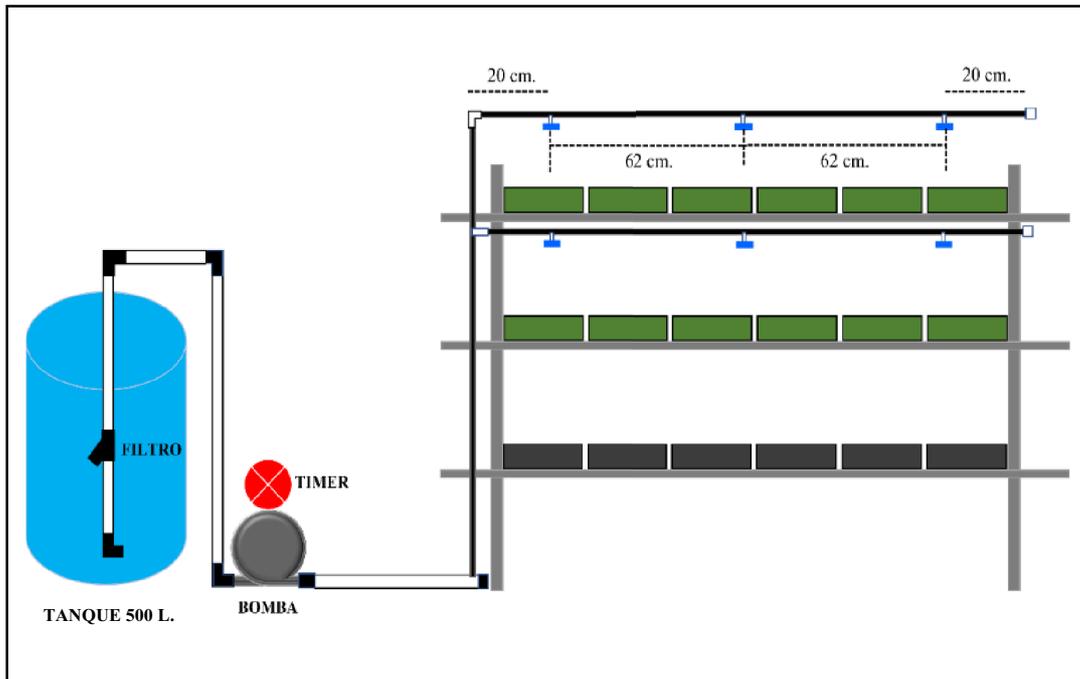
### **2.13.2. ESTANTERÍA**

Con tubería de PVC de 2" (Pulgadas) se armó una estantería de 3 niveles con capacidad para 36 bandejas para FVH de las cuales para efecto práctico solo se emplearon 2 de ellas, cada percha fue construida con un desnivel del 10% en la parte frontal para favorecer el drenaje del agua que se acumulaba en las bandejas. Se utilizaron bandejas de plástico a las que se les hizo dos orificios en uno de sus lados. Las medidas de las bandejas como de la estantería se detallan en la Figura 1.

### **2.13.3. SISTEMA DE RIEGO**

Para el almacenamiento del agua de riego, se empleó un tanque con capacidad de 500 L. Se utilizó un sistema de riego por microaspersión adaptado a una bomba de 0.5 HP directo a la toma de almacenamiento de agua y un temporizador que encendía la bomba de acuerdo con el programa de riego (Cuadro 5). Para la línea de riego, se utilizó manguera de 16 mm., los tramos fueron unidos con codos y T de 16 mm.; En cada línea de riego se colocaron 3 micro

aspersores a una separación de 62 cm, dejando 20 cm libres al comienzo y al final de cada línea (Figura 2).



**Figura 2.** Esquema estructural de la línea de riego

#### 2.13.4. FRECUENCIA Y TIEMPO DE RIEGO

El riego se lo realizó todos los días con una frecuencia entre riegos de 4 horas y una duración de 6 minutos, para ello se utilizó un temporizador digital programable (3000w) 110-120v que encendía la bomba de acuerdo con la frecuencia establecida para los riegos. En el Cuadro 5 se detallan las horas programadas para los riegos y su duración.

**Cuadro 5.** Horario de riegos programados en el temporizador.

LUNES A DOMINGO						
<b>Horario</b>	10:00 am	14:00 pm	18:00 pm	22:00 pm	02:00 am	06:00 am
<b>Duración</b>	6 min					

### **2.13.5. SELECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL**

Para efectos prácticos del ensayo, se emplearon semillas de maíz y cebada de variedad criolla.

### **2.13.6. PREPARACIÓN DEL MATERIAL VEGETAL**

Se empleó la metodología descrita por Capa (2014).

**Lavado y desinfección de las semillas:** Para retirar los residuos como: basura, granos partidos y demás impurezas, se sumergió las semillas en baldes con abundante agua limpia, retirando con un colador las impurezas ya mencionadas que se encontraban suspendidas en la superficie del agua, este proceso se realizó tres veces. Para eliminar cualquier crecimiento de microorganismos indeseados en el forraje, se sumergió las semillas previamente lavadas en una solución con hipoclorito de sodio al 1 % (10 mL. NaClO/L. de agua) por el lapso de 1 hora, posterior a esto, se retiró de la solución y se aclaró con abundante agua para eliminar excesos del desinfectante.

**Hidratación y pre-germinación de las semillas:** esta etapa tuvo una duración de 25 horas. Para la hidratación de las semillas se dejaron sumergidas en abundante agua durante 12 horas, transcurrido el tiempo, se retiraron del remojo y se dejaron 1 hora expuestas al aire para que las semillas se oxigenaran. Luego de ese tiempo se volvieron a sumergir en abundante agua por otras 12 horas. El objetivo de este proceso fue exponer a las semillas a la ruptura de latencia para dar inicio a la etapa de germinación.

**Germinación:** luego de transcurrido todo el proceso de preparación de las semillas, estas fueron colocadas en las bandejas en las densidades a estudiar; se llevaron al cuarto oscuro donde pasaron un período de 3 días, hasta que las semillas empezaran a germinar. Luego de que las plántulas empezaran a mostrar indicios de crecimiento de la primera hoja, se retiró el plástico que impedía el ingreso de la luz, esto, para favorecer el crecimiento del follaje y del tapete radicular durante los días restantes del ciclo de producción.

## **2.14. TOMA DE MUESTRAS PARA ANALISIS**

**PH:** en laboratorio, con ayuda de un mortero se trituró el contenido de cada bolsa para extraer todo el líquido posible de la muestra y así realizar la prueba. Ya triturada la muestra se colocó en un vaso de precipitado y se añadió agua destilada hasta que la solución alcanzara a cubrir el nivel del sensor del pH-metro, se rotuló el vaso con el contenido de la muestra, lo mismo se realizó para el resto de las muestras obteniendo un total de 24 muestras correspondiente a cada unidad experimental.

Paso siguiente, se procedió a calibrar el pH-metro con las diferentes soluciones Buffer. Ya calibrado el equipo, se limpió la punta del electrodo con agua destilada y se secó con una toalla de papel, luego se colocó este dentro de una de las muestras y se esperó hasta que se estabilizara el indicador de pH para luego registrar en la plantilla el resultado.

Este mismo procedimiento se realizó para cada una de las muestras, siempre aclarando bien el electrodo con agua destilada durante cada medición.

## **2.15. MATERIALES**

**Semillas:** Maíz y cebada

**Equipos:** Higrotermómetro digital Htc-1, temporizador digital programable 3000w 110-220v, bomba de agua de 0.5 PH, balanza de 2.0 Kg de capacidad.

**Materiales:** Bandejas, tanque, baldes, geomembrana, manguera de 16mm., codos y T de 16mm., micro aspersores, amarras plásticas, cheque, tubería, codos, T, uniones mixtas y tapones PVC de 2” (pulgadas), pegamento para tubería PVC.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

Se determinó el porcentaje de germinación para ambas gramíneas en FVH, las medias estadísticas para el factor gramínea, densidad de siembra y su interrelación se detallan en el **Cuadro 6**.

**Cuadro 6.** ADEVA y comparación de medias entre tratamientos para la variable [<sup>1</sup>Porcentaje de germinación] del estudio sobre la “Evaluación del rendimiento de maíz y cebada en forraje verde de cultivo hidropónico en la finca experimental Los Bajos, Montecristi 2021”.

Efecto A-B	p - valor	Tratamientos	Medias <sup>2</sup> $\alpha=0,05$	<sup>3</sup> CV (%)
<b>(A) Gramínea</b>	< 0,0001**	Maíz	86,33 <b>a</b>	
		Cebada	42,50 <b>b</b>	
<b>(B) Densidad de siembra</b>	< 0,0001**	1,50	68,33 <b>a</b>	
		1,20	66,17 <b>ab</b>	
		1,15	63,17 <b>b</b>	
		1,10	60,00 <b>c</b>	
<b>(A*B) Gramínea x Densidad</b>	< 0,0001**	T4: Maíz:1,50	95,67 <b>a</b>	<b>2,81</b>
		T3: Maíz:1,20	86,33 <b>b</b>	
		T2: Maíz:1,15	83,00 <b>bc</b>	
		T1: Maíz:1,10	80,33 <b>c</b>	
		T7: Cebada:1,20	46,00 <b>d</b>	
		T6: Cebada:1,15	43,33 <b>de</b>	
		T8: Cebada:1,50	41,00 <b>de</b>	
		T5: Cebada:1,10	39,67 <b>e</b>	

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )

1 basados en una muestra de 100 semillas

2 Alpha (Tukey al 0.05% de significancia)

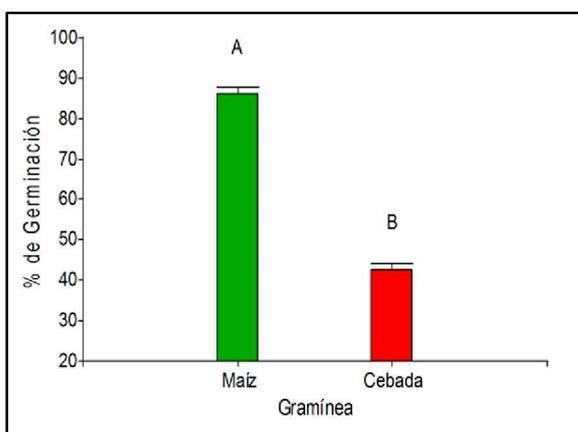
3 coeficiente de variación

\*\* valores altamente significativos  $p \leq 0.01$

El rango para el coeficiente de variación de la variable porcentaje de germinación se declara como “Excelente” (5 – 10), con un 2,81% que está por debajo del rango establecido el cual

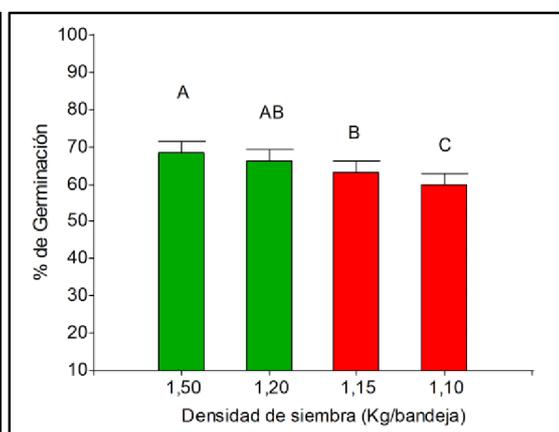
indica el nivel de confiabilidad de los datos obtenidos. Debido a la diferencia altamente significativa ( $p \leq 0.01$ ) presentada entre las medias, se rechaza la hipótesis nula, aceptando la condicional de la hipótesis alterna que estable la diferencia entre los tratamientos en estudio.

Las diferencias encontradas fueron altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) para el factor gramínea (**Cuadro 6**), siendo el maíz quien obtuvo el mejor porcentaje de germinación con un 86,33 %, superando al doble de su valor a la cebada quien reportó el menor porcentaje de germinación del ensayo con un 42,50 % (**Gráfico 1**).



**Gráfico 1.** Efecto del tipo de gramínea en el porcentaje de germinación.

DMS= 1,58285

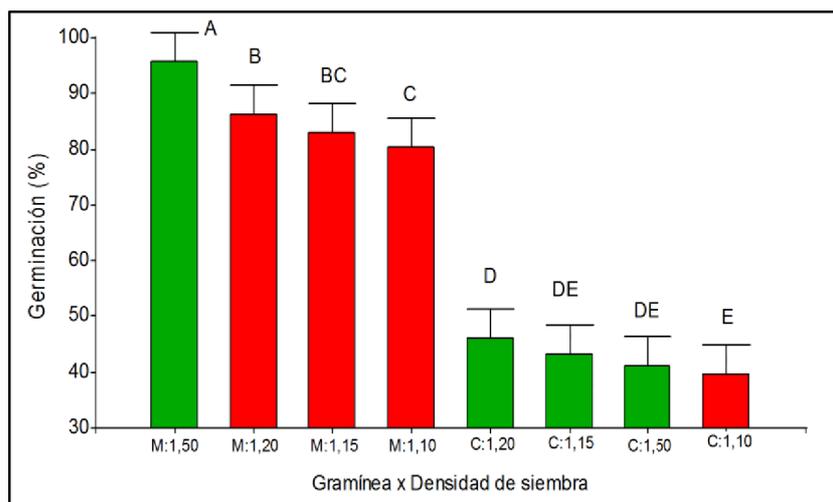


**Gráfico 2.** Efecto de la densidad de siembra en el porcentaje de germinación.

DMS= 3,03355

Para el factor densidad de siembra, así mismo, se encontraron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) (**Cuadro 6**) que, con 1,50 Kg de semillas/bandeja se obtuvo un porcentaje de germinación del 68,33 %, sin embargo, un porcentaje similar al primero del 66,17 % se encontró al colocar 1,20 Kg de semillas/bandeja (**Gráfico 2**), lo que indica que ambas densidades de siembra estadísticamente brindan un porcentaje de siembra similar. Cabe destacar que, de igual manera 1.15 Kg de semillas/bandeja logra brindar un porcentaje similar de germinación presentado por la densidad 1,20 Kg de semillas/bandeja, por lo que, 1,20 y 1,15 Kg de semillas/bandeja brindan porcentajes similares, pero son superados estadísticamente por la densidad más alta 1,50 Kg/bandeja.

Finalmente, en cuanto a la interacción de ambos factores, se observa como en el cuadro 6 estadísticamente ( $p \leq 0.01$ ) el tratamiento 4 (Maíz:1,50 Kg/bandeja) supera al resto de tratamientos obteniendo el mayor porcentaje de germinación del experimento de 95,67 % (**Gráfico 3**).



**Gráfico 3.** Efecto de la interacción entre el factor gramínea x densidad de siembra sobre el porcentaje de germinación.

DMS= 5,20831

### 3.2. ALTURA DE PLANTA (CM)

Las medias para altura de planta de este ensayo se detallan en el Cuadro 7.

Se obtuvo un coeficiente de variación de 5,71% clasificado dentro del rango como “Excelente”, lo cual nos indica el nivel de confiabilidad de los datos obtenidos en esta investigación. También, como se logra observar en el **Cuadro 7**, se acepta la hipótesis nula, pues no existe diferencia estadística entre los tratamientos

Para el factor gramínea, se reportó un alto nivel de significancia ( $p \leq 0,01$ ) por parte del maíz, quien registró una longitud superior (17,54 cm.) en comparación a la cebada, cuya longitud no fue suficiente para mostrarse estadísticamente superior o similar al maíz (16,06 cm.) (**Gráfico 4**).

**Cuadro 7.** ADEVA y comparación de medias entre tratamientos para la variable [Altura de planta (cm)] del estudio sobre la “Evaluación del rendimiento de maíz y cebada en forraje verde de cultivo hidropónico en la finca experimental Los Bajos, Montecristi 2021”.

Efecto A-B	p - valor	Tratamientos	Medias <sup>1</sup> $\alpha= 0,05$	<sup>2</sup> CV (%)
<b>(A) Gramínea</b>	<b>0,002**</b>	Maíz	17,54 <b>a</b>	
		Cebada	16,06 <b>b</b>	
<b>(B) Densidad de siembra</b>	<b>0,004**</b>	1,15	18,20 <b>a</b>	
		1,20	16,92 <b>ab</b>	
		1,50	16,17 <b>b</b>	
		1,10	15,92 <b>b</b>	
<b>(A*B) Gramínea x Densidad</b>	0,080	T2: Maíz:1,15	18,33 <b>a</b>	<b>5,71</b>
		T6: Cebada:1,15	18,07 <b>ab</b>	
		T4: Maíz:1,50	17,83 <b>ab</b>	
		T3: Maíz:1,20	17,50 <b>ab</b>	
		T1: Maíz:1,10	16,50 <b>abc</b>	
		T7: Cebada:1,20	16,33 <b>abc</b>	
		T5: Cebada:1,10	15,33 <b>bc</b>	
		T8: Cebada:1,50	14,50 <b>c</b>	

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )

1 Alpha (Tukey al 0.05% de significancia)

2 coeficiente de variación

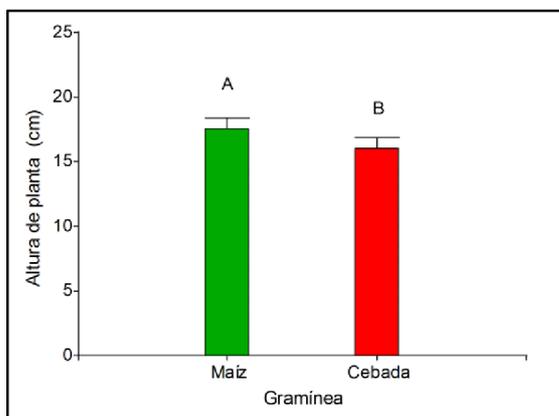
\*\* valores altamente significativos  $p (\leq 0.01)$

Superficie de siembra= 0,2 m<sup>2</sup>.

Las densidades que estuvieron estrechamente relacionadas a las longitudes de las plántulas fueron 1,15 Kg/bandeja y 1,20 Kg/bandeja, siendo la primera en reportar una mayor longitud (18,20 cm.) sin embargo, la media para 1,20 Kg/bandeja logra demostrar que con esa densidad se logran longitudes estadísticamente similares a la anterior (16,92 cm.) (**Cuadro 5**).

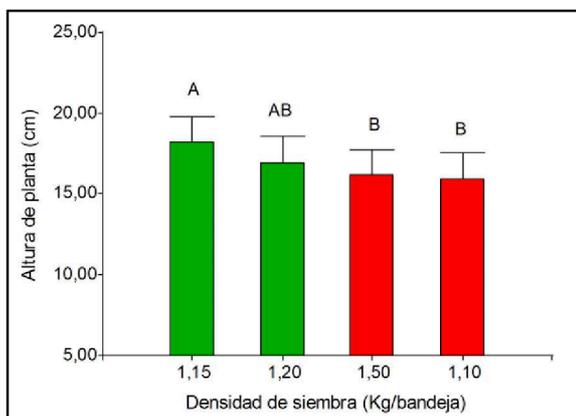
Estadísticamente no se registró diferencia significativa en altura de las plántulas al ( $p \leq 0,05$ ) y ( $p \leq 0,01$ ) para la interacción entre los factores, ya que todos los tratamientos presentan similitudes en sus medias (**Gráfico 6**), siendo la altura del maíz y la cebada indiferente a las densidades de siembra empleadas para este ensayo, pues ya sea con la recomendada por la

literatura (1,50 Kg/bandeja) o las planteadas en la investigación, el resultado estadísticamente es similar para todas.



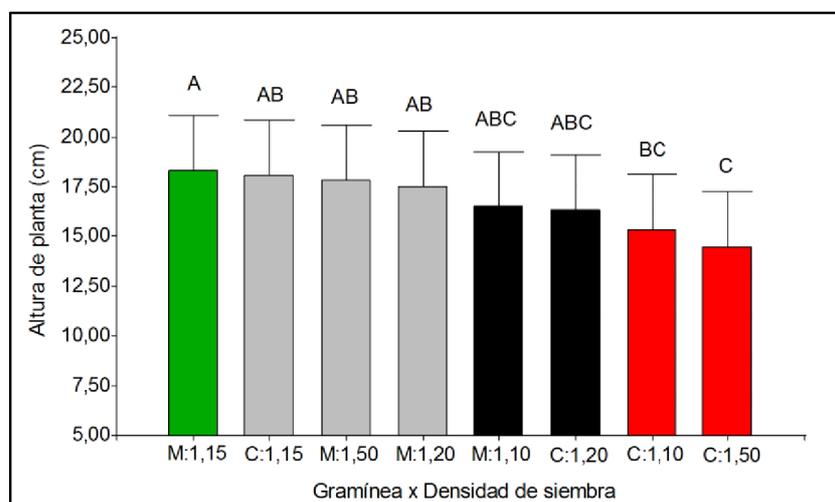
**Gráfico 4.** Efecto del tipo de gramínea en la altura del FVH al día 12.

**DMS= 0,84004**



**Gráfico 5.** Efecto de la densidad de siembra en la altura del FVH al día 12.

**DMS=1,60995**



**Gráfico 6.** Efecto de la interacción entre el factor gramínea x densidad de siembra sobre la altura del FVH al día 12.

**DMS= 2,76412**

### 3.3. NIVELES DE PH

**Cuadro 8.** ADEVA y comparación de medias entre tratamientos para la variable [Nivel de pH] del estudio sobre la “Evaluación del rendimiento de maíz y cebada en forraje verde de cultivo hidropónico en la finca experimental Los Bajos, Montecristi 2021”.

Efecto A-B	p - valor	Tratamientos	Medias <sup>1</sup> $\alpha= 0,05$	<sup>2</sup> CV (%)
<b>(A) Gramínea</b>	<b>0,0002**</b>	Cebada	<b>6,1 a</b>	<b>3,87</b>
		Maíz	<b>5,7 b</b>	
<b>(B) Densidad de siembra</b>	0,83	1,20	<b>5,9 a</b>	
		1,15	<b>5,9 a</b>	
		1,10	<b>5,9 a</b>	
		1,50	<b>5,8 a</b>	
<b>(A*B) Gramínea x Densidad</b>	0,96	T7: Cebada:1,20	<b>6,2 a</b>	
		T5: Cebada:1,10	<b>6,1 a</b>	
		T6: Cebada:1,15	<b>6,1 a</b>	
		T8: Cebada:1,50	<b>6,1 a</b>	
		T2: Maíz:1,15	<b>5,7 a</b>	
		T3: Maíz:1,20	<b>5,7 a</b>	
		T1: Maíz:1,10	<b>5,7 a</b>	
		T4: Maíz:1,50	<b>5,6 a</b>	

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

1 Alpha (Tukey al 0.05% de significancia)

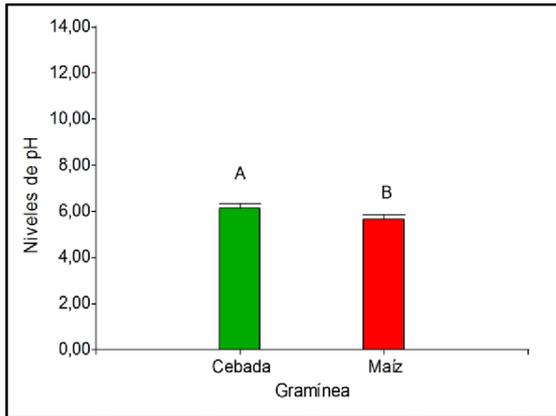
2 coeficiente de variación

\*\* valores altamente significativos  $p \leq 0,01$

Superficie de siembra= 0,2 m<sup>2</sup>.

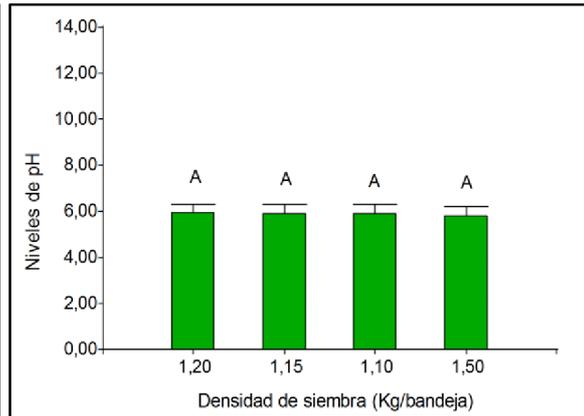
El coeficiente de variación para la variable nivel de pH fue de 3,87 muy por debajo del rango (5 – 10) clasificado como “Excelente”, lo que indica el nivel de confiabilidad de los datos obtenidos. Se registró diferencia altamente significativa ( $p \leq 0,01$ ) para el factor gramínea (**Cuadro 8**) donde el maíz registró un pH más cercano al neutro (**Gráfico 7**), sin embargo, no hubo diferencias entre tratamientos, por lo que, se acepta la hipótesis nula, que establece la igualdad entre los tratamientos.

Tanto los factores: gramíneas y densidades (**Gráfico 8**) no fueron determinantes para establecer diferencias estadísticas entre sí, ya sea maíz o cebada en las densidades estudiadas, todas lograron reportar medias estadísticas similares para niveles de pH (**Gráfico 9**).



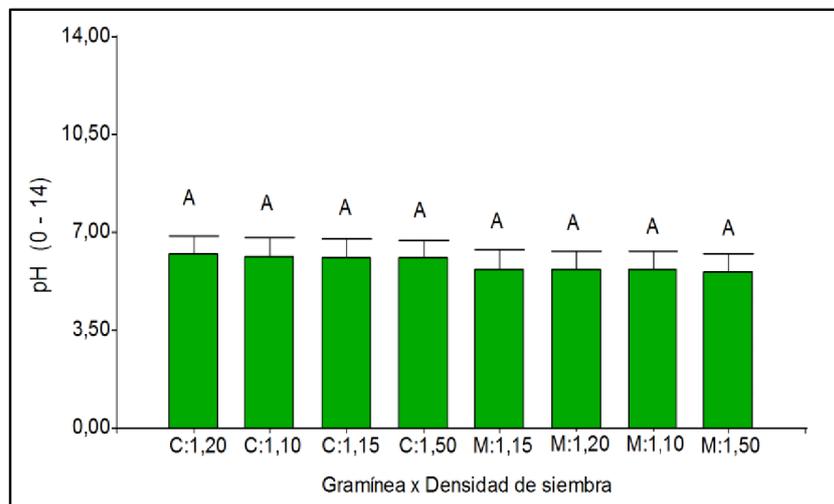
**Gráfico 7.** Efecto del tipo de gramínea en los niveles de pH del forraje.

DMS= 0,19937



**Gráfico 8.** Efecto de la densidad de siembra en los niveles de pH del forraje.

DMS= 0,38210



**Gráfico 9.** Efecto de la interacción entre el factor gramínea x densidad de siembra sobre los niveles de pH del forraje

DMS= 0,65602

### 3.4. RENDIMIENTO EN MATERIA FRESCA (MF)

En el **Cuadro 9** se detallan las medias obtenidas para la variable Rendimiento en materia fresca (MF).

**Cuadro 9.** ADEVA y comparación de medias entre tratamientos para la variable [Rendimiento en materia fresca (MF)] del estudio sobre la “Evaluación del rendimiento de

maíz y cebada en forraje verde de cultivo hidropónico en la finca experimental Los Bajos, Montecristi 2021”.

Efecto A-B	p - valor	Tratamientos	Medias <sup>1</sup> $\alpha= 0,05$	<sup>2</sup> CV (%)
<b>(A) Gramínea</b>	< 0,0001**	Maíz	4,86 a	
		Cebada	2,10 b	
<b>(B) Densidad de siembra</b>	0,10	1,50	3,97 a	
		1,15	3,54 a	
		1,20	3,36 a	
		1,10	3,04 a	
<b>(A*B) Gramínea x Densidad</b>	0,75	T4: Maíz:1,50	5,44 a	17,37
		T2: Maíz:1,15	5,08 a	
		T3: Maíz:1,20	4,68 a	
		T1: Maíz:1,10	4,23 ab	
		T8: Cebada:1,50	2,50 bc	
		T7: Cebada:1,20	2,04 c	
		T6: Cebada:1,15	1,99 c	
		T5: Cebada:1,10	1,85 c	

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )

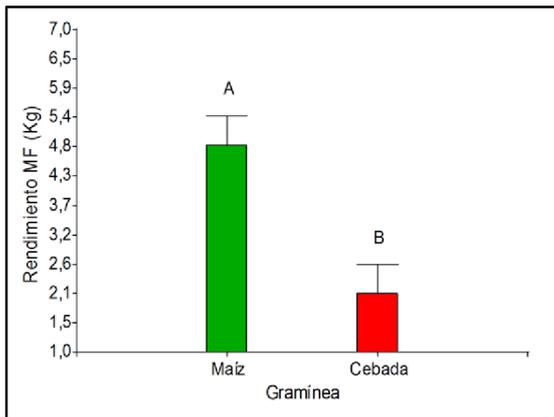
1 Alpha (Tukey al 0.05% de significancia)

2 coeficiente de variación

\*\* valores altamente significativos  $p (\leq 0.01)$

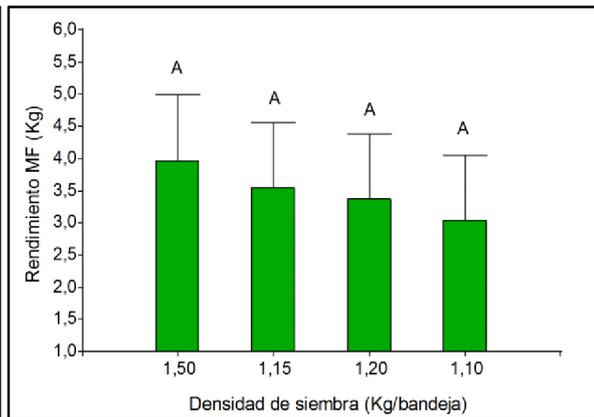
Superficie de siembra= 0,2 m<sup>2</sup>.

El coeficiente de variación para la variable Rendimiento en materia fresca fue de 17,37 dentro del rango entre (16 – 20) clasificado como “Bueno”, lo que indica el nivel de confiabilidad de los datos obtenidos en el experimento. Se reportó diferencia altamente significativa ( $p \leq 0,01$ ) para el factor gramínea (**Cuadro 9**) donde, el maíz registró un rendimiento por encima de la cebada 4,86 y 2,10 Kg/bandeja de 0,2 m<sup>2</sup>, respectivamente (**Gráfico 10**), sin embargo, no hubo diferencias entre tratamientos, por lo que, se acepta la condicional de la hipótesis nula, que establece la igualdad entre los tratamientos.



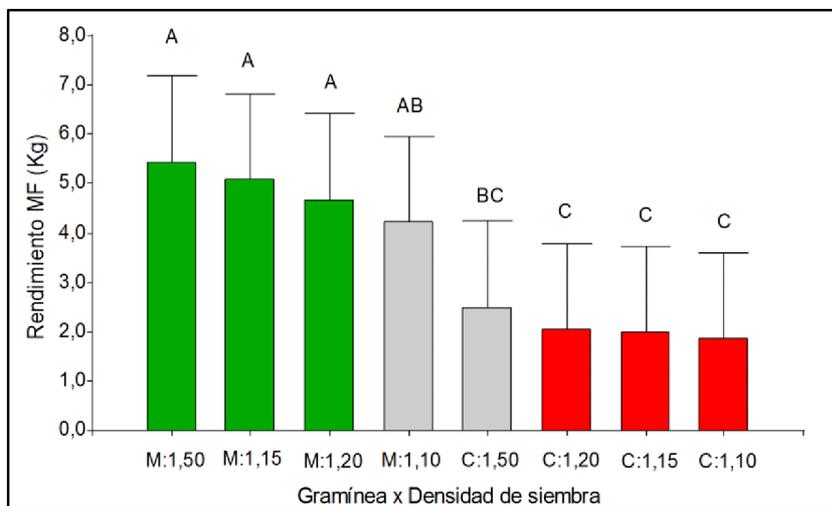
**Gráfico 10.** Efecto del tipo de gramínea sobre el rendimiento en materia fresca

DMS= 0,52870 Superficie de siembra: 0,2 m<sup>2</sup>



**Gráfico 11.** Efecto de la densidad de siembra en los niveles de pH del forraje.

DMS= 1,01325 Superficie de siembra: 0,2 m<sup>2</sup>



**Gráfico 12.** Efecto de la interacción entre el factor gramínea x densidad de siembra sobre los niveles de pH del forraje

DMS= 1,73965 Superficie de siembra: 0,2 m<sup>2</sup>

La interacción entre los factores gramíneas y densidades de siembra si se observa una diferencia, aunque el p- valor sea mayor que 0,05. El maíz tuvo un mejor rendimiento en comparación a la cebada tal y como se aprecia en el **Gráfico 12**, siendo el tratamiento 4, 2, 3 y 1 quienes se desempeñaron mejor al resto de tratamientos con un promedio del rendimiento de 5,44 - 5,05 - 4,68 y 4,23 Kg/bandeja de 0,2 m<sup>2</sup>, respectivamente.

### 3.5. CONTENIDO DE PROTEÍNA BRUTA (%)

En el **Cuadro 10** se detallan las medias obtenidas para la variable Contenido de Proteína Bruta (%). Los porcentajes de proteína están basados en el contenido de 500 g. de forraje verde hidropónico.

**Cuadro 10.** ADEVA y comparación de medias entre tratamientos para la variable [\*Contenido de proteína bruta (%)] del estudio sobre la “Evaluación del rendimiento de maíz y cebada en forraje verde de cultivo hidropónico en la finca experimental Los Bajos, Montecristi 2021”.

Efecto A-B	p - valor	Tratamientos	Medias <sup>1</sup> $\alpha=0,05$	<sup>2</sup> CV (%)
<b>(A) Gramínea</b>	< 0,0001**	Maíz	15,05 <b>a</b>	
		Cebada	6,10 <b>b</b>	
<b>(B) Densidad de siembra</b>	0,15	1,20	11,73 <b>a</b>	
		1,50	11,09 <b>a</b>	
		1,10	10,15 <b>a</b>	
		1,15	9,34 <b>a</b>	
<b>(A*B) Gramínea x Densidad</b>	0,71	T3: Maíz:1,20	16,51 <b>a</b>	<b>16,99</b>
		T4: Maíz:1,50	15,01 <b>a</b>	
		T1: Maíz:1,10	14,36 <b>a</b>	
		T2: Maíz:1,15	14,33 <b>a</b>	
		T8: Cebada:1,50	7,17 <b>b</b>	
		T7: Cebada:1,20	6,95 <b>b</b>	
		T5: Cebada:1,10	5,94 <b>b</b>	
		T6: Cebada:1,15	4,34 <b>b</b>	

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )

1 Alpha (Tukey al 0.05% de significancia)

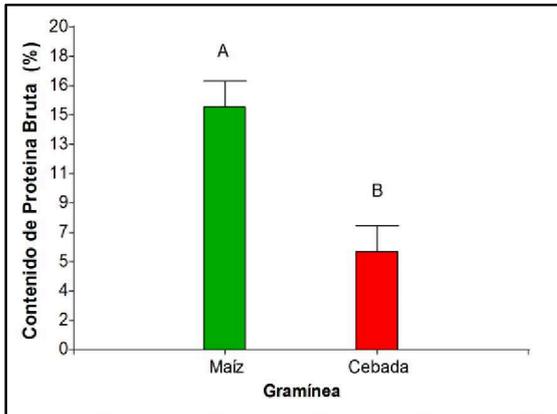
2 coeficiente de variación

\*\* valores altamente significativos  $p \leq 0.01$

\* Contenido de proteína por cada 500 g de FVH

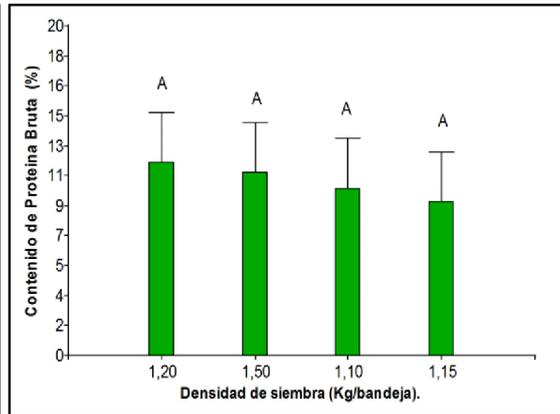
El coeficiente de variación para la variable Contenido de proteína bruta fue de 16,99 % dentro del rango entre (16 – 20) clasificado como “Bueno”, lo que indica el nivel de confiabilidad de los datos obtenidos en esta investigación. Se reportó diferencia altamente significativa ( $p \leq 0,01$ ) (**Cuadro 10**) para el factor gramínea donde, el maíz registró un porcentaje por encima de la cebada 15,05 % y 6,10 % de PB por cada 500 g. de materia verde, respectivamente

(Gráfico 13), sin embargo, se acepta la condicional de la hipótesis nula, que establece la igualdad entre los tratamientos, ya que no hubo diferencias estadísticas entre ellos.



**Gráfico 13.** Efecto del tipo de gramínea sobre el contenido de proteína bruta

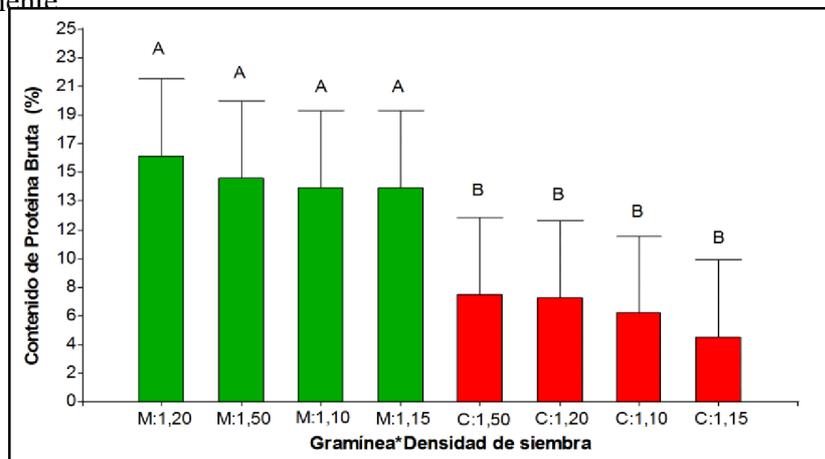
DMS= 1,57369



**Gráfico 14.** Efecto de la densidad de siembra sobre el contenido de proteína bruta.

DMS= 3,01599

En la interacción entre los factores gramíneas y densidades de siembra si se observa una diferencia, aunque el p- valor sea mayor que 0,05. El maíz tuvo un mejor desempeño en comparación a la cebada tal y como se aprecia en el **Gráfico 15**, siendo el tratamiento 3, 4, 1 y 2 quienes se desempeñaron mejor al resto de tratamientos con un promedio de porcentaje de proteína bruta de 16,51 - 15,01 - 14,36 y 14,33 % de PB por cada 500 g. de FVH, respectivamente



**Gráfico 15.** Efecto de la interacción entre el factor gramínea x densidad de siembra sobre el contenido de proteína bruta.

DMS= 5,17817

## 4. DISCUSIÓN

Los estudios realizados por Gómez (2007), registran una diferencia estadística ( $p \leq 0,05$ ) en cuanto al porcentaje de germinación, en su estudio sobre la evaluación de forraje verde hidropónico en maíz y cebada, el maíz registró un porcentaje por encima del 90 %, superando a la cebada por un 75 %, estos resultados concuerdan con los presentados en este ensayo, ya que el maíz superó a la cebada por algo más del doble, sin embargo, la diferencia es notable en cuanto al porcentaje de germinación de la cebada.

El porcentaje de germinación de la cebada fue de 42,50 % en esta investigación y esto puede explicarse a que esta especie que en los últimos años ha despertado el interés como especie forrajera, es de climas templados, Gómez realizó su investigación en la ciudad de Riobamba perteneciente a la provincia del Chimborazo, donde fácilmente la temperatura media anual es de 7 °C y es, en este tipo de medio donde esta especie se desarrolla con más amplitud; de la misma manera, Tomalá (2021) y, Rodríguez y Rosado (2021) reportan resultados similares a los encontrados en el presente ensayo.

En un estudio realizado y publicado por Ramírez y Soto (2017), donde estudiaron el efecto de dosis altas y bajas en nitrógeno sobre la producción de FVH de maíz, concluyeron que la altura del forraje sin ningún plan de fertilización es superior numéricamente a un forraje con un plan de fertilización alto en N, sin embargo, estadísticamente son similares, por lo que, la aplicación de N no es justificable, pero, los resultados de Ramírez y Soto, y, los presentados en esta investigación, no concuerdan, con lo reportado por Yansi y González (2018), quienes registraron una mayor longitud en el forraje de maíz con el uso de fertilizantes orgánicos, esto lo respalda Flores y Chilon (2019), quienes reportaron longitudes mayores en forraje de cebada al utilizar abonos.

Esto hace referencia a que, sin fertilizantes se puede alcanzar un mayor tamaño en altura del tapete, como si se usara fertilizantes para “favorecer” su desarrollo, sin embargo, no solo las densidades de siembra, sino, las condiciones climáticas y el desempeño de las variedades

utilizadas juegan un papel fundamental en el desarrollo del forraje, y es fundamental su estudio para una correcta toma de decisiones.

Los resultados en el pH están respaldados por Arias *et al.* (2019), quienes no reportaron diferencias ( $p \leq 0,05$ ) en el pH, pues se reportaron pH cercanos al neutro entre un rango de 5 – 6 como lo registrado en este ensayo, así mismo, Boccanera (2017) no registró diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ) en el pH del FVH de maíz y cebada utilizado en dietas para cabras lecheras.

El rendimiento en la cebada no fue el esperado, debido a las condiciones climáticas de la zona, que no favorecieron el cultivo de esta gramínea como forraje. Estudios realizados en cebada y maíz forrajero determinaron que no existe diferencia estadística ( $p \leq 0,05$ ), entre los tratamientos hubo un comportamiento estadísticamente similar, según lo reportado por García (2005). Sin embargo, en un estudio realizado por Gómez (2007), se registró diferencias estadísticas al evaluar el maíz como forraje hidropónico a una densidad de 1,0 kg/bandeja donde registró el mayor rendimiento (6,35 Kg de forraje/kg de semilla). Esto último podría estar indicando que dosis por encima de 1,0 Kg/bandeja no serían tan convenientes, ya que los resultados de esta investigación y los reportados por García indican que dosis altas producen menos kilogramos, posiblemente, a que las plántulas no tengan un correcto desarrollo cuando están compitiendo con altas densidades por el agua, la luz y los nutrientes del medio.

Soto y Ramírez (2018), tampoco reportaron diferencias en el porcentaje de proteína bruta en su estudio, lo que respalda los resultados de esta investigación, sin embargo, algo similar pasó en su estudio, el maíz obtuvo el mejor desempeño, en relación con el resto de tratamientos.

## 5. CONCLUSIONES

Se obtuvo un porcentaje de germinación del 95,67 % con el tratamiento 4 (Maíz:1,50 Kg/bandeja).

Si bien es cierto, que una mayor altura del forraje lo obtuvo el tratamiento 2, el maíz, sumando la estrecha relación con la densidad de siembra 1,15 Kg/bandeja, estadísticamente no existe diferencias ya que longitudes similares fueron alcanzadas por los otros tratamientos, sin embargo, repercute en cuanto a los costos.

El nivel de pH no se vio influenciado significativamente por el tipo de gramínea forrajera utilizada ni por la densidad de siembra.

En cuanto a rendimiento en MF, si existe una estrecha relación entre el maíz y la cebada, siendo el primero en reportar los mejores rendimientos, pero entre las densidades no existe una marcada diferencia.

El porcentaje de proteína no se vio influenciado por el tipo de semilla forrajera ni por la densidad de siembra, sin embargo, el maíz se desempeñó mejor que la cebada con un porcentaje de 16,51 % en relación con el resto de los tratamientos en estudio.

## **6. RECOMENDACIONES**

Con base en los resultados obtenidos, bajo las condiciones de cultivo en la comuna Los Bajos del cantón Montecristi de la provincia de Manabí, se recomienda:

Si lo que se busca es una mayor altura del forraje y un buen rendimiento en materia fresca, el uso de maíz a una densidad de siembra de 1,50 Kg/0,2 m<sup>2</sup>. Si, por lo contrario, se requiere reducir costos en la producción del alimento para los animales, se recomienda el maíz a una densidad de siembra de 1,15 Kg/0,2 m<sup>2</sup>.

Para mayor porcentaje de proteína bruta al día 12, se recomienda el uso de maíz a 1,20 Kg/0,2 m<sup>2</sup>.

Realizar nuevas investigaciones para validar el uso del forraje como dieta única o como suplemento en la alimentación de especies rumiantes y no rumiantes de interés zootécnico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, P; silva, L; Aguirre, C; Mora, D; Carrasco, J. sf. Boletín INIA n°321. Producción de forraje verde hidropónico para pequeña agricultura. Consultado el 30 Jun. 2021. Disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/forraje\\_hidroponico/54-inia.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/forraje_hidroponico/54-inia.pdf)
- Acosta N. 2016. Evaluación de la biomasa hidropónica de maíz como alimento para caprinos criollos en crecimiento-ceba. UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CENTRO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. Pag 52, consultado el 12 de febrero del 2021. Disponible en [https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7320/Nestor%20Acosta\\_Tesis%20PhD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7320/Nestor%20Acosta_Tesis%20PhD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Albert G, Alonso N, Cabrera A, Rojas L, Rosthoj S. 2017. EVALUACIÓN PRODUCTIVA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ, AVENA Y TRIGO. Universidad Nacional de Asunción - Facultad de Ciencias Veterinarias - Cátedra de Agrostología y Edafología - San Lorenzo – Paraguay. Pag 8 – 9, consultado el 11 de febrero del 2021. Disponible en: [http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=G2226-17612016000100002](http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=G2226-17612016000100002)
- Arias, RO; Muro, MG; Marino, B; Trigo, MS; Boyezuk, D; Cordiviola, CA. 2019. Aporte nutricional del Forraje Verde Hidropónico en la alimentación de cabras cruza criollas x Nubian. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 118(1):133-140. Consultado el 01 de agosto del 2021. Disponible en: <https://revistas.unlp.edu.ar/revagro/article/view/7618/6659>
- Baca, L. 2016. La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria. Pag 33. Consultado el 30 de junio del 2021. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12652/La%20produccion%20de%20ma%C3%ADz%20amarillo%20en%20el%20Ecuador%20y%20su%20relacion%20con%20la%20soberania%20alimentaria%20-%20Luis%20Al.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Badillo, A. 2016. “EVALUACIÓN DEL APORTE DE GALLINAZA FRESCA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) VARIEDAD INIAP 122, EN DOSIS DIFERENTES, EN LA PARROQUIA MALCHINGUÍ, CANTÓN PEDRO MONCAYO, PROVINCIA PICHINCHA”. Consultado el 26 de junio del 2021. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10735/1/INFORME%20FINAL%20DE%20TESIS%20MAIZ%20%2012-01-2016.pdf>
- Balam, L. 2019. Modelo tecnológico para producción de forraje verde hidropónico de Maíz *Zea mays*. Consultado el 4 de agosto del 2021. Pag 12. Disponible en:

[http://ri.ujat.mx/bitstream/20.500.12107/3459/1/TESIS\\_LUIS\\_GUSTAVO\\_BALAM\\_L\\_OPEZ.pdf](http://ri.ujat.mx/bitstream/20.500.12107/3459/1/TESIS_LUIS_GUSTAVO_BALAM_L_OPEZ.pdf)

- Boccanera, M. 2017. Utilización de Forraje Verde Hidropónico en dietas para caprinos (en línea). Tesis Lic. Buenos Aires, Argentina, Universidad Nacional de La Plata. Consultado 24 ago 2021. Disponible en [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/61201/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/61201/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- Cajamarca, B; Montenegro, S. 2015. Selección de una línea promisorio de Cebada (*Hordeum vulgare* L.) bio – fortificada, de grano descubierto y bajo contenido en fitatos, en áreas vulnerables de la sierra sur ecuatoriana. Consultado el 30 Jun. 2021. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23473/1/TESIS%20CEBADA.pdf>
- Cajamarca, L. 2016. Evolución del Maíz. Ecología y medio Ambiente. (En línea). Consultado el 26 de junio del 2016. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/295757660/Evolucion-Del-Maiz>.
- Castillo, H. 2019. Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción ante el cambio climático. Consultado el 10 de junio del 2021. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/334070761\\_Forraje\\_verde\\_hidroponico\\_una\\_a\\_lternativa\\_de\\_produccion\\_ante\\_el\\_cambio\\_climatico](https://www.researchgate.net/publication/334070761_Forraje_verde_hidroponico_una_a_lternativa_de_produccion_ante_el_cambio_climatico)
- Chavarría, A. Castillo, S. 2018. El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja. Consultado el 26 de junio del 2021. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941755005/3941755005.pdf>
- CNES (Centro Nacional de Estudios Espaciales). 2021. Coordenadas Google Maps Los Bajos del Pechiche: 1°05'10.7''S/80°40'59.8''W (en línea). Consultado 07 ago. 2021. Disponible en <https://www.google.com.ec/maps/@-1.086336,-80.6838794,328m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4>
- Cruz, A. 2016. Evaluación e tres variedades del cultivo de lechuga (*Latuca sativa*.) en dos sistemas de hidroponía bajo ambiente semi controlado en el centro experimental chocloca. Ventana Científica. Consultado el 2 de agosto del 2021. Disponible en: [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=G2305-60102016000200005&lng=es&nrm=iso](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=G2305-60102016000200005&lng=es&nrm=iso)
- Curi, F. 2019. Efecto del biol elaborado a base de orina humana y microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en condiciones ambientales de Acobamba-Huancavelica. Consultado el 04 de agosto del 2020. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2845/TESIS-2019-AGRONOMIA-CURI%20LUCAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Deras, H. Serrano, R. 2018. Cultivo de maíz (*Zea mays* L.). El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). Consultado el 4 de agosto del 2021. Disponible en:

[http://centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Centa\\_Ma%C3%ADz%202019.pdf](http://centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Centa_Ma%C3%ADz%202019.pdf)

- Díaz, C. 2019. Aboos foliares (Japaj Húmico, 4N-20 y Biol) en el rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Abancay-Apurímac – 2017. Consultado el 03 de agosto del 2021. Disponible en: <http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/257/Abonos%20foliares%20%28japaj%20h%2c%20bamico%2c%204n-20%20y%20biol%29%20en%20el%20rendimiento%20del%20forraje%20verde%20hidrop%2c%20b3nico%20de%20cebada.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
- ESPAC, 2016- Instituto nacional de estadística y censo. Consultado el 1 jul. 2021. Disponible en: <file:///C:/Users/User/Downloads/Presentacion%20ESPAC%202016.pdf>
- Espinosa, W. 2018. Evaluación de densidades de siembra en maíz, arroz y frijol vigna en la producción de forraje verde hidropónico. Revista Investigaciones Agropecuarias. Panamá, vol. 1, n°. 2, pp. 55-27. Consultado el 04 de agosto del 2021. Disponible en: [https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones\\_agropecuarias/article/view/493/403](https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/493/403)
- Flores Gutiérrez, S; Chilon Camacho, E. 2019. Aplicación de abono líquido aeróbico en la producción de forraje verde hidropónico, en dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L) en el centro experimental de Cota Cota. Revista de la carrera de Ingeniería Agronómica. Vol. 1, n.5. pag. 1430-1440. Consultado el 22 de enero. 2021. Disponible en: <http://apthapi.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/19/16>
- Franco, G. P. (2016). Ventajas y desventajas del forraje verde hidropónico. Consultado 26 de junio del 2021. Disponible en: <http://fvhaprende.blogspot.com/2016/04/ventajas-y-desventajas-del-fvh.html>
- García Cruz, A. 2005. Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento y la calidad del forraje verde hidropónico (en línea). Tesis Lic. Coahuilla, México, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Consultado 24 ago 2021. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1345/T15034%20GARCIA%20CRUZ%2C%20ANGELICA%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garduño, F. 2011. Modelo de producción de forraje verde mediante hidroponía. Pag 22-24. Consultado el 30 de junio del 2021. Disponible en: <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8314/1/Tesis%20MODELO%20DE%20PRODUCCION%20DE%20FV.pdf>
- Garrido, B. 2017. Evaluación del comportamiento agronómico y cinco niveles de fertilización en dos variedades de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en tunshi provincia de Chimborazo. Consultado el 30 Jun. 2021. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/8177/1/13T0856.pdf>
- Gómez Hidalgo, MI. 2007. Evaluación del forraje verde hidropónico de maíz y cebada, con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimiento y engorde de cuyes (en línea). Tesis Lic. Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.

- Consultado 24 ago. 2021. Disponible en <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1813/1/17T0725.pdf>
- Gonzales, E. 2015. Producción de forraje verde hidropónico de maíz *Zea mays*. L. en invernadero con diferentes niveles de silicio (en línea). Consultado el 26 de junio del 2021. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v32n1/v32n1a07.pdf>
- Guzmán, C. De la Pava, R. 2017. Manual forraje verde hidropónico para pequeños productores. Colombia. Consultado el 4 de agosto del 2021. Disponible en: <https://es.calameo.com/read/00527288440fda49deefe>
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Ecuador). 2015. Red de estaciones automáticas hidrometeorológicas (en línea). Consultado 07 ago. 2021. Disponible en <https://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- Inga, J. 2020. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en la producción de forraje verde hidropónico de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar centenario bajo condiciones de invernadero en Huaraz, Ancash, 2019. Perú. Consultado el 01 de agosto del 2021. Disponible en: [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4478/T033\\_44847681\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4478/T033_44847681_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Jácome, P. 2018. Propuesta de otra alternativa de alimento para ganado lechero del cantón Mejía a base de forraje verde hidropónico. Universidad central del Ecuador. Consultado el 22 de enero. 2021. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16929/1/T-UCE-0005-CEC-003-P.pdf>
- Larrea, R. 2016. Evaluación de tres soluciones hidropónicas comerciales en la producción de dos asociaciones de forraje verde hidropónico (FVH) como alternativa de transferencia de tecnología, Latacunga, 2015. Consultado el 1 de agosto del 2021. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5447/6/TC-001347.pdf>
- Loa, G. 2018. Forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) en la dieta de cuyes machos (*Cavia porcellus*) en recría. Abancay-Perú. Consultado el 01 agosto del 2021. Disponible en: [http://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/763/T\\_0472.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/763/T_0472.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- MAGAP (2016). La política agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025. I parte. Consultado el 22 de enero del 2021. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/analisis-de-politicas-agropecuarias-en-ecuador.pdf>
- Mejía, D. Reyes, A. 2020. Exploración para la producción de forraje verde hidropónico de maíz y sorgo para la alimentación del ganado lechero: Revisión de literatura. Pag 8. Consultado el 2 de agosto del 2021. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6790/1/CPA-2020-T073.pdf>

- Mejía, J. 2019. Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción ante el cambio climático. Consultado el 4 de agosto del 2021. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941756002/html/index.html>
- Mera, A. 2018. Evaluación hidropónica de dos variedades de *Zea mays* (Maíz) valorando tiempos y enraizadores orgánicos e inorgánicos. Ecuador, consultado el 4 de agosto del 2021. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1276/1/UNESUM-ECUADOR-AGROPECUARIA-2018-08.pdf>
- Moreno, I. 2018. Evaluación Nutricional y económica de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) empleando grano comercial. Pag 14-15. Consultado el 8 de septiembre del 2021. Disponible en: [https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14958/TFG\\_Isaac%20Moreno%20Alvarado.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14958/TFG_Isaac%20Moreno%20Alvarado.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Orellana, E. 2015. Evaluación de tres niveles de fertilización en forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeu vulgare*). Universidad politécnica salesiana, sede Cuenca. Consultado el 21 de enero. 2021. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8154/1/UPS-CT004907.pdf>
- Pacco, J. 2018. PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA Y AVENA CON ADICIÓN DE FITOHORMONAS EN CABANA – PUNO. Pag 37. Consultado el 3 de agosto del 2021. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10373/Pacco\\_Cahuana\\_Julio\\_C%20C3%A9sar.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10373/Pacco_Cahuana_Julio_C%20C3%A9sar.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ponce, Luis; Noroña, P; Campaña, D; Garófalo, J; Coronel, J; Jiménez, C; Cruz, E. la cebada (*Hordeum vulgare* L.) generalidades y variedades mejoradas para la sierra ecuatoriana. Instituto nacional de investigaciones agropecuarias. Manual N°. 116. Consultado el 03 de agosto del 2021. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf>
- PRODUCTOR, 2019. Expectativas de la cosecha de Maíz 2019. Ecuador. Consultado el 28 de junio del 2021 disponible en: <https://elproductor.com/wp-content/uploads/2019/04/revista%20abril%20maiz.pdf>
- Ramírez Viquez, C; Soto Bravo, F. 2017. Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. Agron. Costarricense vol.41 n.2. San Pedro de Montes de Oca. Consultado el 10 Jul. 2021. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242017000200079](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242017000200079)
- Ramírez, M. 2014. TIPOS Y CLASIFICACIÓN DE HONGOS QUE AFECTAN AL FORRAJES VERDE HIDROPÓNICO EN LA COMARCA LAGUNERA. Pag 27, consultado el 21 de enero del 2021. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4140/TIPOSYCLASIFICACIONDEHONGOSQUEAFECTANALFORRAJEVERDEHIDROPONICOENLAACOMARCALAGUNERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ríos, R. 2015. Efecto de la amonificación de la paja de maíz, sobre su valor nutricional. Torreón. Consultado el 8 de septiembre del 2021. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6925/RAFAEL%20ALEXIS%20CORONEL%20RIOS.pdf?sequence=1>
- Rodríguez Ibarra, JX; Rosado Párraga, AJ. 2021. Efecto combinado de un fertilizante mineral y un bioestimulante sobre la producción de forraje verde hidropónico (en línea). Tesis Lic. Calceta, Ecuador, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Consultado 24 ago. 2021. Disponible en <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1424/1/TTA11D.pdf>
- Rodríguez, I; Jiménez, E. 2018. Efecto del enriquecimiento de suelos con abonos verdes sobre la producción de cebada maltera. Consultado el 04 de agosto del 2021. Disponible en: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/2196/Efecto%20del%20enriquecimiento%20de%20suelos%20con%20abonos%20verdes%20sobre%20la%20producci%C3%B3n%20de%20cebada%20maltera..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, O. 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. Consultado el 1 jul. 2021. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4252/1/UPSE-TAA-2017-031.pdf>
- Samaniego, M. 2016. Utilización de forraje hidropónico *Zea mays* (maíz), en la alimentación de *Cavia porcellus* (cuyes), en la etapa de crecimiento y engorde en la provincia de Morona Santiago”. Macas-Ecuador. Consultado el 28 de enero. 2021. En línea: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/5386/1/17T1416.pdf>
- Sinavimo.gov.ar. (2016). *Zea mays*. Consultado el 28 de junio del 2021. Disponible en: <http://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/zea-mays>
- Sotelo, J. Rendimiento de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cultivar variedad centenaria, aplicando tres volúmenes de riego por microaspersión, bajo condiciones de invernaderos en Huaraz, año 2019. Consultado el 01, sep. 2021. Disponible en: [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4076/T033\\_45620292\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4076/T033_45620292_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Soto-Bravo, F; Ramírez-Viquez, C. 2018. Efecto de la nutrición mineral en el rendimiento y las características bromatológicas del forraje verde hidropónico de maíz. Pastos y Forrajes 41(2):106-113. Consultado 14 sep. 2021. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/pvf/v41n2/pvf04218.pdf>
- Tomalá Flores, NM. 2021. Producción de forraje verde hidropónico bajo la aplicación de biofertilizantes (en línea). Tesis Lic. La Libertad, Santa Elena, Ecuador, Universidad Estatal Península de Santa Elena. Consultado 24 ago 2021. Disponible en <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5694/1/UPSE-TIA-2021-0013.pdf>

- Vargas, C. 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agronomía mesoamericana* Vol. 2, n.19. pag, 223-240. Consultado el 22 de enero. 2021. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v19n02\\_233.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v19n02_233.pdf)
- Villacrés, M. Ortega, L. Chávez, D. 2017. caracterización de los sistemas de producción de caprinos en la provincia de Santa Elena. *Revista científica y tecnológica UPSE*. Consultado el 2 de agosto del 2021. Disponible en: <https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/268>
- Yansi Méndez, A; González Duarte, VC. 2018. Evaluación de dos fertilizantes orgánicos en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) en el Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa, durante el período de enero-marzo, 2018. Tesis Lic. Boaco, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria. Consultado 24 ago 2021. Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/3757/1/tnf04m538.pdf>
- Zagal M, Martínez S, Salgado S. 2016. Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. Consultado el 23 de enero del 2021. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=G2448-61322016000100029#:~:text=El%20Forraje%20Verde%20Hidrop%C3%B3nico%20\(FVH,avena%2C%20cebada%2C%20ma%C3%ADz.\)&text=Las%20semillas%20utilizadas%20por%20mencionar,cebada%20\(Rodr%C3%ADguez%2C%202006\).](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=G2448-61322016000100029#:~:text=El%20Forraje%20Verde%20Hidrop%C3%B3nico%20(FVH,avena%2C%20cebada%2C%20ma%C3%ADz.)&text=Las%20semillas%20utilizadas%20por%20mencionar,cebada%20(Rodr%C3%ADguez%2C%202006).)
- Zúñiga A y Beauregard I. 2020. Evaluación de tres productos desinfectantes sobre semillas de maíz y cebada para la producción en la tecnología de forraje verde hidropónico. *Costa Rica*, vol. 23, n°2. Consultado el 01 de agosto del 2021. Disponible en: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/repertorio/article/view/3180/4265>

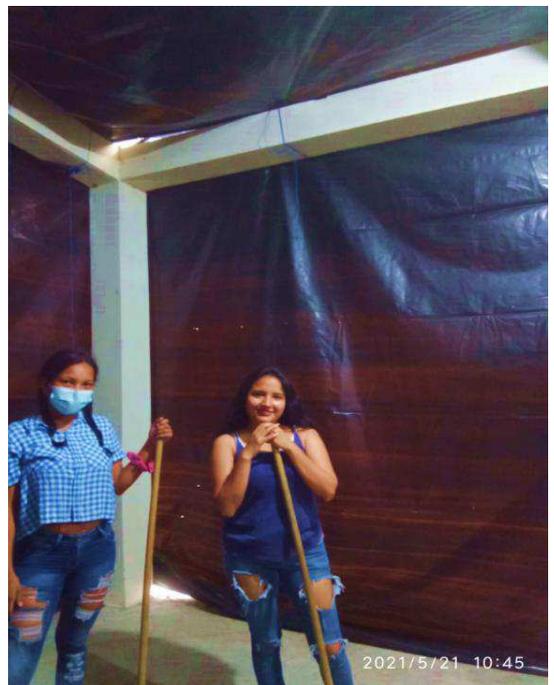
## ANEXOS



**Foto 1:** Cerramiento de la infraestructura con geomembrana para la producción de FVH



**Foto 2:** Perchas de 3 niveles con capacidad para 36 bandejas forrajeras



**Foto 3:** limpieza del área destinada a la producción del forraje



**Foto 4:** Bandejas de 40 x 50 cm que fueron utilizadas para la producción del forraje



**Foto 5:** Colocación de bandejas en la estantería



**Foto 6:** Instalación del sistema de riego por microaspersión





**Foto 7:** selección y pesaje de las semillas de maíz y cebadas para su respectiva desinfección



**Foto 8:** Limpieza de las semillas



**Foto 9:** Retirando las impurezas presentes en las semillas



**Foto 10:** Desinfección de las semillas: .Se agregó 8 tarros de agua y 80 ml de cloro por tacho en las semillas de maíz.



**Foto 11:** proceso de oxigenación de las semillas transcurridas las primeras 12 horas de hidratación



**Foto 12:** pesaje y siembra de las semillas en sus respectivas bandejas



**Foto 13:** identificación de las bandejas ya sembradas





**Foto 14:** primeros brotes de las semillas de maíz y cebada izquierda y derecha respectivamente.



**Foto 15.** Día cuatro de FVH con cerramiento en el área



**Foto 16.** Después del dejar el cultivo con luz natural



**Foto 17.** Forraje verde hidropónico en crecimiento



**Foto 18.** Ultimo día de nuestro cultivo



**Foto 19.** Cultivo de cebada en forraje verde hidropónico



**Foto 20.** Tomando medidas de altura de cebada



**Foto 21.** Tomando medidas de altura de maíz



**Foto 24.** Último día de cultivo de maíz y cebada en forraje verde hidropónico



**Foto 25.** Recolección de muestra de Ph en maíz



**Foto 26.** Recolección de muestra de Ph en cebada

**Cuadro 11. Costo de producción**

<b>Materiales</b>		<b>CANT</b>	<b>P. uni</b>	<b>P. total</b>
Semillas de Maíz qq	Qq	1	\$ 14,50	\$ 14,50
Semillas de Cebada	Lib	66	\$ 0,40	\$ 26,50
Termómetro Higómetro Digital Bodega Incubadora Htc-1		1	\$ 6,25	\$ 6,25
Timer Temporizador Digital Programables 3000w 110-220v		1	\$ 25,00	\$ 25,00
Bandejas germinativas para FVH		24	\$ 4,42	\$ 106,06
Tanque de plástico de 500 litros	-	1	\$ 15,00	\$ 15,00
	-			
Plástico negro (27 metros) (\$44,00)	Metro	27	\$ 1,63	\$ 44,00
Cloro	Litro	1	\$ 1,00	\$ 1,00
<b>Sistema de riego por aspersión</b>				
Amarras plásticas			\$ 1,00	\$ 1,00
Cheque de media pulgada		1	\$ 5,25	\$ 5,25
Un estante de 3 niveles metal		1	\$ 109,30	\$ 109,30
Bomba de agua con pH de 0.5%		1	\$ 49,00	\$ 49,00
bandejas germinativas para FVH			\$ 2,00	
Tubos de agua de 2 pulgadas			\$ 2,00	
Micro Aspersores		9	\$ 0,15	\$ 1,35
Codos para manguera		3	\$ 0,12	\$ 0,36
Adaptador flexible		3	\$ 0,23	\$ 0,69
Manguera de sistema de riego de 16 mm	metros	20	\$ 0,50	\$ 10,00
Tapones para manguera (4) (cada uno 0,15ctvs) (total, 0,60ctvs)		4	\$ 0,15	\$ 0,60
Abrazaderas		6	\$ 0,30	\$ 1,80
2 unión mixta de media pulgada (\$2.80)		1	\$ 2,80	2,8
Neplo 1" (2,20)		1	\$ 2,20	2,8
<b>TOTAL</b>				\$ 423,26