



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**TEMA:**

**Evaluación del efecto de tres soluciones nutritivas en forraje  
verde hidropónico de Avena sativa.**

**AUTORA:**

**Romero Balbera, María José**

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del  
título de INGENIERA AGROPECUARIA**

**TUTORA:**

**Ing. Caicedo Coello, Noelia Carolina**

**Guayaquil, Ecuador  
06 de septiembre de 2023**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**  
**CARRERA DE AGROPECUARIA**

### **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente **Trabajo de Integración Curricular**, fue realizado en su totalidad por **Romero Balbera María José**, como requerimiento para la obtención **del título de Ingeniera Agropecuaria**.

#### **TUTORA**

---

**Ing. Caicedo Coello, Noelia Carolina, MSc.**

#### **DIRECTORA DE LA CARRERA**

---

**Ing. Paola Estefanía, Pincay Figueroa, MSc.**

**Guayaquil, a los 06 del mes de septiembre del año 2023**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Romero Balbera, María José**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Integración Curricular, **Evaluación del efecto de tres soluciones nutritivas en forraje verde hidropónico de Avena sativa previo** a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Integración Curricular referido.

**Guayaquil, a los 06 del mes de septiembre del año 2023**

**LA AUTORA**

---

**Romero Balbera, María José**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**  
**CARRERA DE AGROPECUARIA**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Romero Balbera, María José**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución el **Trabajo de Integración Curricular, Evaluación del efecto de tres soluciones nutritivas en forraje verde hidropónico de Avena sativa, presentado por el estudiante Romero Balbera** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 06 del mes de septiembre del año 2023**

**LA AUTORA**

---

**Romero Balbera, María José**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE AGROPECUARIA

## CERTIFICADO COMPILATIO

Se revisó el Trabajo de Integración Curricular, **Evaluación del efecto de tres soluciones nutritivas en forraje verde hidropónico de Avena sativa** presentado por la estudiante Romero Balbera, María José, de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, donde obtuvo del programa COMPILATIO, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada..

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
magister

**Evaluación del efecto de tres soluciones nutritivas en forraje verde hidropónico de Avena sativa**

Nombre del documento: Evaluación del efecto de tres soluciones nutritivas en forraje verde hidropónico de Avena sativa.docx  
ID del documento: 1a778a2c3a8f5723d1150a8501fa1e6d548530e  
Tamaño del documento original: 1,31 KB

Depositante: Noelia Carolina Caicedo Coello  
Fecha de depósito: 1/02/2023  
Tipo de carga: interface  
Fecha de fin de análisis: 1/02/2023

Número de palabras: 5261  
Número de caracteres: 33.193

Similitudes: 0%  
Texto entre comillas: 0%  
Similitudes entre comillas: 0%  
Idioma no reconocido: 0%

Ubicación de las similitudes en el documento:

**Fuentes con similitudes fortuitas**

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	PASTO FORRAJERO DE MAIZ Pdf.docx   PASTO FORRAJERO DE MAIZ Pdf.docx	< 1%		Palabras idénticas: = 1% (15 palabras)
2	www.doi.org	< 1%		Palabras idénticas: = 1% (13 palabras)
3	elica.cayapas.edu.ec   Manualidad: Comparativo de rendimiento de cultivos agrícolas	< 1%		Palabras idénticas: = 1% (13 palabras)

Fuente: COMPILATIO-Usuario Caicedo Coello, 2023

Certifica

**Ing. Noelia Caicedo Coello, MSc.**

TUTORA

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios, por permitirme vivir y disfrutar de cada día de mi vida, que todo momento triste que tuve en algún momento lo transformó en felicidad porque después de la tormenta llega la paz.

No ha sido sencillo el camino, pero tampoco imposible, agradezco a Juan Carlos Peñaherrera, que siempre me dio su apoyo y cariño incondicional, Gracias por querer siempre lo mejor para mí.

A mis amigos de la Universidad Génesis Cedeño, Ronny Tumbaco, Leonardo López, Fernando Álvarez, más que compañeros establecimos una linda amistad, con los que compartí horas esperando que tengamos la siguiente clase con los que salíamos y nos ayudábamos en los deberes, los quiero mucho.

A mis mejores amigas, Damaris León, Jeannette Pita y Kerlly Ibarra, por sus mensajes que mandaban en el grupo de cómo iba con mi Trabajo de Titulación, me alegra saber que a pesar de los años nuestra amistad sigue intacta y que estén presente en uno de los momentos especiales para mí.

A las Ingenieras Sandra Peñafiel y Thais Aguirre, con sus conocimientos ayudarme en la realización de mi Trabajo de Titulación, se dieron un momento de su tiempo para compartir conmigo en la facultad, Muchas Gracias Chicas.

A mi amigo Sebastián Díaz, por brindarme su ayuda cuando la he necesitado.

Gracias a mi compañero Luis Rivadeneira, por siempre estar ayudándome en la universidad y darme ánimos para no rendirme.

## **DEDICATORIA**

Dedico mi Trabajo de Titulación a mis padres, Rafael Romero y Maryanella Balbera, por estar siempre conmigo apoyándome incondicionalmente durante mi carrera; diciéndome que todo esfuerzo tiene su recompensa y hoy está reflejado, por eso es para mí una satisfacción dedicarles a ellos todo mi esfuerzo.



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**  
**CARRERA DE AGROPECUARIA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**Ing. Caicedo Coello, Noelia Carolina, MSc.**

TUTORA

---

**Ing. Pincay Figueroa, Paola Estefanía, MSc.**

DIRECTORA DE LA CARRERA

---

**Ing. Caicedo Coello, Noelia Carolina, MSc.**

COORDINADORA DE UTE



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**  
**CARRERA DE AGROPECUARIA**

## **CALIFICACIÓN**

---

**Ing. Caicedo Coello, Noelia Carolina, MSc.**

TUTORA

## ÍNDICE GENERAL

<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1Objetivos</b> .....	<b>3</b>
1.1.1Objetivo general. ....	3
1.1.2Objetivos específicos.....	3
<b>2MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1Producción del forraje</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2Composición química del forraje</b> .....	<b>4</b>
<b>2.3Forraje</b> .....	<b>5</b>
<b>2.4Tipos de forraje</b> .....	<b>5</b>
2.4.1Heno. ....	5
2.4.2Ensilaje.....	5
<b>2.5Requerimientos de alimentación para el ganado</b> .....	<b>6</b>
<b>2.6Forraje verde hidropónico</b> .....	<b>7</b>
<b>2.7Beneficios del forraje verde hidropónico</b> .....	<b>7</b>
2.7.1Inconvenientes del forraje verde hidropónico. ....	8
2.7.2Sostenibilidad en el forraje verde. ....	9
<b>2.8Rendimiento en el cultivo de forraje hidropónico</b> .....	<b>9</b>
<b>2.9Producción de la Avena en Hidroponía</b> .....	<b>10</b>
<b>2.10Ventajas y Desventajas del uso de FVH</b> .....	<b>11</b>
2.10.1Ventajas. ....	11
2.10.2Desventajas. ....	11
2.11Características y Taxonomía de la Avena ( <i>Avena sativa</i> )	12
<b>2.12Composición química de la <i>Avena sativa</i></b> .....	<b>13</b>
<b>2.13Principales requerimientos nutricionales</b> .....	<b>14</b>
<b>3MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1Lugar de la Investigación</b> .....	<b>16</b>
3.2.1Material genético. ....	16
3.2.2Materiales y equipos. ....	16
<b>3.3Tratamientos en estudio</b> .....	<b>17</b>

3.4	Diseño experimental y Análisis estadístico .....	17
3.5	Manejo de experimento.....	18
3.6	Análisis de varianza .....	18
3.7	Recolección de datos.....	18
3.8	Variables a evaluar .....	18
3.8.1	Número de hojas. ....	19
3.8.2	Longitud de las hojas (cm). ....	19
3.8.3	Altura de la planta (cm).....	19
3.8.4	Longitud radicular. ....	19
3.8.5	Peso fresco.....	19
3.8.6	Peso seco. ....	19
3.9	Análisis de costos del ensayo.....	19
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1	Número de hojas .....	20
4.2	Longitud de las hojas (cm) .....	21
4.3	Altura de la planta (cm).....	21
4.4	Longitud radicular.....	22
4.5	Peso fresco .....	23
4.6	Peso seco .....	24
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	26
5.1	Conclusiones.....	26
5.2	Recomendaciones.....	26
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27
	ANEXOS.....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición Química común del forraje .....	5
<b>Tabla 2.</b> Descripción en el cultivo de avena .....	13
<b>Tabla 3.</b> Taxonomía de cultivo en avena .....	13
<b>Tabla 4.</b> Composición Química de la Avena.....	14
<b>Tabla 5.</b> Concentración de los nutrientes .....	17
<b>Tabla 6.</b> Esquema de análisis de varianza .....	18
<b>Tabla 7.</b> Costos por concepto de producción .....	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b><u>Figura 1.</u></b> Localización del lugar.....	16
<b><u>Figura 2.</u></b> Número de hojas.....	20
<b><u>Figura 3.</u></b> Longitud de la hoja.....	21
<b><u>Figura 4.</u></b> Altura de la planta .....	22
<b><u>Figura 5.</u></b> Longitud radicular .....	23
<b><u>Figura 6.</u></b> Peso Fresco (raíz, hojas, tallo) .....	24
<b><u>Figura 7.</u></b> Peso seco (raíz, tallo, hojas).....	25

## RESUMEN

En la investigación se evaluó el efecto de tres soluciones nutritivas en Forraje Verde Hidropónico (FVH) de avena (*Avena sativa*), el proyecto donde se realizó el trabajo experimental fue la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Se utilizó la infraestructura con sus 36 bandejas y fue colocado en una estructura de tres pisos en la que se ubicó 12 bandejas por pisos. El riego se realizó por goteros mediante 3 riegos diarios, cabe destacar que las semillas fueron lavadas y desinfectadas luego fueron esparcidas de manera uniforme en las bandejas hasta lograr un espesor de 1 cm. La semilla de avena certificada fue la variedad INIAP-FORTALEZA. El diseño experimental utilizado fue un aleatorio simple con 3 tratamientos en 12 bandejas por repeticiones. De las 36 bandejas se elegirán 4 repeticiones por tratamiento de manera aleatoria. Los datos se analizarán mediante análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de diferencia mínima significativa (LSD) ( $P < 0.05$ ) para evaluar las diferencias entre tratamientos utilizando *Statgraphic Plus* para Windows (versión 5.1.). El T100 obtuvo valores superiores en sus variables evaluadas y en los costos hubo una diferencia significativa debido a que cada tratamiento lleva diferentes cantidades de soluciones por tratamiento.

**Palabras claves:** Forraje verde hidropónico, Avena, producción, crecimiento, semilla.

## ABSTRACT

In the investigation, the effect of three nutrient solutions on Hydroponic Green Forage (FVH) of oats (*Avena sativa*) was evaluated. The project where the experimental work was carried out was the Catholic University of Santiago de Guayaquil in the Faculty of Technical Education for Development. . The infrastructure with its 36 trays was used and it was placed in a three-story structure in which 12 trays per floor were located. Irrigation was carried out by drippers through 3 daily irrigations, it should be noted that the seeds were washed and disinfected, then they were spread evenly in the trays until a thickness of 1 cm was achieved. The certified oat seed was the INIAP-FORTALEZA variety. The experimental design used was a simple random with 3 treatments in 12 trays per repetitions. Of the 36 trays, 4 repetitions per treatment will be chosen randomly. Data will be analyzed using analysis of variance (ANOVA) and Least Significant Difference (LSD) tests ( $P < 0.05$ ) to assess differences between treatments using Statgraphic Plus for Windows (version 5.1.). The T100 obtained higher values in its evaluated variables and in the costs there was a significant difference due to the fact that each treatment has different amounts of solutions per treatment.

**Keywords:** Hydroponic green fodder, Oats, production, growth, seed.

## 1 INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una realidad para los agricultores y productores de alimentos en todo el mundo ya que al pasar los años los estándares meteorológicos son cada vez más volátiles y extremos con efectos colaterales que destruyen cultivos, erosionan los recursos naturales y ponen en peligro a muchas especies.

La capacidad que deben tener en el sector agrícola para responder al cambio climático y las estrategias que apliquen en los sistemas productivos tendrá un alto impacto en la economía y en los medios de subsistencia de los países en vías de desarrollo.

Los forrajes tradicionalmente cultivados a campo abierto enfrentan dificultades en su producción; además del cambio climático, el ritmo de crecimiento de la urbanización obliga a la reubicación de fincas ganaderas a sectores alejados. Esta situación conduce a la búsqueda o aplicación de nuevas tecnologías para mejorar la cantidad y calidad de la alimentación del ganado, obligando a los productores a buscar otras opciones para la producción de biomasa con alto contenido proteico fresco y abundante, que no se vean impactadas por los cambios climáticos.

El forraje verde hidropónico es reconocido internacionalmente como una alternativa para asegurar la producción sostenible de biomasa por unidad de superficie en el menor tiempo y con la mayor calidad, siendo uno de los factores limitantes las diferentes condiciones agroclimáticas y a los altos costos de mano de obra. Este sistema posee atributos nutricionales aptos para la alimentación animal y complementa la suplementación forrajera durante todo el año ya que puede establecerse en zonas marginales y poco fértiles.

Entre los cereales que se cultivan bajo dicha técnica, la avena y el trigo destacan por su buen perfil nutricional. La calidad del forraje se considera de gran importancia, ya que interviene en aspectos relacionados con la nutrición y productividad animal y en efectos ambientales.

Con base a esto, la siguiente investigación evaluará el efecto de tres soluciones nutritivas aplicadas en el sistema de producción de forraje verde hidropónico de *Avena sativa* sobre los parámetros de crecimiento, desarrollo y productividad de dicha especie.

Con los antecedentes expuestos, los objetivos del trabajo de investigación son los siguientes:

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general.**

Evaluar el efecto de las concentraciones de tres soluciones nutritivas sobre el forraje verde hidropónico de *Avena sativa* para consumo de ganado en la costa del Ecuador.

### **1.1.2 Objetivos específicos.**

- Analizar el efecto de la solución nutritiva del crecimiento de forraje verde hidropónico de *Avena sativa*.
- Determinar el porcentaje de peso seco en forraje de *Avena sativa* para consumo de ganado en el Ecuador.
- Realizar un análisis de costo de producción de cada uno de los diferentes tratamientos.

## **2 MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Producción del forraje**

De acuerdo a León et al., (2018) la cantidad de forraje que se puede producir depende de varios factores, incluido el tipo de planta, el clima, la fertilidad del suelo y las prácticas de manejo. El primer factor para considerar cuando se evalúa la producción de forraje es el tipo de planta que se cultiva, y algunas se adaptan mejor a ciertos climas o tipos de suelo que otras.

Las especies forrajeras comunes incluyen gramíneas, leguminosas, las gramíneas suelen tener menos proteínas, pero más fibra que las leguminosas, mientras que las leguminosas tienen más proteínas, pero pueden ser menos tolerantes a la sequía o a las malas condiciones del suelo (León et al., 2018).

Las plantas requieren nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio para crecer, y la deficiencia de estos nutrientes en el suelo puede afectar el crecimiento y el rendimiento de las plantas. Las prácticas de manejo como la densidad de siembra, el riego y la cosecha en el momento óptimo puede maximizar tanto el rendimiento como la calidad del forraje, ya que las plantas pueden perder valor nutricional a medida que maduran o se exponen a factores estresantes ambientales (Castillo y Núñez, 2019).

### **2.2 Composición química del forraje**

La composición química del forraje puede variar según factores como el tipo de planta, la madurez en el momento de la cosecha y las condiciones de crecimiento. Puede tener diferentes compuestos, tales como proteína cruda, materia seca, ceniza, entre otros. Sus porcentajes pueden variar según el material específico de forraje y otros factores que influyan en la composición (Yang, 2019).

**Tabla 1.** Composición Química común del forraje

Composición Química	Porcentaje (%)
Materia Seca	85 % - 90 %
Proteína Cruda	8 % - 12 %
Fibra detergente neutra	50 % - 60 %
Fibra detergente ácido	35 % - 40 %
Grasa cruda	1 % - 2 %
Ceniza	6 % - 8 %

**Fuente:** Yang, 2019.

**Elaborado por:** La Autora.

## **2.3 Forraje**

El forraje es importante en la dieta de los rumiantes porque proporciona los nutrientes necesarios que estos animales necesitan para mantener su salud y productividad que son utilizados en muchos sistemas de producción ganadera (Arnold, 2018).

La calidad del forraje se determina por su contenido de nutrientes, que puede variar según la especie de planta, la etapa de crecimiento y las condiciones de crecimiento. Los principales nutrientes que aportan los forrajes son energía, proteínas, minerales y vitaminas (Ledezma, 2018).

## **2.4 Tipos de forraje**

### **2.4.1 Heno.**

El heno es un tipo común de forraje almacenado que se obtiene de una variedad de materiales vegetales, incluidos pastos, leguminosas y cultivos de cereales, y se utiliza especialmente en regiones donde la temporada de crecimiento es corta o donde hay escasez de pastos (Hack y Burgos, 2021).

### **2.4.2 Ensilaje.**

El ensilaje es un tipo de forraje conservado que se elabora cortando material vegetal fresco, como pastos o leguminosas, y empaquetándolo herméticamente en un silo u otro recipiente de almacenamiento. El proceso de fermentación que ocurre durante la producción de ensilaje convierte los azúcares del material vegetal en ácido láctico, lo que reduce el pH y crea un

ambiente ácido que ayuda a conservar los nutrientes en el forraje (Castañares, 2020).

Los ensilados elaborados con material vegetal más maduro tienden a tener un mayor contenido de fibra, lo que puede hacerlos menos digeribles para los animales. En cuanto a la producción, se requiere un manejo cuidadoso para garantizar que el forraje se conserve adecuadamente y no se eche a perder durante el almacenamiento (Mancipe, Castillo y Vargas, 2022).

## **2.5 Requerimientos de alimentación para el ganado**

Los requisitos de forraje, de acuerdo a Jiménez (2019), pueden variar según el tipo y el tamaño del ganado que se alimenta, así como las tasas de crecimiento deseadas y los objetivos de producción; Alimentar al ganado con forraje tiene varias ventajas sobre otros tipos de métodos de alimentación.

Los bajos costos se deben a que el forraje se puede cultivar en la granja o de manera local, lo que reduce los costos de transporte y otros gastos generales. Además, este suele ser más nutritivo que otros tipos de alimentos, ya que suele tener un alto contenido de fibra y otros nutrientes esenciales. Los nutrientes del forraje pueden ayudar a promover el aumento de peso, la producción de leche y otros resultados de producción deseables (Jimenez, 2019).

Sin embargo, de acuerdo a Bustamante (2020), un problema común es la variabilidad en el contenido de nutrientes, ya que la calidad del forraje puede variar según factores como la madurez de la planta, la fertilidad del suelo y las condiciones climáticas. Esto puede involucrar la selección de cultivos apropiados para optimizar los tiempos de siembra y cosecha, e implementar buenas prácticas de almacenamiento y alimentación para minimizar el desperdicio y el deterioro.

Al administrar cuidadosamente sus requisitos de forraje, los agricultores pueden asegurarse de que su ganado tenga acceso a alimentos

nutritivos y de alta calidad que respalden resultados óptimos de salud y producción (Bustamante, 2020).

## **2.6 Forraje verde hidropónico**

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal que se obtiene a partir de la germinación y crecimiento de semillas de cereales (Juarez Lopez, 2013).

El forraje verde hidropónico se refiere a un sistema de cultivo de plantas verdes frescas para la alimentación del ganado sin suelo. Esta técnica consiste en cultivar plantas con una solución de agua rica en nutrientes en lugar de los métodos tradicionales de cultivo basados en el suelo. El sistema se puede utilizar para producir alimentos para animales de alta calidad durante todo el año, independientemente del clima o las condiciones climáticas (Castillo y Núñez, 2019).

## **2.7 Beneficios del forraje verde hidropónico**

Uno de sus beneficios es que permite el rápido crecimiento de las plantas, que pueden alcanzar la madurez en tan solo siete a diez días. Esto significa que se pueden cultivar y cosechar varios cultivos durante todo el año, proporcionando una fuente continua de alimentos frescos y nutritivos para el ganado. El sistema requiere significativamente menos agua en comparación con los métodos tradicionales de cultivo basados en el suelo. Esto se debe a que el agua utilizada en el sistema se recircula, lo que reduce el consumo total de agua y minimiza el desperdicio. Además, no requiere el uso de pesticidas o herbicidas, que pueden ser dañinos tanto para los animales como para el medio ambiente (Arias, 2019).

El forraje verde hidropónico también es muy nutritivo y proporciona una rica fuente de vitaminas, minerales y antioxidantes que son esenciales para la salud y el crecimiento de los animales. La solución nutritiva utilizada en el sistema está cuidadosamente formulada para proporcionar niveles óptimos de

nutrientes clave como nitrógeno, fósforo y potasio, que son necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Mediante esto, ayuda a reducir los costos de alimentación para los agricultores, ya que es una forma rentable y eficiente de producir alimentos para animales de alta calidad (Salvador et al., 2022).

### **2.7.1 Inconvenientes del forraje verde hidropónico.**

Las altas emisiones de gases de efecto invernadero son una de las consecuencias del consumo de combustibles fósiles. Por lo tanto, se enfatiza el uso de fuentes de energía real como una contribución significativa para reducir las emisiones y aumentar la calidad del medio ambiente (Castañares, 2020).

Un problema significativo de este método de cultivo es su alto costo inicial. La instalación de un sistema de forraje verde hidropónico requiere una inversión sustancial en equipos e infraestructura, incluidas bombas, tuberías, contenedores e iluminación. El costo de mantenimiento de estos sistemas, incluido el costo de la electricidad y el agua, también puede ser costoso. Las fallas técnicas, como cortes de energía o mal funcionamiento del equipo, pueden provocar pérdidas significativas de cultivos, lo que se suma al costo de producción que ya es alto (Chavarría y Castillo, 2018).

El sistema cerrado y los altos niveles de humedad pueden crear un entorno ideal para el crecimiento de bacterias y hongos, que pueden propagarse rápidamente y dañar los cultivos. La prevención y el control de la propagación de enfermedades requiere un seguimiento y tratamiento regulares, lo que aumenta el tiempo y el costo de producción (Gelvez y Ovalle, 2019).

### **2.7.2 Sostenibilidad en el forraje verde.**

Existen preocupaciones sobre la sostenibilidad del forraje verde hidropónico. Si bien el sistema tiene el potencial de reducir el uso de agua y aumentar el rendimiento de los cultivos, también requiere una cantidad significativa de energía para mantener el entorno artificial. Por el contrario, la agricultura hidropónica utiliza un sistema cerrado que recircula el agua, lo que significa que puede usar hasta un 90 % menos de agua que la agricultura convencional. Este uso reducido de agua no solo conserva este preciado recurso, sino que también minimiza la contaminación del agua al reducir la cantidad de escorrentía que puede contener fertilizantes y pesticidas (Paipa y Bernal, 2020).

La agricultura hidropónica tiene el potencial de ser una forma de agricultura más sostenible porque reduce la necesidad de tierra. La agricultura tradicional requiere grandes extensiones de tierra, lo que puede provocar la degradación del suelo y la deforestación. Por el contrario, la agricultura hidropónica se puede realizar en áreas urbanas o en ambientes interiores, lo que permite cultivar alimentos en áreas donde la agricultura tradicional no sería posible (Vivas y Mejía, 2022).

Además, los sistemas hidropónicos pueden diseñarse para utilizar fuentes de energía renovables, lo que reduce aún más las emisiones de carbono. Por ende, la reducción de la necesidad de productos químicos y la mayor eficiencia pueden reducir los costos, lo que hace que la hidropónica sea una alternativa rentable a la agricultura tradicional (Girma, 2018).

### **2.8 Rendimiento en el cultivo de forraje hidropónico**

El rendimiento de la hidroponía tiende a variar según el cultivo que se cultive, pero en general, los sistemas hidropónicos pueden producir rendimientos más altos que los sistemas tradicionales basados en el suelo (Ramos et al., 2021).

Una de las razones de esto es que los sistemas hidropónicos pueden proporcionar condiciones de crecimiento óptimas para las plantas. El suministro de nutrientes y agua se puede controlar con precisión, lo que garantiza que las plantas tengan acceso a los nutrientes exactos que necesitan en el momento adecuado. Además, el entorno controlado de la hidroponía puede ayudar a proteger las plantas de plagas y enfermedades, lo que puede reducir las pérdidas de cultivos y mejorar el rendimiento (Ramos et al., 2021).

El rendimiento de la hidroponía también se puede aumentar seleccionando cultivos apropiados que se adaptan bien a los sistemas hidropónicos y pueden producir grandes rendimientos (Soto y Ramírez, 2018).

## **2.9 Producción de la Avena en Hidroponía**

Algunos cultivares de avena se han desarrollado específicamente para el cultivo hidropónico y pueden tener hábitos de crecimiento y requisitos de nutrientes diferentes a los que se cultivan en sistemas tradicionales basados en el suelo. Una vez que se ha seleccionado un cultivar, las semillas se germinan en un medio estéril, como lana de roca o fibra de coco, para garantizar que estén libres de patógenos transmitidos por el suelo (Morales y Jiménez, 2020).

Después de la germinación, las plántulas se trasplantan al sistema hidropónico, que generalmente consiste en un tanque o depósito lleno de agua rica en nutrientes (Espinoza y Nuñez, 2018).

Una de las principales ventajas de cultivar avena en hidroponía es que permite un control preciso sobre el entorno de cultivo. Esto puede resultar en tasas de crecimiento más rápidas y mayores rendimientos en comparación con los métodos de cultivo tradicionales basados en el suelo. Los sistemas hidropónicos también usan menos agua que los métodos de riego tradicionales (Castro y Cardona, 2020).

## **2.10 Ventajas y Desventajas del uso de FVH**

La producción de avena en hidroponía tiene varias ventajas y desventajas en comparación con los métodos tradicionales de cultivo en suelo (Benitez, 2018).

### **2.10.1 Ventajas.**

Una de las ventajas más significativas del cultivo hidropónico es la capacidad de regular y controlar con precisión el entorno de cultivo. Esto puede conducir a tasas de crecimiento más rápidas, mayores rendimientos y cultivos de mejor calidad en comparación con los métodos tradicionales de cultivo basados en el suelo. En hidroponía, los cultivadores tienen control sobre factores como la intensidad de la luz, los niveles de nutrientes, los niveles de pH y la temperatura, que se pueden adaptar a las necesidades específicas de las plantas.

- **Uso reducido de agua:** tienden a usar menos agua que los métodos de cultivo tradicionales basados en el suelo, ya que la solución nutritiva se recircula y se reutiliza, lo que reduce el desperdicio y conserva los recursos. Esto puede ser especialmente ventajoso en áreas con escasez de agua, donde la conservación del agua es una preocupación importante.
- **Ahorro de espacio:** son eficientes en cuanto al espacio, lo que permite a los productores producir más cultivos por unidad de espacio en comparación con los sistemas tradicionales basados en el suelo. Esto puede ser especialmente beneficioso en áreas urbanas donde el espacio es limitado.

### **2.10.2 Desventajas.**

Entre las desventajas tenemos:

- Altos costos de inversión inicial: una de las mayores desventajas de los sistemas hidropónicos son los altos costos de inversión inicial asociados con la instalación del sistema. Esto incluye los costos de infraestructura, equipo y mantenimiento continuo.
- Requiere conocimiento técnico: requieren un cierto nivel de conocimiento técnico y experiencia para operar con éxito. Los productores deben tener un buen conocimiento de la fisiología de las plantas, la química del agua y el manejo de nutrientes para lograr resultados óptimos. Esto puede ser una barrera de entrada para los nuevos productores o aquellos con experiencia limitada.
- Vulnerabilidad a los cortes de energía: dependen en gran medida de la electricidad para alimentar bombas, ventiladores y otros equipos. Esto los hace vulnerables a los cortes de energía, que pueden interrumpir el suministro de nutrientes y causar daños a las plantas. Los productores deben tener fuentes de energía de respaldo o planes de contingencia para mitigar este riesgo.
- Susceptibilidad a enfermedades y plagas: son vulnerables a ciertos tipos de enfermedades y plagas de las plantas, que pueden propagarse rápidamente a través de la solución nutritiva. Los productores deben tomar medidas proactivas para prevenir y controlar los brotes de enfermedades y plagas, como el monitoreo y la desinfección regular del sistema.

### **2.11 Características y Taxonomía de la Avena (*Avena sativa*)**

*Avena sativa*, comúnmente conocida como avena, es un grano de cereal que pertenece a la familia Poaceae. Es una planta anual que crece hasta 1.2 metros de altura con un sistema de raíces fibrosas, con una valiosa

fuente de nutrición que proporciona carbohidratos, proteínas y fibra, así como minerales y vitaminas esenciales (Dietz, 2018).

**Tabla 2.** Descripción en el cultivo de avena

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Raíces	Planta anual con un sistema radicular fibroso
Tallo	Puede crecer hasta 1.2 metros de altura
Hojas	Las hojas son largas y estrechas con una nervadura central prominente.
Inflorescencia	La inflorescencia es una panícula con pequeñas espiguillas que contienen las semillas.
Semillas	Las semillas están encerradas en cáscaras o glumas.

**Fuente:** Dietz, 2018.

**Elaborado por:** La Autora.

En la siguiente tabla, se muestra la taxonomía de la *Avena sativa* de acuerdo con (Dietz, 2018).

**Tabla 3.** Taxonomía de cultivo en avena

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Subdivisión</b>	Traqueofitas
<b>Clase</b>	Angiosperma
<b>Clase</b>	Monocotiledóneas
<b>Subclase</b>	Commelínidos
<b>Orden</b>	Poales
<b>Familia</b>	Poaceae
<b>Género</b>	<i>Avena</i>
<b>Especie</b>	<i>Avena sativa</i>

**Fuente:** Dietz, 2018

**Elaborado por:** La Autora.

## 2.12 Composición química de la *Avena sativa*

Uno de los compuestos más abundantes que se encuentran en *Avena sativa* es el beta-glucano, una fibra soluble que se ha demostrado que reduce los niveles de colesterol, reduce los niveles de azúcar en la sangre y mejora la salud intestinal en general. Las avenantramidas son otro grupo de

compuestos bioactivos que se encuentran en la avena y que tienen potentes propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Se ha demostrado que estos compuestos protegen contra las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y otras enfermedades crónicas (Mamani, 2018).

También contiene una variedad de vitaminas y minerales esenciales, incluidas las vitaminas B1, B2, B3, B6 y E, así como calcio, magnesio, hierro y zinc. Otros compuestos notables que se encuentran en Avena Sativa incluyen saponinas, que se cree que tienen efectos para reducir el colesterol, y avenacósidos (Mendoza, Sosa y Rodríguez, 2021).

**Tabla 4.** Composición Química de la Avena

<b>Composición Química de la Avena</b>	
Compuesto	Porcentaje
Beta-glucano	2-8 %
Aventramidas	0.003-0.15 %
Vitaminas B1, B2, B3, B6 y E	Varía desde trazas hasta el 20 % del valor diario por 100 g
Calcio	0.01-0.1 %
Magnesio	0.05-0.2 %
Hierro	0.002-0.007 %
Zinc	0.003-0.04 %

**Fuente:** Mendoza, et al., 2021.

**Elaborado por:** La Autora.

### 2.13 Principales requerimientos nutricionales

La avena es una excelente fuente de carbohidratos, fibra dietética, proteínas, vitaminas y minerales, lo que la convierte en un componente valioso de una dieta sana y equilibrada tanto para humanos como para animales de granja. Los requerimientos nutricionales de carbohidratos en la avena son altos, ya que proporcionan la energía necesaria para el crecimiento y la reproducción. Los rumiantes y el ganado están bien adaptados para digerir y utilizar los carbohidratos, ya que poseen un sistema digestivo especializado

que les permite descomponer los carbohidratos complejos en formas más simples, como la glucosa, que pueden usarse como energía (Mamani, 2018).

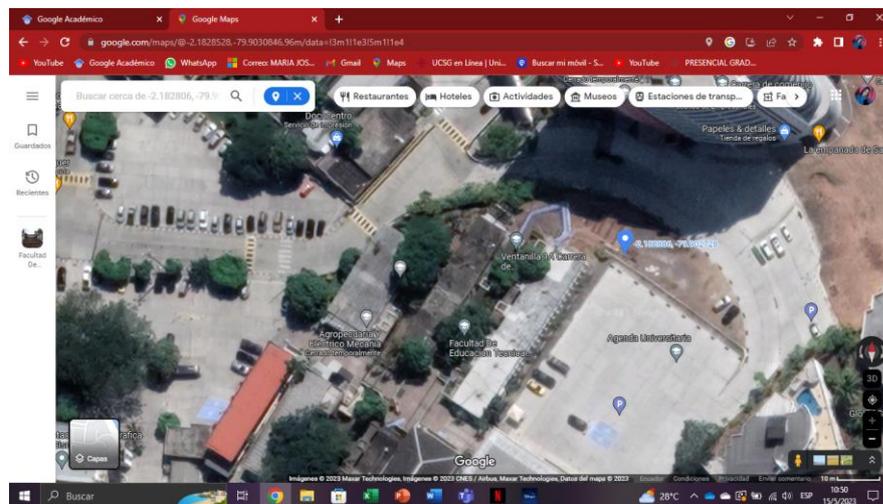
La avena es una excelente fuente de fibra soluble, que forma una sustancia gelatinosa en el intestino, lo que ralentiza la absorción de glucosa y reduce el riesgo de niveles elevados de azúcar en la sangre. Los rumiantes y el ganado requieren fibra dietética para mantener la salud de su rumen, un órgano digestivo especializado que alberga una comunidad compleja de microorganismos que ayudan a descomponer el material vegetal y extraer nutrientes (Castro y Cardona, 2020).

De la misma forma, contiene todos los aminoácidos esenciales que se requieren para la síntesis de proteínas, lo que para los rumiantes y el ganado son más altos que para otros animales de ganado, ya que utilizan los aminoácidos derivados de las proteínas de la dieta para sintetizar proteínas microbianas en el rumen. Los rumiantes y el ganado tienen requerimientos específicos de vitaminas y minerales que deben ser satisfechos a través de su dieta, ya que las deficiencias pueden conducir a diversos problemas de salud (Larrota, 2020).

## 3 MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Lugar de la Investigación

El lugar donde se realizó el trabajo experimental fue la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo ( $2^{\circ}10'57.1''S$   $79^{\circ}54'09.4''W$ ).



**Figura 1.** Localización del lugar  
Fuente: Google Earth, 2023

### 3.2 Materiales y Equipos

#### 3.2.1 Material genético.

Se utilizó la variedad de *Avena sativa* certificada INIAP-FORTALEZA.

#### 3.2.2 Materiales y equipos.

- Tablas
- Malla
- Uniones

- Tapones
- Pernos
- Clavos
- Codos
- Papel plástico
- Conectores
- Bandejas
- Bombas
- Tachos de agua
- Extensión eléctrica
- Cintas plásticas

### 3.3 Tratamientos en estudio

Este experimento constó de 3 tratamientos utilizando como referencia propuesta por Rodríguez et al (2003). La dosis de nutrientes fue de 192.84 mg L<sup>-1</sup> de N, 24.9 mg L<sup>-1</sup> de P, 190 mg L<sup>-1</sup> de K, 100 mg L<sup>-1</sup> de Ca y 67 mg L<sup>-1</sup> de Mg (Rodríguez, 2003).

En la Tabla 5, se observa la concentración de nutrientes aplicados.

**Tabla 5.** Concentración de los nutrientes

Tratamiento	pH	N	P	K	Ca	Mg
(t 100)	6	192.84	24.9	190	100	67
(t150)	6	289.26	37.35	285	150	100.5
(t 50)	6	96.42	12.45	95	50	33.5

**Elaborado por:** La Autora

### 3.4 Diseño experimental y Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue un aleatorio simple con 3 tratamientos en 12 bandejas por repeticiones. De las 36 bandejas se elegirán 4 repeticiones por tratamiento de manera aleatoria. Los datos se analizarán mediante análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de diferencia mínima

significativa (LSD) ( $P < 0.05$ ) para evaluar las diferencias entre tratamientos utilizando *Statgraphic Plus* para Windows (versión 5.1.).

### 3.5 Manejo de experimento

El cultivo de forraje de *Avena sativa* fue colocado en una estructura de tres pisos en la que se ubicó 12 bandejas por pisos. El riego se realizó por goteros mediante 3 riegos diarios, cabe destacar que las semillas fueron lavadas y desinfectadas luego fueron esparcidas de manera uniforme en las bandejas hasta lograr un espesor de 1 cm.

### 3.6 Análisis de varianza

En la Tabla 6, se observan los análisis de varianza, en el que se clasifican las fuentes de variación y grados de libertad:

**Tabla 6.** Esquema de análisis de varianza

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>
Tratamientos (T-1)	2
Repeticiones (R-1)	11
Error experimental (T-1) *(R-1)	22
<b>Total</b>	<b>35</b>

**Elaborado por:** La Autora

### 3.7 Recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó una tabla y libreta de campo para anotaciones de las variables a evaluar, las cuales se procedió a anotar en la computadora. También se utilizó cinta métrica para las mediciones de la longitud de las hojas y la altura de la planta. Se utilizó una cámara fotográfica para tener evidencia de cada actividad realizada.

### 3.8 Variables a evaluar

Para la investigación se evaluaron las siguientes variables medidos con una cinta métrica con una medición en centímetros.

### **3.8.1 Número de hojas.**

Se calculó la cantidad de hojas de cada planta de muestra después del tratamiento.

### **3.8.2 Longitud de las hojas (cm).**

Se calculó la cantidad de hojas de cada planta de muestra después del tratamiento.

### **3.8.3 Altura de la planta (cm).**

En cada tratamiento, se utilizó una cinta métrica para medir desde el suelo hasta el ápice principal.

### **3.8.4 Longitud radicular.**

Cada muestra de tratamiento recibió una medición en centímetros.

### **3.8.5 Peso fresco.**

Cada bandeja de tratamiento se pesó utilizando una balanza digital para medir en gramos.

### **3.8.6 Peso seco.**

Para obtener el peso seco, las muestras se pesaron y se registraron los valores de cada tratamiento después de 48 horas de secado en un horno a 60–80 °C.

## **3.9 Análisis de costos del ensayo**

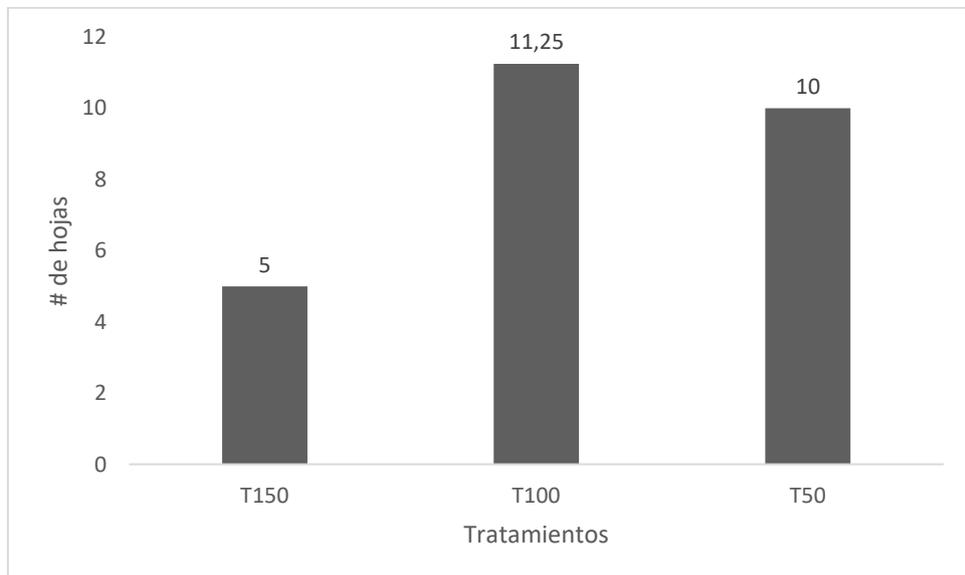
Se realizó el análisis de las inversiones realizadas y se estableció un cálculo para cada tratamiento y así se pudo identificar qué tratamiento tuvo mejor beneficio.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el desarrollo del experimento los resultados son los siguientes:

### 4.1 Número de hojas

En la Figura 2, se observan los resultados del número de hojas de *Avena sativa* recolectados a lo largo del experimento, donde hubo diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento T100 contó con un promedio de 11 hojas por planta, el T50 un total de 10 hojas y el T150, un total de 5 hojas. En el trabajo realizado por Abarca (2022), donde se compara el rendimiento de cultivo asociado en forraje verde avena con vicia y cebada, el mayor registro reportado es de 8 a 14 hojas, este resultado se relaciona con las frecuencias de riego y en la investigación citada las diferencias también son significativas (Vilcaes Flores, 2016).

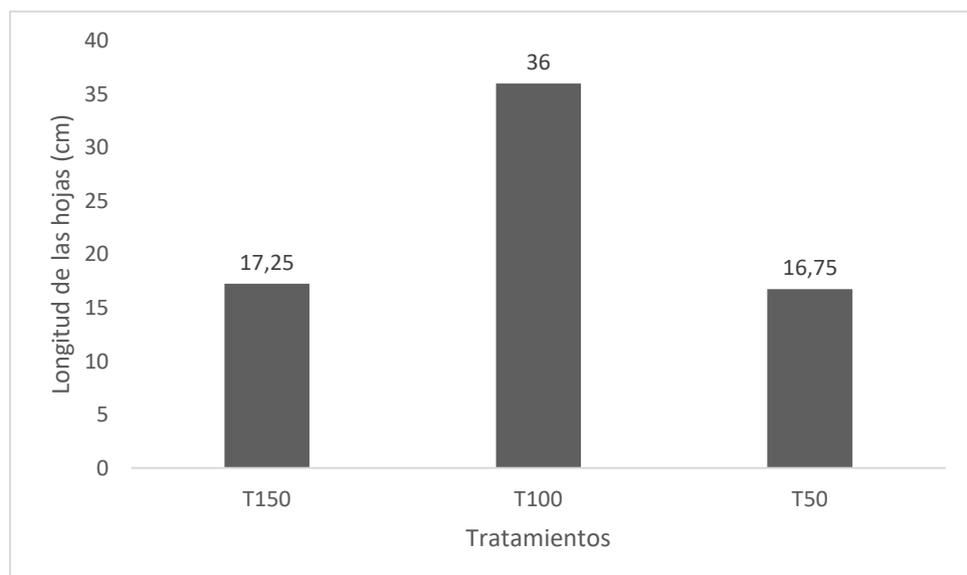


*Ns* indica no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$

**Figura 2.** Número de hojas  
**Elaborado por:** La Autora

#### 4.2 Longitud de las hojas (cm)

En la Figura 3, se observa los resultados de la longitud de hojas de *Avena sativa* recolectados a lo largo del experimento, donde hubo diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento T100 de 36 a 43 cm, el T150 de 17 a 24 cm y el T50 tiene menor longitud que es de 15 a 22 cm. En el trabajo realizado por Chuquimia (2014), la longitud de la avena fue de 36 a 51 cm de altura, estos datos coinciden con los datos encontrados en el T100, el autor citado, afirma que con una buena aplicación de soluciones durante el riego se obtienen resultados óptimos a los 20 días en lo que respecta a longitud de hojas.



*Ns* indica no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$

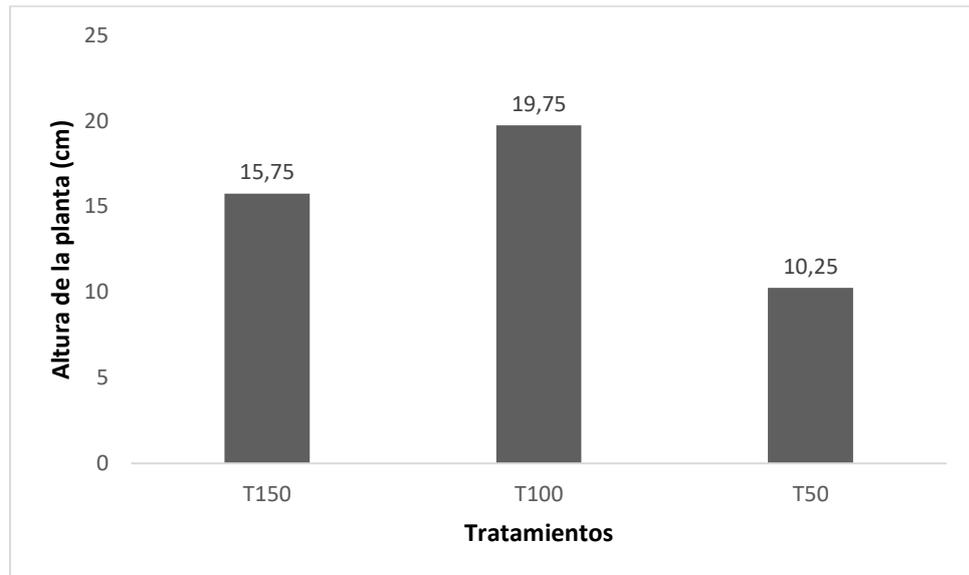
**Figura 3.** Longitud de la hoja

**Elaborado por:** La Autora

#### 4.3 Altura de la planta (cm)

En la Figura 4, se pueden observar la altura de la planta de avena a lo largo del experimento, en la que se puede observar que los tratamientos T150 con un promedio de 15.75 a 19 cm y T100 19.75 a 23 cm no se encontraron diferencias significativas, pero si se encontraron diferencias con el tratamiento T50 cuyo promedio fue de 7 a 12 cm, de largo a comparación de los demás tratamientos que son mayores con 3 cm de diferencia. En el trabajo realizado

por López y Guatemala (2014), explican en sus estudios de la altura general que debe llegar la planta hasta 20 cm a los 20 días de cultivo, esta información difiere con respecto a lo encontrado en el desarrollo de experimental, donde los productos utilizados tienen diferentes dosis.

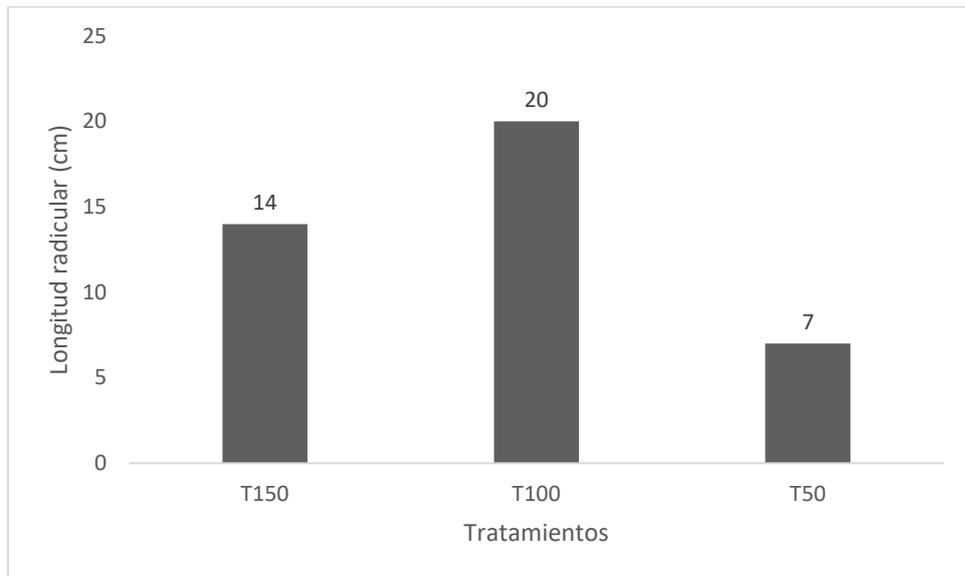


*Ns indica no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$*

**Figura 4.** Altura de la planta  
**Elaborado por:** La Autora

#### 4.4 Longitud radicular

En la Figura 5, se pudo observar que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos; El tratamiento T100 con un promedio de 20 a 24 cm y el T150 con 14 a 18 cm siendo el tratamiento T50 que sigue por debajo de los demás tratamientos alcanzando 7 a 11 cm de promedio, similar tendencia fue encontrada por Pérez (2012) y Ortega (2014), donde indica que la formación de la raíz en las primeras etapas después de la germinación depende de las temperaturas y la frecuencia de riego y que debe alcanzar una longitud de 19.33 a 19.67 cm.



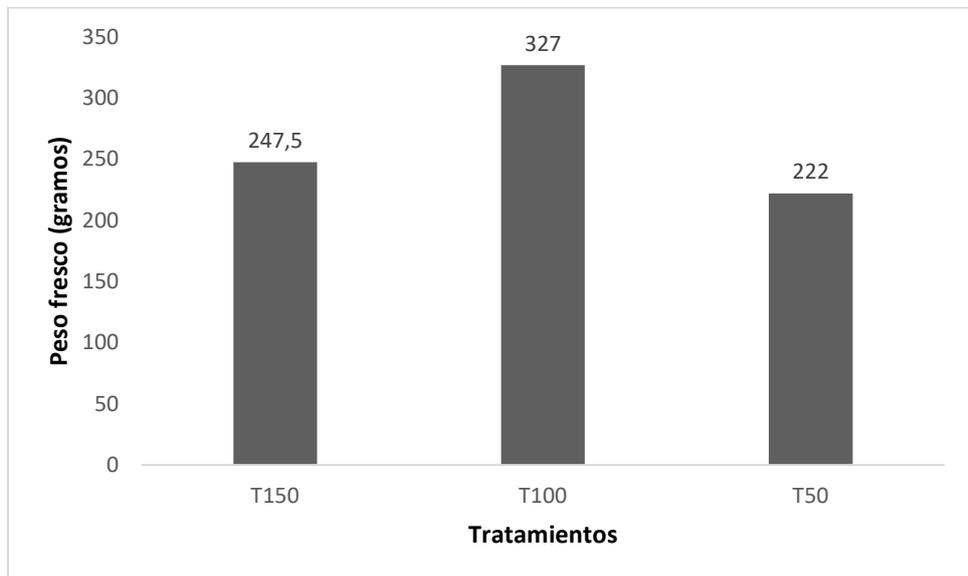
*Ns indica no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$*

**Figura 5.** Longitud radicular

**Elaborado por:** La Autora

#### 4.5 Peso fresco

En la Figura 6, se observa los resultados del peso (g) de la planta fresca, se obtuvieron durante el ciclo del experimento donde se muestra que su peso fresco, encontramos que el tratamiento con mayor peso fresco fue el T100 de 327 a 360 g, T50 de 222 a 270 g y T150 247.5 a 290 g donde si hubo diferencias significativas en el tratamiento T100 con los demás tratamientos. En el trabajo realizado por Ralde (2000), indica que el peso fresco debe ser de 200 a 350 g, y se explica que esto se relaciona con la aplicación de soluciones nutritivas y los rendimientos coinciden con los encontrados en el trabajo realizado.



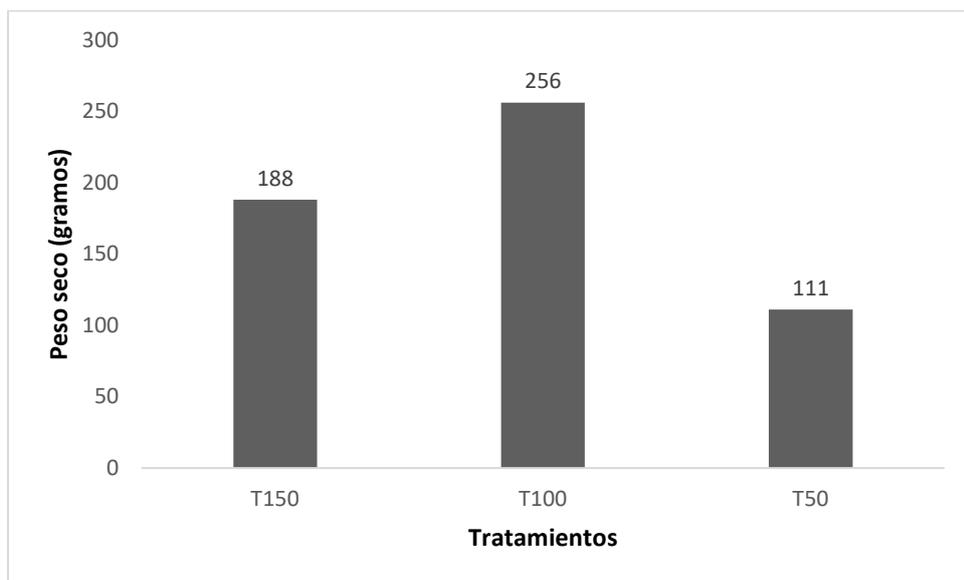
*Ns indica no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$*

**Figura 6.** Peso Fresco (raíz, hojas, tallo)

**Elaborado por:** La Autora

#### 4.6 Peso seco

En la Figura 7, se observan los resultados del peso (g) de la planta seca en la que encontramos que el mayor peso seco fue el que ronda alrededor de 190 g en T150, 250 g en T100 y 100 g en T50. a comparación de los demás tratamientos, los resultados no tuvieron diferencias significativas, similar la tendencia que fue encontrada por Fuentes (2011), donde se pudo observar que el contenido de PS fue de 150 a 200 g superior a aquellos reportados por Dosal (1987) e Hidalgo (1985).



*Ns indica no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa  $p \leq 0.05$*

**Figura 7.** Peso seco (raíz, tallo, hojas)

**Elaborado por:** La Autora

#### 4.7 Costo de producción

En la Figura 8, se observa los costos por tratamiento, cabe destacar que el costo por bandeja con mayor rendimiento oscila entre el T50 de 2.03 y el T150 de 1.93, el tratamiento con menor producción se encuentra en el T100 de 1.82 por bandeja.

**Tabla 7. Costos por concepto de producción**

Rubros	T150	T100	T50
Fertilizantes	2.27	0.92	3.4
Semillas	21	21	21
Costos totales	23.27	21.92	24.4
Costo por bandeja	1.93	1.82	2.03

**Elaborado por:** La Autora

## **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

De acuerdo con los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se puede concluir lo siguiente:

- De acuerdo con los resultados en la aplicación de las diferentes dosificaciones nutritivas se pudo observar que en el resultado de peso seco el tratamiento T100 obtuvo un mayor rendimiento comparados a los otros tratamientos.
- Dado los resultados se puede verificar que en la variable de Peso seco no se encontró diferencias significativas a comparación de las demás variables.
- El mayor número de hojas se obtuvo del tratamiento T100 y T50 se encontró similitud se relaciona con la frecuencia de riego.

### **5.2 Recomendaciones**

De acuerdo con los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se puede concluir lo siguiente.

- Aumentar la frecuencia de riego durante condiciones de altas radiación.
- Detallar este tipo de forraje no se recomienda en condiciones de alta radiación solar debido que puede causar quemazón.
- Establecer un mayor control adecuado a las plagas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, J. W. (2022). Comparativo de rendimiento de cultivo asociado en forraje verde avena con vicia y cebada con vicia en el centro agronómico k'ayra. K'ayra-cusco: *Escuela profesional de agronomía*.
- Arias, R. (2019). Aporte nutricional del Forraje Verde Hidropónico en la alimentación de cabras cruza criollas x Nubian. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 118(1), 133-140.
- Arnold, G. (2018). Regulation of forage intake. In *Bioenergetics of wild herbivores*, 81-102.
- Atanacio Fuentes, M. M. Evaluación de tres dosis de abono líquido y dos variedades de avena (*Avena sativa*) en la producción de forraje verde hidropónico en la ciudad de La Paz (Doctoral dissertation).
- Benavides, A., Preciado, P. and Favela, E. (2018). Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Segunda edición., Lima-Perú: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Benitez, T. (2018). Utilización del forraje verde hidropónico en la dieta de pollos de engorde sobre los parámetros productivos y la morfometría intestinal. *Apropiación del conocimiento: Semilleros en acción*, 5.
- Bustamante, A. (2020). El maíz forrajero como suplemento alimenticio en el ganado bovino para el incremento de la producción lechera. Universidad de Babahoyo.
- Castañares, J. (2020). El ABC de la Hidroponía. EEA AMBA.
- Castillo, H., y Núñez, F. (2019). Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción ante el cambio climático. *Rev. iberoam. bioecon. Cambio clim*, 5(9), 1103-1120.
- Castro, E., y Cardona, J. (2020). Efecto del ensilaje de (*Avena sativa* L.) en la productividad de vacas lactantes en pastoreo. *Pastos y Forrajes*, 43(2), 150-158.
- Chavarria, A., y Castillo, S. (2018). El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la

- granja. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(8), 1032-1039.
- Chuquimia, Y. T. (2014). Evaluación comparativa de variedades de avena (*Avena sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare*) y triticale (*Triticumsecale* w.) en las localidades de choquenaira y batallas. La paz - Bolivia: tesis de grado.
- Dietz, J. (2018). Características de sanidad, rendimiento y calidad en genotipos de avena en filiales avanzadas de un programa de mejoramiento. Universidad Nacional de La Plata.
- Espinoza, F., y Nuñez, W. (2018). Producción de forraje y competencia interespecífica del cultivo asociado de avena (*Avena sativa*) con vicia (*Vicia sativa*) en condiciones de secano y gran altitud. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(4), 1237-1248.
- Fuentes, F., Poblete, C., Huerta, M., y Palape, I. (2011). Evaluación de la producción y calidad nutritiva de avena como forraje verde hidropónico en condiciones de desierto. *Idesia (Arica)*, 29(3), 75-81.
- Gelvez, L., y Ovalle, P. (2019). Manual de hidroponía. UNAB.
- Ghasemi, H., y Sharifi, M. (2022). A new method for green forage production: Energy use efficiency and environmental sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 363.
- Girma, F. (2018). Review on hydroponic feed value to livestock production. *Journal of Scientific and Innovative Research*, 7(4), 106-109.
- Hack, C., y Burgos, A. C. (2021). Técnicas de conservación de forrajes. RIUNNE.
- Jiménez, N. M. (2019). Plantas que mantienen al ganado: conocimiento campesino asociado a especies forrajeras en la Sierra de Ancasti. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 54(4).
- Juárez López, Morales Rodríguez, h. J., Sandoval Villa, Manuel, Gómez Danes, A., Cruz Crespo, Elia., Juarez Rosete, R. y Caton, O. (2013). Producción de forraje verde hidropónico. CONACYT.
- Larrota, Y. (2020). Alfalfa y avena forrajera como alternativa alimenticia aprisco. CIPER.

- Ledezma, W. (2018). Potencial de los forrajes para producir ensilaje de calidad. *Alcances Tecnológicos*, 49.
- León, R., Bonifaz, N., y Gutiérrez, F. (2018). Pastos y forrajes del Ecuador: siembra y producción de pasturas. UPS.
- Li, D., Ni, K., y Yang, F. (2019). Fermentation characteristics, chemical composition and microbial community of tropical forage silage under different temperatures. *Asian Austral Journal of Animal Sciences*, 32(5), 665.
- Limachi Huanca, J. P. Evaluación de tres niveles de biol aplicada a la producción de forraje hidropónico en avena (*Avena sativa* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.) en ambiente atemperado (Doctoral dissertation).
- López, R., y Guatemala, D. (2014). Comparación del rendimiento y valor Nutricional de maíz (*Zea mays* L.), avena (*Avena Sativa* L.) y sorgo (*Sorghum vulgare* L.) cultivados por hidroponía en San Martín jilotepeque, Chimaltenango (Doctoral dissertation, Tesis de Licenciatura) Universidad de San Carlos de Guatemala).
- Mamani, J. (2018). Rendimiento y calidad nutricional de avena forrajera en la región de Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(4), 385-400.
- Mancipe, E., Castillo, J., y Vargas, J. (2022). Calidad composicional del ensilaje de tres cultivares de maíz (*Zea mays*) del trópico alto colombiano. *Agronomy Mesoamerican*, 46412-46412.
- Mendoza, S., Sosa, E., y Rodríguez, L. (2021). Composición química de los componentes del cultivo de avena (*Avena sativa* L.), variedad Chihuahua. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(II).
- Morales, D., y Jiménez, L. (2020). Producción de forrajes de avena y trigo bajo sistemas hidropónico y convencional. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1-16.
- Núñez-Torres, O. P., y Guerrero-López, J. R. (2021). Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos. *Journal of the Selva Andina animal science*, 8(1), 44-52.

- Paipa, L., y Bernal, L. (2020). El forraje verde hidropónico: una alternativa sostenible en tiempos de cambio climático. *Ámbito Investigativo*, 5(2), 60-1.
- Pérez, C. R. (2012). Empleo de rizobacterias como promotores de crecimiento vegetal en la asociación de avena (*Avena sativa* L.) con alfalfa (*Medicago sativa*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*). Quevedo – Ecuador: tesis de grado.
- Ralde, M. (2000). Producción de avena forrajera (*Avena sativa*) en cultivo hidropónico con cuatro densidades de siembra y tres frecuencias de riego, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Tesis de Grado, La Paz – Bolivia. 71 p.
- Ramos, E., Contreras, J., y Cordero, A. (2021). Rendimiento hidropónico del asociado de vicia con avena, cebada y trigo en la producción de germinados. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(6).
- Salvador, J., Bolaños, M., y Cedillo, A. (2022). Efecto de la aplicación de soluciones nutritivas en la calidad bromatológica del forraje verde hidropónico de *Avena sativa* y *Hordeum vulgare*. *Terra Latinoamericana*, 40.
- Santoyo Ariza, M. L., Sedano, M. P., y Diaz Villamil, P. A. (2019). Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*) en dos estados de maduración diferentes, en la vereda el Gaital del municipio de Vélez Santander. *Documentos De Trabajo ECAPMA*, 3(2). <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.3074>.
- Soto, F., y Ramírez, 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.
- Soto, M. A. C., Reyes, A. S. J., Ahumada, J. A. R., Cervantes, M. G., Lozano, R. G. R., y Barragán, H. B. (2012). Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia*, 37(12), 906-913.

Vilcaes Flores, Z. E. (201). Evaluación del rendimiento de materia verde en dos variedades forrajeras avena (*Avena sativa*) y cebada (*Hordeum vulgare*) con diferentes frecuencias de riego bajo un sistema hidropónico en la comunidad de Pucarani (Doctoral dissertation).

Vivas, J., y Mejía, W. (2022). Manual práctico para la elaboración de Forraje Verde Hidropónico en invernadero no convencional. Guía Técnica N° 35 Manual práctico para la elaboración de Forraje Verde, 35.

## ANEXOS

### Anexo 1. Mantenimiento de la infraestructura



**Fuente:** La Autora

### Anexo 2. Instalación de malla



**Fuente:** La Autora

### Anexo 3. Sistema de riego e instalación de bombas



Fuente: La Autora

### Anexo 4. Semilla Avena sativa certificada INIAP-FORTALEZA



Fuente: La Autora

**Anexo 5. Pre-Germinación de semillas**



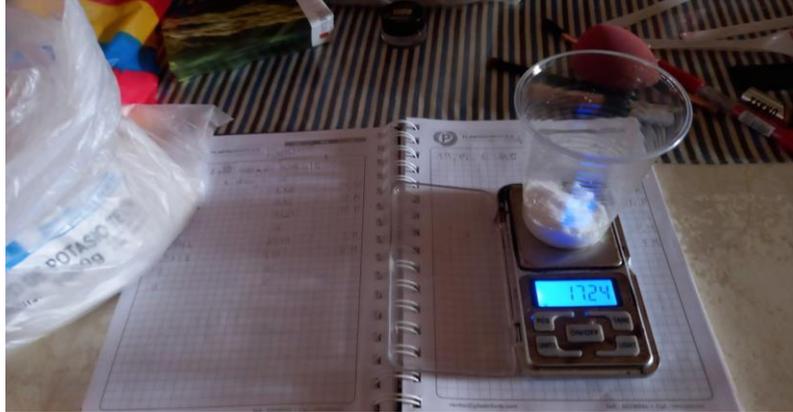
**Fuente:** La autora

**Anexo 6. Germinación de semillas a los 3 días**



**Fuente:** La Autora

### Anexo 7. Pesado de las soluciones



Fuente: La Autora

### Anexo 8. Forraje puesto en la infraestructura



Fuente: La Autora

**Anexo 9. Germinación de semilla a los 5 días**



**Fuente:** La Autora

**Anexo 10. Germinación de semilla a los 10 días**



**Fuente:** La Autora

**Anexo 11. Germinación de semilla a los 15 días**



**Fuente:** La Autora

**Anexo 12. Germinación de semilla a los 20 días**



**Fuente:** La Autora

**Anexo 13. Toma de datos a los 25 días**



**Fuente:** La Autora

**Anexo 14. Medición de Planta**



**Fuente:** La Autora

### Anexo 15. Medición de hoja



Fuente: La Autora

### Anexo 16. Medición de raíz



Fuente: La Autora

### Anexo 17. Peso Fresco pesado



Fuente: La Autora

### Anexo 18. Secado de muestras



Fuente: La Autora

### Anexo 19. Pesado de peso seco



Fuente: La Autora



**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**

Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **Romero Balbera, María José**, con C.C: **#0928634906** autora del **Trabajo de Integración Curricular: Evaluación del efecto de tres soluciones nutritivas en forraje verde hidropónico de Avena sativa** previo a la obtención del título de **Ingeniera Agropecuaria** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 06 de septiembre del 2023

---

**Romero Balbera, María José**

**C.C:0928634906**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Evaluación del efecto de tres soluciones nutritivas en forraje verde hidropónico de Avena sativa.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Romero Balbera, María José		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Caicedo Coello, Noelia Carolina, MSc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Agropecuaria		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniera Agropecuaria		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	06 de septiembre del 2023	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	40 p.
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Producción Vegetal, Nutrición Animal, Producto vegetal, Cultivos.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Forraje verde hidropónico, Avena, producción, crecimiento, semilla.		
<b>RESUMEN:</b> En la investigación se evaluó el efecto de tres soluciones nutritivas en Forraje Verde Hidropónico (FVH) de avena ( <i>Avena sativa</i> ), el proyecto donde se realizó el trabajo experimental fue la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Se utilizó la infraestructura con sus 36 bandejas y fue colocado en una estructura de tres pisos en la que se ubicó 12 bandejas por pisos. El riego se realizó por goteros mediante 3 riegos diarios, cabe destacar que las semillas fueron lavadas y desinfectadas luego fueron esparcidas de manera uniforme en las bandejas hasta lograr un espesor de 1 cm. La semilla de avena certificada fue la variedad INIAP-FORTALEZA. El diseño experimental utilizado fue un aleatorio simple con 3 tratamientos en 12 bandejas por repeticiones. De las 36 bandejas se elegirán 4 repeticiones por tratamiento de manera aleatoria. Los datos se analizarán mediante análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de diferencia mínima significativa (LSD) ( $P < 0.05$ ) para evaluar las diferencias entre tratamientos utilizando <i>Statgraphic Plus</i> para Windows (versión 5.1.). El T100 obtuvo valores superiores en sus variables evaluadas y en los costos hubo una diferencia significativa debido a que cada tratamiento lleva diferentes cantidades de soluciones por tratamiento.			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>SI</b>	<input type="checkbox"/> <b>NO</b>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-993190741		<b>E-mail:</b> majoromerobalbera@gmail.com
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre:</b> Ing. Noelia Caicedo Coello, M.Sc.		
	<b>Teléfono:</b> +593987361675		
	<b>E-mail:</b> noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			