



**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 maíz (*Zea mays*).**

AUTORA:

Peñañiel Cortez, Sandra Stefanía

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
Ingeniera Agropecuaria**

TUTORA:

Ing. Pincay Figueroa, Paola Estefanía, M. Sc.

Guayaquil, Ecuador

14 de febrero del 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 **Peñafiel Cortez, Sandra Stefanía**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniería Agropecuaria**.

TUTORA

Ing. Pincay Figueroa, Paola Estefanía, M. Sc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

Ing. Pincay Figueroa, Paola Estefanía, M. Sc.

Guayaquil, a los 14 días del mes de febrero del año 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE AGROPECUARIA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Peñafiel Cortez, Sandra Stefanía**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Integración Curricular, Evaluación del efecto de tres soluciones nutritivas en Forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) previo a la obtención del título de Ingeniería 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 Titulación referido.

Guayaquil, a los 14 días del mes de febrero del año 2023

LA AUTORA

Peñafiel Cortez, Sandra Stefanía



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

AUTORIZACIÓN

Yo, **Peñafiel Cortez, Sandra Stefanía**

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 maíz (*Zea mays*)**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 14 días del mes de febrero del año 2023

LA AUTORA

Peñafiel Cortez, Sandra Stefanía



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE AGROPECUARIA

CERTIFICADO URKUND

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo de Integración Curricular, **Evaluación del efecto de tres soluciones nutritivas en Forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*)** presentado por el estudiante **Peñañiel Cortez, Sandra Stefanía**, de la carrera de **Agropecuaria**, donde obtuvo del programa URKUND, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

Document Information	
Analyzed document	PEÑAFIEL CORTEZ SANDRA.docx (D158106036)
Submitted	2023-02-07 23:33:00
Submitted by	
Submitter email	sandra.penañiel@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	noelia.caicedo.ucsg@analysis.urkund.com

Fuente: URKUND-Usuario Caicedo Coello, 2023

Certifican,

Ing. Noelia Caicedo Coello, M.Sc.
Revisora - URKUND

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por darme la oportunidad de llegar hasta estas estancias de mi carrera.

Le agradezco a mis padres, por el apoyo brindado, por ser ese pilar fundamental que ha impulsado en mi a seguir adelante y no darme por vencida.

A mi tutora Ing. Paola Pincay Figueroa, por haberme tenido paciencia y sobre todo por demostrarme su confianza y de no haber dudado de que podía ser capaz de poder cumplir con cada uno de los requisitos que la institución requiere para llevar a cabo este proceso de titulación.

A la Ing. Noelia Caicedo Coello, por brindarme su apoyo moral, por en tiempos de colapso sacarme una sonrisa con sus anécdotas y por ser quien desde el curso de ingreso me recibió con su carisma increíble.

Al Ing. Ángel Triana Tomalá, que desde el momento uno no dudo en ayudarme y brindarme sus conocimientos en base a mi proyecto físico tanto de infraestructura como en sistemas de riego.

Al Ing. Alfonso Llanderal Quiroz, por haberme brindado su apoyo y darme pautas importantes para así poder llevar un buen manejo nutricional de mis plantas.

Al maestro Alberto de la A, por haberme ayudado en la elaboración de la infraestructura de mi proyecto, a pesar de los días soleados siempre estaba dispuesto ayudarme y a contarme sus anécdotas.

A esta prestigiosa institución, por haberme dado la dicha de poder formarme como profesional en su campus universitario.

A los docentes que forman parte de la facultad, por haber brindado con amor y cariño sus conocimientos, para así formarme como una gran líder profesional.

A mi hermana de otra madre Thais Aguirre, mi cómplice de locuras, que llego en el momento menos esperado y que hoy en día se convirtió en una persona muy importante en mi vida, gracias por enseñarme a ser mejor cada día y sobre todo por ser ese apoyo incondicional que necesite para este proceso.

A mi amiga Majo Romero, por brindarme su apoyo, por siempre confiar en mí, por recordarme que puedo lograrlo y que nunca debo darme por vencida.

A mi amigo Sebastián Díaz, por brindarme su apoyo y ayuda, por ser esa persona que siempre voy a poder confiar y sé que no me vas a dejar sola.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis en especial a mi hermano Luis Antonio, que a pesar de que ya no estés entre nosotros siempre fuiste de gran apoyo, fuiste como mi segundo padre del cual siempre me hizo saber que se sentía orgulloso de mí y que nunca dudó que llegaría a cumplir esta meta por la que tanto luché, y hoy por fin puedo decir que lo logré.

A mis padres, por haberme dado la oportunidad de seguir adelante y nunca haberme dejado sola en este proceso.

A mi hermano Hugo, que nunca dudo de ese potencial que vio en mí para poder emprender esta carrera que me ha llenado de muchos conocimientos.

A mis sobrinos, que son el motor para poder seguir adelante, que sin duda alguna han sido de gran apoyo para mi vida, de los que sé que van a estar conmigo en cada proceso y que se sentirán orgullosos de mí.

A mis cuñadas, por ser incondicionales, por ser unas personas maravillosas que amo con mi vida.

A mis amigos y demás familiares, que también forman parte de este proceso y que han sido de gran ayuda para mi vida



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Pincay Figueroa, Paola Estefanía, M. Sc.
TUTORA

Ing. Pincay Figueroa, Paola Estefanía, M. Sc.
DIRECTORA DE LA CARRERA

Ing. Caicedo Coello, Noelia Carolina, M.Sc.
COORDINADORA DE UTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE AGROPECUARIA

CALIFICACIÓN

Ing. Pincay Figueroa, Paola Estefanía, M. Sc.
TUTORA

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	2
1.1	Objetivos.....	3
1.1.1	Objetivo general.....	3
1.1.2	Objetivos específicos.....	3
2	MARCO TEÓRICO	1
2.1	Alimentación del Ganado Bovino.....	1
2.1.1	Forraje.....	1
2.1.2	Ensilaje.....	1
2.1.3	Concentrados.....	2
2.2	Requerimientos de Forraje para Ganado Bovino.....	3
2.3	Producción Forrajera	3
2.4	Biomasa del Forraje.....	4
2.5	Composición química del forraje.....	4
2.6	Origen de la hidroponía	5
2.7	Hidroponía	5
2.8	Forraje Hidropónico	6
2.9	Principales cultivos en forraje hidropónico.....	6
2.10	Producción del maíz en hidroponía	7
2.11	Características y taxonomía del maíz.....	7
2.12	Composición química del maíz.....	8
2.12.1	Principales requerimientos nutricionales.....	9
2.13	Manejo de la nutrición en cultivos hidropónicos.....	10
2.14	Ventajas y Desventajas	11
2.15	Utilización del Maíz en alimentación de bovinos.....	12
2.16	Rendimiento del cultivo hidropónico Vs. campo abierto.....	13
3	MARCO METODOLÓGICO	14
3.1	Lugar de la Investigación.....	14
3.1.1	Ubicación del Sitio Experimental.....	14
3.1.2	Caracterización de la ciudad.....	14
3.2	Materiales y Equipos.....	14

3.2.1	Material genético.....	14
3.2.2	Materiales y equipos.....	14
3.3	Tipo de investigación	16
3.4	Tratamientos en estudio	16
3.5	Diseño experimental y análisis estadístico	16
3.6	Manejo de Experimento	17
3.7	Variables a Evaluar.....	17
3.7.1	Número de hojas.....	17
3.7.2	Longitud de las Hojas (cm).....	17
3.7.3	Altura de la planta (cm).....	17
3.7.4	Longitud radicular.	18
3.7.5	Peso Fresco.	18
3.7.6	Peso Seco.	18
3.7.7	Costos de producción.....	18
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1	Número de hojas	19
4.2	Longitud de la hoja (cm)	19
4.3	Altura de la planta (cm).....	20
4.4	Longitud radicular (cm)	21
4.5	Peso fresco (raíz, hoja, tallo)	22
4.6	Peso seco (raíz, hoja, tallo)	22
4.7	Costos de producción	23
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
5.1	Conclusiones	24
5.2	Recomendaciones	24
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición Química del Forraje	4
Tabla 2. Descripción del maíz	8
Tabla 3. Taxonomía del maíz	8
Tabla 4. Composición química del maíz según el tipo.....	9
Tabla 5. Minerales del maíz	10
Tabla 6. Valor Nutricional del Sistema Hidropónico en Maíz	11
Tabla 7. Concentraciones de los nutrientes (Mg L-1).....	16
Tabla 8. Esquema de análisis de varianza	16

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Número de hojas	19
Gráfico 2. Longitud de hojas (cm)	20
Gráfico 3. Altura de la planta (cm)	21
Gráfico 4. Longitud radicular (cm).....	21
Gráfico 5. Peso fresco (raíz, hojas, tallo)	22
Gráfico 6. Peso seco (raíz, tallo, hojas)	23

RESUMEN

En la investigación se evaluó el efecto de tres soluciones nutritivas en Forraje Verde Hidropónico (FVH) de maíz (*Zea mays*). El proyecto se realizó en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, ubicada en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas. Se realizó la construcción de la estructura para 36 bandejas y se instaló el sistema de riego por goteo. La semilla de maíz certificada fue híbrido INIAP - H5051. La desinfección de la semilla se hizo con hipoclorito al 6 % y se efectuó el lavado para luego dejar en remojo el maíz por 48 horas; después, las semillas fueron puestas en cada una de las bandejas con una dimensión de 0.35 m x 0.42 m, cada bandeja fue cubierta de semilla a una altura de 1 cm; se hicieron 3 riegos diarios. El diseño experimental fue aleatoriamente simple con 3 tratamientos y 12 repeticiones; se eligió 4 bandejas por tratamiento de manera aleatoria para medir las variables altura de plantas, número de hojas, longitud de hojas, longitud radicular, peso seco y peso fresco, los datos fueron tomados a los 20 días en la fase vegetativa después de la salida de la segunda hoja. Los datos se analizaron 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 T2 obtuvo valores superiores en las variables evaluadas y en cuanto a los costos hubo una diferencia significativa debido a la cantidad de solución requerida por cada tratamiento.

Palabras clave: Forraje verde hidropónico, maíz, niveles de fertilización, nutrición vegetal, semillas.

ABSTRACT

The project was carried out at the Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, located in the city of Guayaquil, province of the Guayas, and evaluated the effects of three nutritional solutions on green fodder hidroponic (FVH) of maize (*Zea mays*). The building of the 36 plastic tray structure was completed, and the drip irrigation system was installed. The certified maize hybrid INIAP-H5051 seed was cleaned with 6% hypochlorite, washed, and then the maize was allowed to rest for 48 hours. The seed were then placed in each of the tray, which measured 0.35 m x 0.42 m and were covered in seed at a height of 1 cm. Three daily irrigation were then performed. The experimental design was straightforward with three treatment groups and twelve repetitions; four tray were randomly chosen for each treatment group to measure the factors height of plants, number of leaf, length of leaf, root length, dry weight, and fresh weight. Data were collected 20 days into the vegetative phase after the second leaf exit. To assess the differences between treatments, the data were analyzed using Statgraphic Plus for Windows (version 5.1) using an analysis of variance (ANOVA) and minimal significant difference (LSD) tests (P 0.05). The T3 obtained higher values in the evaluated parameters, and there was a significant cost difference because of the amount of solution needed for each treatment method.

Keywords: Fertilization levels, hydroponic green fodder, maize, plant nutrition, seeds

1 INTRODUCCIÓN

La producción forrajera de calidad en el trópico ecuatoriano ha sido uno de los puntos críticos en la producción de rumiantes, esto debido a que las condiciones del entorno no son las ideales. Las gramíneas tropicales presentan varias limitaciones nutricionales que restringen el comportamiento productivo de los animales. Entre estas se pueden mencionar la baja concentración energética, el bajo contenido proteico y mineral, lo que provoca un desbalance la alimentación del mismo.

Por esto, los productores deben recurrir a suplementos alimentarios para complementar las necesidades nutricionales de los animales, lo que acrecienta el costo de producción de los sistemas ganaderos. Generar alimentos de calidad al menor costo es uno de los principales desafíos del productor ecuatoriano. Es sumamente importante desarrollar tecnologías que permitan obtener materia prima de calidad, disminuyendo los costos de producción, lo cual es una necesidad de primera mano.

El desarrollo de un sistema sostenible de producción de alimentos para animales rumiantes requiere una cuidadosa reflexión y atención a las necesidades regionales y preferencias asociadas. Un sistema sostenible solo puede implementarse si todos los componentes relevantes de esta área, como agricultores y trabajadores agrícolas contribuyen al éxito de dicho sistema.

Además de su presente sostenibilidad, un sistema de producción de forraje ofrece una gran cantidad de ventajas al ser implementado para el desarrollo de alimentos. El uso de agua es un punto determinante en las producciones pecuarias y el implementar cultivos hidropónicos ayudaría a disminuir el consumo de agua y el uso de espacios abiertos, lo que promete ejecutar plantaciones constantemente en el transcurso del año y tener alimentos para animales rumiantes, como los bovinos, constantemente. Sin duda alguna, su productividad brindaría grandes beneficios económicos al país. Estudiar diferentes tipos de soluciones de forraje sería vital para

considerar métodos que puedan ser implementados en diferentes áreas del sector agropecuario del Ecuador.

Por ende, el siguiente análisis promete identificar los efectos nutricionales y económicos de soluciones de forraje verde hidropónico de maíz para consumo dirigido al ganado bovino localizado en la región costa del territorio ecuatoriano. Mediante dicho análisis, será posible definir soluciones nutritivas que beneficien al estilo de vida el ganado a través de la alimentación de materia seca. Una mejor conservación del ganado bovino incrementa la calidad de producción que este ganado podría ofrecer, brindando beneficios para el consumo local y el mantenimiento del medio ambiente del país.

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 tres soluciones nutritivas en Forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) para consumo de ganado bovino en la costa ecuatoriana.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Determinar la solución nutritiva con mayor rendimiento de Forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) para consumo de ganado bovino en la costa ecuatoriana.
- Determinar el contenido de materia seca en el Forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) para consumo de ganado bovino en la costa ecuatoriana.
- Realizar un análisis económico de costo entre los tratamientos en estudio.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Alimentación del Ganado Bovino

Existen diferentes sistemas de alimentación del ganado en la ganadería. Para los animales de pastoreo, el pasto suele ser el forraje que compone la mayor parte de su dieta, los cuales deben de tener un buen manejo para ser un alimento completo. Los forrajes se consideran partes vegetativas de las leguminosas o gramíneas, los cuales contienen una gran cantidad de fibra (Pando, 2010).

Según Araujo et al. (1997), la dieta de los rumiantes se basa en su mayoría en pastizal o forrajes. Los sistemas ganaderos a menudo se basan en forrajes nativos o cultivados, que se consideran una fuente de alimento abundante y barato y son ampliamente utilizados por los rumiantes debido a su baja digestibilidad.

2.1.1 Forraje.

El forraje es un alimento de alto valor nutritivo y a los rumiantes les va bien, pero no crecen ni engordan tan rápido como cuando se les alimenta con cereales. Para ahorrar tiempo y alimentación total, muchos terneros se engordan en comederos de cereales. Puede ser más económico preparar el grano de forraje para el sacrificio antes de que el animal pase el invierno (con heno). Pero el pasto es el alimento más rico y barato para el resto del ganado (Martínez et al., 2017).

2.1.2 Ensilaje.

El ensilaje es un método de conservación de forrajes húmedos en el que las bacterias epifitas del ácido láctico (BAC) fermentan carbohidratos solubles en agua (CHS) en condiciones anaeróbicas para producir ácido láctico y, en menor medida, ácido acético. Este proceso le permite almacenar grandes cantidades de alimento y retener un mayor porcentaje de nutrientes que las opciones de almacenamiento en seco (Ruíz, et al., 2004).

Los principales cultivos de ensilaje a nivel mundial son el maíz, la alfalfa y la gramínea, aunque también se ensilan el trigo, el sorgo y algunas

leguminosas. Se acidifican alrededor de 200 millones de toneladas de materia seca a un costo de producción de USD 100 - 150. Este precio incluye: tierra y cultivos (aprox. 5 %), siega y polietileno 30 %, ensilado 13 % y aditivos 7 %. Esto lo convierte en una opción económica para almacenar alimento durante la cosecha y suministrar alimento durante la escasez, manteniendo la calidad y el sabor, lo que permite un mayor número por animal, sustitución o adición de hectáreas o concentrados (Melendez y Bartolome, 2017).

Este tipo de alimento se utiliza para ganado intensivo, semi-intensiva o en corral. Tanto el ensilaje como el heno son formas comunes en que los agricultores alimentan al ganado durante el invierno cuando no pueden pastar. Ambos están hechos de hierba y se consideran una forma de conservación del alimento de hierba. A pesar de las similitudes generales, los dos estilos definitivamente tienen sus diferencias. La principal diferencia entre el heno y el ensilado es que el primero es pasto que ha sido cortado y secado para su uso en la alimentación animal. El ensilado se fermenta y se almacena en silos antes de ser utilizado como alimento (Quiñones y Cardona, 2020).

2.1.3 Concentrados.

Existen los forrajes ricos en fibra que son bajos y altos en nutrientes digeribles totales (TDN). El concentrado tiene alta densidad y alta energía volumétrica. También son más caros que los cereales integrales, pero contienen carbohidratos más digeribles. Los concentrados incluyen maíz, avena, cebada, sorgo (milo) y trigo; granos de destilería y gluten de maíz; salvado de trigo y pulpa de remolacha, aditivos proteicos como la harina de semillas oleaginosas; y suplementos nutricionales líquidos. Al usar concentrados como alimentos básicos, se debe tener en cuenta que no todos los granos tienen el mismo peso (Zamora, et al., 2016).

La alimentación por litros o galones le traerá problemas. Pese su comida para averiguar cuánto pesa realmente su cuchara o balde para un alimento en particular, y verifique nuevamente cuando cambie de alimento. Por ejemplo, cambiar la ración de una vaca sin ajustar el peso corporal puede causar indigestión (Contreras, Cordero, Jurado, y Huamán, 2019).

2.2 Requerimientos de Forraje para Ganado Bovino

El forraje juega un papel importante en los ecosistemas lecheros y se ve afectado por cambios en la ingesta de nutrientes debido a la necesidad de producir grandes cantidades de leche. En la producción es importante la calidad y cantidad del alimento, cuanto más alimento, más leche se producirá directamente sin aumentar el número de vacas. Actualmente están económicamente disponibles en concentrados de alta energía, pero si los granos y otros ingredientes para piensos se vuelven más caros, los productores lecheros utilizarán más piensos (Cardona, et al., 2017).

El 80 % de la dieta de los carnívoros consiste en forrajes, legumbres, hierbas y arbustos. Son consumidos por el ganado en pastoreo y utilizados como alimento de almacenamiento. Las especies forrajeras tienen diferentes potenciales de rendimiento y valores nutricionales que pueden afectar la productividad del ganado de carne. El clima, las condiciones locales del suelo y los objetivos de manejo determinan las mejores especies forrajeras para cada área de cultivo y aplicación (Lezcano, et al., 2016).

Aunque la mejor nutrición la proporcionan los forrajes a principios de la temporada de crecimiento para maximizar la absorción de nutrientes, los forrajes ricos en proteínas generalmente no contienen altos niveles de fibra, que es esencial para la función del rumen. Por lo tanto, un sistema de pastoreo bien manejado siempre debe tener una mezcla de fases vegetativas tempranas y tardías (Duque, et al., 2017).

2.3 Producción Forrajera

Los sistemas de producción animal son esenciales para el suministro de alimentos porque requieren poco o ningún grano, que es una fuente de energía para los seres humanos. De hecho, estos animales dependen del rumen como fermentador, convirtiendo la fibra no digerible en alimentos de alta calidad como la leche y la carne (Jimenez y Amendola, 2022).

El forraje se utiliza para apoyar el crecimiento y la reproducción de los rumiantes, por lo que su disponibilidad constante es fundamental. Actualmente, los sistemas hidropónicos son una tecnología alternativa que se

desarrolla constantemente para la alimentación animal, ya que existen varios enfoques que afectan el clima, el costo y la disponibilidad de infraestructura (Zagal et al., 2016).

La conversión de estos productos de desecho ricos en celulosa por parte de los microbios del rumen es una característica muy deseable que debe explotarse para la producción animal sostenible utilizando subproductos de fibra. Los rumiantes contribuyen a la fertilidad del suelo a través de los excrementos y la orina, convirtiendo así algunas tierras improductivas en cultivos o alimentos (Jimenez y Amendola, 2022).

2.4 Biomasa del Forraje

La producción de biomasa vegetal es única ya que muestra diferencias en sus distintas etapas de crecimiento, siendo la fotosíntesis la causante de absorber el CO₂ atmosférico para transformarlo en carbohidratos, y es suma importancia para cada sistema agrícola, mostrando variabilidades en las condiciones ambientales (Marcos et al., 2016).

2.5 Composición química del forraje

La composición química del forraje es muy importante ya que puede ser limitante o sin límites para la producción de bovinos, lo cual constituye el volumen del animal, algunos pastos presentan concentraciones promedias de proteína de 16 % y en fibras de 53.4 %. Asimismo, para maíz forrajero, se registran valores en proteína de 6.38 % y valores en fibra de 28.6 % y 40 % en pastos tropicales (Santana et al., 1988).

Tabla 1. Composición Química del Forraje

Composición Química		Forraje % Máximo
Materia Seca (%)		91.76
Materia Orgánica (%DM)		85.88
Proteína Cruda		13.45
Fibra Cruda		33.08

Fuente: Martinez, et al., 2017

Elaborado por: La Autora

2.6 Origen de la hidroponía

Los primeros ejemplos de hidroponía se remontan a los Jardines Colgantes de Babilonia y los Jardines Flotantes de China. Los seres humanos han utilizado estas tecnologías hace miles de años. Aunque la teoría general de la hidroponía sigue siendo la misma, la tecnología moderna nos permite crecer más rápido, más fuertes y más sanos (Vega, 2020).

Empezó a popularizar la idea de que las plantas podían crecer en una solución de nutrientes y agua en lugar de suelo. Alrededor de la década de 1930, los nutricionistas de plantas estudiaron ciertas enfermedades de las plantas y, como resultado, notaron síntomas relacionados con las condiciones existentes del suelo, como la salinidad. En este caso, se realizaron experimentos hidropónicos con la esperanza de producir síntomas similares en condiciones de laboratorio controladas (Gelvez y Ovalle, 2019).

2.7 Hidroponía

Generalmente asociamos este tipo de cultivo al uso de grandes invernaderos y técnicas de cultivo de plantas. La palabra hidroponía se deriva de las palabras griegas HYDRO (agua) y PONOS (trabajo o mano de obra), que significa trabajo en el agua. Pero es un conjunto de tecnologías que permiten el cultivo sin suelo para producir vegetales saludables y de alta calidad que utilizan el agua y los nutrientes de manera más eficiente (Castañares, 2020).

El desarrollo actual de la técnica de los cultivos hidropónicos, está basada en estructuras simples o complejas para producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no, entre otros (Ordoñez et al., 2018).

Este sistema hidropónico se expande desde una menor contaminación de los cultivos y un mayor rendimiento de los cultivos hasta la conservación ambiental masiva, el pH de los medios hidropónicos se mantiene alrededor de 6 - 7 (Castañares, 2020).

En base a este concepto, se han desarrollado tecnologías basadas en sustratos (medios de soporte de las plantas) o sistemas con solución nutritiva estática o circulante, independientemente de las necesidades de la planta como la temperatura, para pulverizar humedad controlada a intervalos predeterminados, granos con una solución acuosa rica en nutrientes (Ordoñez et al., 2018).

2.8 Forraje Hidropónico

El forraje hidropónico es una gran fuente de aminoácidos, enzimas digestivas, proteínas, vitaminas, fibra y, sobre todo, carbohidratos. Este forraje está completamente libre de pesticidas y fertilizantes artificiales y es inocuo para el ganado. La proporción de los ingredientes en el alimento hidropónico sigue siendo la misma, por lo que la proporción de ordeño de las vacas también sigue siendo la misma (Valverde et al., 2017).

Hay un interés renovado en esta tecnología debido a la escasez de forraje verde en la mayoría de los países de Oriente Medio, África y Asia. La producción de forraje no es fácil de aumentar, principalmente debido a la creciente presión humana sobre la tierra para producir granos, semillas oleaginosas y legumbres (Acosta et al., 2016).

Para satisfacer la creciente demanda de alimentos verdes, una alternativa es el alimento hidropónico, que se puede producir en sistemas comerciales grandes, complejos y automatizados con gestión ambiental o en sistemas de bajo costo con condiciones ambientales adecuadas para el cultivo y la producción de alimentos. Las semillas forrajeras proporcionan nutrientes a las plantas en ausencia de suelo, utilizando agua del grifo o una solución rica en nutrientes (Nagel, Martino, y Candiotti, 2019).

2.9 Principales cultivos en forraje hidropónico

El cultivo hidropónico de materia prima animal es una tendencia relativamente nueva, aunque el proceso existe desde la década de 1930. La hidroponía, una técnica para cultivar plantas sin usar suelo, ha logrado un alto

grado de sostenibilidad en los países desarrollados (Sánchez y Escalante, 1998).

El forraje hidropónico se considera como el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas, el cual se realiza durante un periodo de 9 a 15 días, captando energía solar y sobrellevando los minerales de la solución nutritiva (Lopez, 2005).

La producción de forraje hidropónico puede ser más adecuada para áreas semiáridas, áridas y propensas a la sequía con escasez crónica de agua o áreas sin infraestructura de riego. Su producción ofrece muchas ventajas a los agricultores con suelos pedregosos y pobres. Los forrajes como el maíz, la cebada, la avena, el sorgo, el centeno y la alfalfa se pueden producir hidropónicamente. Otras plantas como el caupí, el cuero de caballo, el cáñamo solar, la cola de zorra y el sorgo también se han cultivado con éxito mediante hidroponía (Ross, 2017).

2.10 Producción del maíz en hidroponía

El maíz es la variedad más eficiente en términos de uso de agua y rendimiento. Tiene muchas ventajas para producir en un espacio pequeño, requiere poca agua, aumenta la producción y puede lograr la condición corporal del animal. Así, el forraje verde hidropónico es una tecnología que puede producir forraje fresco de alta digestibilidad y valor nutritivo, con un contenido proteico del 11 % - 14 %, ideal para la alimentación animal con un contenido de materia seca del 18 %, se obtiene de la germinación y el crecimiento temprano de plántulas de gramíneas y leguminosas, cosechadas en un tiempo de 7 - 12 días, donde solo se requiere de 1.55 - 3.0 L de agua kg⁻¹ (Soto y Ramírez, 2018).

2.11 Características y taxonomía del maíz

El maíz, un grano domesticado por primera vez por los pueblos indígenas del sur de México hace unos 10.000 años, supera al trigo y al arroz en producción combinada en muchas partes del mundo. Además de usarse directamente para el consumo humano, el maíz también se usa para producir

etanol de maíz, alimentos para animales y otros productos de maíz, como almidón de maíz y jarabe de maíz (Urango, 2018).

Tabla 2. Descripción del maíz

Raíces	Son fasciculadas y su función principal es que aporta un anclaje a la planta.
Tallos	Es simple, erecto en forma de caña, tiene una longitud elevada, robusto y no presenta ramificaciones.
Hojas	Son largas, se encuentran unidas al tallo con presencia de vellosidad en el haz, además los extremos son muy afilados y cortantes
Inflorescencia	Es una planta monoica, presenta dos tipos de inflorescencia. La inflorescencia masculina conocida como panícula, está compuesta por un eje central y ramas laterales. En cambio, la inflorescencia femenina cuando ha sido fecundada se denomina mazorca, que se halla cubierta por hojitas de color verde.
Grano	La cubierta de la semilla se llama pericarpio, la capa de aleurona es la que aporta el color al grano (blanco, amarillo, morado).

Fuente: Yang, 2020

Elaborado por: La Autora

En la siguiente Tabla, se muestra la taxonomía del maíz (*Zea mays*), de acuerdo a Acosta et al. (2016).

Tabla 3. Taxonomía del maíz

Reino	Plantae
Subdivisión	Magnoliophyta
Clase	Angiosperma
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Andropogoneae
Subtribu	Tripsacinae
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Zea mays</i>

Fuente: Acosta, et al., 2016

Elaborado por: La Autora

2.12 Composición química del maíz

La variabilidad de cada componente afecta la distribución de factores como la madurez, el clima, las partes de la planta consumidas, las prácticas de producción, el manejo posterior a la cosecha, las condiciones de procesamiento y almacenamiento contribuyen a las diferencias en la

composición de los alimentos. El principal componente químico del grano de maíz es el almidón, que constituye del 72 % al 73 % del peso del grano de maíz. La molienda de maíz seco separa el salvado para producir productos enteros y fraccionados, mientras que la molienda de maíz húmedo separa el almidón y las proteínas (Iluh, 2006).

Tabla 4. Composición química del maíz según el tipo

Tipo de Maíz	Humedad	Proteína	Fibra Cruda	Extracto de Eter	Carbohidrato
Salpor	12.2	5.8	0.8	4.1	75.9
Cristalino	10.5	10.3	2.2	5.0	70.3
Harinoso	9.6	9.6	2.2	5.4	70.4
Amiláceo	11.2	9.1	1.8	2.2	72.8
Dulce	9.5	12.9	2.9	3.9	69.3
Negro	12.3	5.2	1.0	4.4	75.9

Fuente: Iluh, 2006

Elaborado por: La Autora

2.12.1 Principales requerimientos nutricionales.

La composición nutricional varía debido a factores como la estructura del grano, la genética, las condiciones ambientales, los efectos del procesamiento y los diferentes pasos en la cadena alimentaria. A pesar de los efectos beneficiosos del procesamiento, como la eliminación de los inhibidores de la tripsina y la liberación de niacina ligada al grano, las pérdidas y el agotamiento de nutrientes en los alimentos procesados son más graves que en los alimentos crudos (Boxler y Garcia, 2010).

La pérdida de nutrientes puede ocurrir durante la cosecha, el manejo y el transporte, la preparación y el procesamiento, o el almacenamiento y la distribución. La mayoría de los cereales, que son bajos en minerales esenciales como calcio, potasio, hierro y zinc, pueden mejorar su perfil nutricional mezclándolos con legumbres ricas en proteínas (Moran, 2020).

Las variedades normales del contenido de proteínas son aproximadamente del 8 % al 11 % del peso del grano. La mayoría de ellos son embriones. El contenido de aceite de los granos de maíz está controlado genéticamente y oscila entre el 3% y el 18%, principalmente del germen. Cuando los granos de maíz están maduros, también contienen una pequeña cantidad de carbohidratos además del almidón. Los azúcares totales en el grano oscilan entre el 1 % - 3 %, con sacarosa. Niveles más altos de

monosacáridos, disacáridos y trisacáridos están presentes en los granos en maduración, 12 días después de la polinización, el contenido de azúcar es relativamente alto, mientras que el contenido de almidón es bajo (Iluh, 2006).

Tabla 5. Minerales del maíz

Mineral	Concentración (mg/100g)
P	299.6 ± 57.8
K	324.8 ± 33.9
Ca	48.3 ± 12.3
Mg	107.9 ± 9.4
Na	59.2 ± 4.1
Fe	4.8 ± 1.9
Cu	1.3 ± 0.2
Mn	1.0 ± 0.2
Zn	4.6 ± 1.2

Fuente: Boxler y Garcia, 2010

Elaborado por: La Autora

2.13 Manejo de la nutrición en cultivos hidropónicos

La hidroponía se desarrolló para facilitar el cultivo en una variedad de entornos y mejorar las prácticas agrícolas utilizando métodos sin suelo. Los sistemas hidropónicos, independientemente de su tamaño, dependen menos del suelo como sustrato y, en cambio, obtienen sus nutrientes directamente de la solución hidropónica que contiene agua y nutrientes. Debido a que la hidroponía permite un mayor control sobre el crecimiento de las plantas, se puede lograr una alta calidad y rendimiento mediante un manejo cuidadoso del contenido de nutrientes de las plantas, la concentración de O² disuelto, la temperatura, el pH y la conductividad eléctrica. La entrega de nutrientes en hidroponía puede afectar significativamente el valor nutricional, el sabor, la textura, el color y otras características de los cultivos de frutas y hortalizas (Maldonado et al., 2013).

En hidroponía, las plantas de maíz suelen contener elementos y nutrientes esenciales disueltos en concentraciones adecuadas y proporciones relativas para lograr un crecimiento normal de la planta. Es bien sabido que la productividad y la calidad de los cultivos cultivados en sistemas hidropónicos depende en gran medida de la cantidad de nutrientes que las plantas reciben

del medio de cultivo. Por lo tanto, las soluciones de nutrientes y su manejo son la piedra angular de un sistema hidropónico exitoso y el determinante más importante del rendimiento y la calidad (Soto y Ramírez, 2018).

Tabla 6. Valor Nutricional del Sistema Hidropónico en Maíz

Planta	Producción de Sistema Hidropónico (Kg/ha)	Producción a Campo Abierto (Kg/ha)
Maíz	8 971.0	1 682.07

Fuente: Soto y Ramírez, 2018

Elaborado por: La Autora

2.14 Ventajas y Desventajas

Su implementación proporciona varias ventajas significativas que pueden mejorar el producto. El maíz produce el doble que el maíz cultivado en el suelo, y eso se debe a que la hidroponía le permite controlar el medio ambiente, lo que resulta en un crecimiento más suave y con mayores rendimientos (Trevizan y Challapa, 2020).

En base a esto, las plantas de maíz que se cultivan en interiores son menos susceptibles a plagas y enfermedades que las que se cultivan en exteriores. Esto se debe a que el entorno del cuarto de cultivo se puede controlar mejor y no está tan expuesto como a nivel local (Moran, 2020).

Los sistemas hidropónicos son extremadamente eficientes en el uso del agua y usan un 50 % menos de agua que los métodos de cultivo tradicionales. Tales características tienden no solo a reducir los costos de producción, sino también a afectar la protección del medio ambiente (Márquez, 2022).

En cuanto a las desventajas de este método, puede haber varios factores a considerar al implementar este tipo de cultivo. Un sistema hidropónico es más costoso de comprar y construir según el tipo y el tamaño y si está preconstruido o construido con componentes individuales para crear un diseño personalizado. Además, tanto los sistemas hidropónicos pasivos como los activos dependen de la electricidad para alimentar varios

componentes, como luces de crecimiento, bombas de agua, aireadores y ventiladores. En los sistemas activos, una pérdida de potencia puede ser perjudicial para las plantas si pasa desapercibida para el cultivador (Castillo y Núñez, 2019).

La hidroponía requiere un mayor nivel de control micro gestión para mantener un entorno de crecimiento controlado, ya que todos los componentes del sistema deben ser monitoreados constantemente. Estos incluyen la luz, la temperatura y muchos aspectos de la solución nutritiva, como el pH y la conductividad. La solución nutritiva también debe enjuagarse y reemplazarse regularmente, y los componentes del sistema deben limpiarse con frecuencia para evitar la acumulación y la obstrucción (Chavarria y Castillo, 2018).

Debido a que las plantas cultivadas hidropónicamente se cultivan en agua en lugar de suelo, las enfermedades transmitidas por el agua son considerablemente más altas. Con el agua circulando continuamente a través del sistema, las infecciones pueden propagarse rápidamente por todo el sistema de cultivo, afectando a toda la colección de plantas (Mejía y Reyes, 2020).

En casos extremos, las enfermedades transmitidas por el agua pueden matar todas las plantas en un sistema hidropónico en cuestión de horas. En base a esto, el suelo protege a las raíces de los cambios extremos de temperatura, previene el ataque de plagas y enfermedades y libera y absorbe regularmente nutrientes. Las plantas cultivadas en sistemas hidropónicos responden mucho más rápido a problemas como deficiencias de nutrientes y enfermedades (Ramirez y Soto, 2017).

2.15 Utilización del Maíz en alimentación de bovinos

Los sistemas de ganadería de doble propósito involucran el uso de forraje, que también se considera un alimento más económico, como fuente primaria de alimentación. El uso del maíz en la alimentación del ganado se ha vuelto más intensivo en los últimos años, ya sea como parte de la alimentación de bovinos de engorde o como aditivo alimentario. Este alimento se asoció

con la ganancia de peso vivo y la eficiencia de conversión alimenticia (Woody et al., 1983).

2.16 Rendimiento del cultivo hidropónico Vs. campo abierto

En los países desarrollados donde no hay escasez de alimentos y forrajes de calidad, la producción hidropónica de forrajes es menos competitiva que la producción de forrajes tradicionales cuando se compara por kg de materia seca. La gran inversión inicial en sistemas hidropónicos comerciales completamente automatizados, la mano de obra y los costos de energía para mantener el entorno requerido por el sistema aumentan significativamente el costo neto de la producción de alimentos hidropónicos. Es importante destacar que estos sistemas no tienen éxito en los países en desarrollo (Girma y Gebremariam, 2018).

Por el contrario, los sistemas hidropónicos de bajo costo se desarrollaron utilizando la infraestructura disponible localmente a la luz de la grave escasez de nutrientes y agua. El sistema de riego local aún no es perfecto. Además, los costos de transporte y combustible suelen ser altos, y los precios de los alimentos varían mucho según la estación. Una temporada baja típica para la producción de alimentos es la norma con una baja inversión en control de temperatura y humedad y bajos costos de mano de obra. En este caso, la estructura de costos generalmente cambiará a favor de la producción de alimentos hidropónicos y se puede encontrar espacio para aumentar la producción ganadera. Sin embargo, a diferencia del cultivo en campo, su desempeño en el lado de la plantación es generalmente positivo. Se vuelve más productiva ya que desarrolla múltiples plantaciones a lo largo del año. Por ejemplo, un estudio concluyó que el alimento hidropónico de maíz es una de las alternativas de alimentación con buen valor nutricional debido a su alto contenido de proteína cruda de 18.34 % (Ndaru et al., 2020)

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Lugar de la Investigación

3.1.1 Ubicación del Sitio Experimental.

El experimento se realizó en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo (2°10'57.1"S 79°54'09.4"W).

3.1.2 Caracterización de la ciudad.

La ciudad de Guayaquil es la capital de la provincia del Guayas, ubicada en la parte noroeste de América del Sur. Su ubicación geográfica corresponde a -2.21 grados de latitud y -79.91 grados de longitud, a una altitud de 6 metros sobre el nivel del mar. Además, se puede mencionar que se ubica en la parte central de la región costera del Ecuador, entre las desembocaduras del río Guayas y el estuario del salado. Por su proximidad al mar y su condición de puerto, la ciudad es la más poblada y económicamente activa del país.

3.2 Materiales y Equipos

3.2.1 Material genético.

Se utilizó una variedad de maíz certificado híbrido INIAP H551

3.2.2 Materiales y equipos.

- Cuartones de semidura 3"
- Tiras de madera
- Libras clavo 2"
- Libras clavo 3"
- Libras alambre
- Pernos
- Codo flex negro dentado
- Tee dentada 16mm * 16mm
- Empaque inicial
- Conector inicial dentado
- Válvula Flex de 16mm

- Bandejas plásticas
- Papel de cocina
- Papel plástico grande
- Papel plástico pequeño
- Tapas selladoras
- Silicona para aluminio
- Bushign 3/4
- Nplos 3/4
- Tee roscada 1"
- Unión universal
- Válvula check
- Nplos roscado 3/4
- Codo roscado
- Cable SPT 2X12
- Nplos pequeños
- Tubo de 3/4
- Teflón
- Pistola de silicona
- Enchufe
- Abrazadera
- Cinta tenflex
- Tapón Macho
- Cumbreos duratechos
- Malla antimosquitos (metros)
- Tachos de agua
- Extensión eléctrica
- Bombas de agua
- Cintas plásticas
- Cloro
- Maíz híbrido INIAP H551
- Transporte

3.3 Tipo de investigación

El enfoque de la investigación fue cuantitativo con un alcance explicativo experimental y correlacional.

3.4 Tratamientos en estudio

Este experimento tiene 3 Tratamientos utilizando como referencia la solución nutritiva propuesta por Salas et al. (2010), T1 50 % más de las concentraciones y 50 % menos de las concentraciones del T0, en lo que se refiere a los micronutrientes se mantendrán constantes durante todo el experimento (Fe 1.4, Mn 0.5, Cu 0.02, Zn 0.05, B 0.5 y Mo 0.009 mg/l).

Tabla 7. Concentraciones de los nutrientes (ppm)

Tratamiento	N	N ₂ PO ₄	K ⁺	Ca ²⁺	Mg	pH	F
T0	202	48	32	81	60	6	2
T1	303	74	48	121.5	90	6	2.5
T2	101	24	16	40.5	30	6	1.5

Elaborado por: La Autora

3.5 Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue aleatorio simple con 3 tratamientos con 12 bandejas por repeticiones. De las 36 bandejas se elegirán 4 por tratamiento de manera aleatoria. Los datos se analizaron 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.). En la Tabla 8, se considera el esquema de análisis de varianza:

Tabla 8. Esquema de análisis de varianza

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

Elaborado por: La Autora

- Ho: No existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados.
- H1: Existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados.

3.6 Manejo de Experimento

El cultivo de forraje de maíz se realizó en una estructura de tres pisos en la que se pondrá 12 bandejas por pisos (0.35 m x 0.42 m), cada uno de los pisos se encuentra un tratamiento. El riego se realizó por goteros realizando 3 riegos diarios. La variedad de maíz utilizada fue maíz certificado híbrido INIAP H551. Cabe destacar que las semillas serán lavadas y desinfectadas en una solución de hipoclorito de sodio al 6 % durante 3 min y nuevamente se lavaron con agua potable. Posteriormente fueron introducidas en una cubeta de agua con 2 L (agua potable). Finalmente, las semillas fueron esparcidas de manera uniforme en las bandejas hasta lograr un espesor de 1 cm.

3.7 Variables a Evaluar

Los datos de cada una de las variables fueron evaluados en el día 20 del experimento (los días fueron contados a partir de que las semillas fueron colocadas en las bandejas).

3.7.1 Número de hojas.

Se contó el número de hojas por cada planta de muestra por tratamiento.

3.7.2 Longitud de las Hojas (cm).

Se realizó con cinta métrica y se expresó en centímetros, midiendo la planta.

3.7.3 Altura de la planta (cm).

Se realizó con cinta métrica, del cual fue medida desde el suelo hasta el ápice principal en cada tratamiento.

3.7.4 Longitud radicular.

Se realizó una medición en centímetros por cada muestra de tratamiento.

3.7.5 Peso Fresco.

Se realizó la medición en gramos por cada bandeja de tratamiento y se pesó en una balanza digital.

3.7.6 Peso Seco.

Para obtener el peso seco se realizó un secado en un horno de 60 – 80° C hasta obtener un peso constante, luego se retiró las muestras y fueron pesadas y registrados los valores de cada uno de los tratamientos.

3.7.7 Costos de producción.

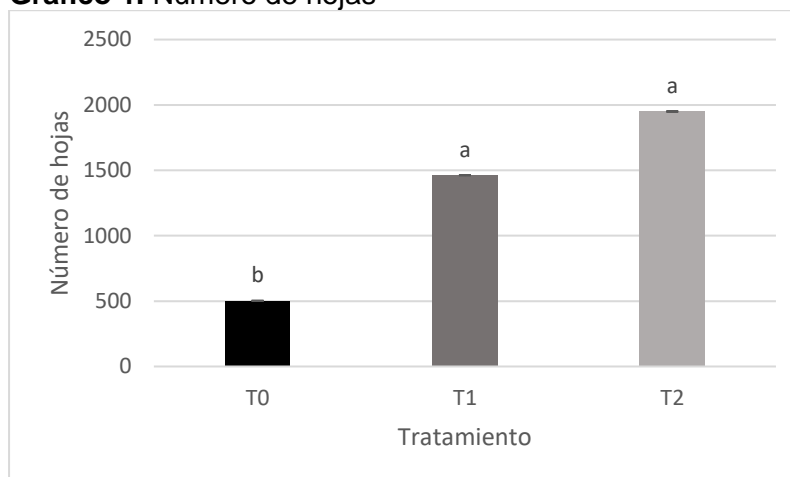
Para determinar el costo de producción se realizó una tabla descriptiva donde se pudo evidenciar el valor fijo de cada tratamiento para así poder llevar la implementación y ejecución del proyecto.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Número de hojas

Al día 20 del experimento, se procedió a recolectar las muestras de los 3 tratamientos para registrar el número de hojas, los resultados obtenidos se muestran en el Gráfico 1. Cabe destacar que se encontró diferencia significativa entre los tratamientos siendo mayor el tratamiento T1 y T2 con un rango de 1 462.50 y 1 950 comparado con el tratamiento T0 de 502.50, debido a las altas dosificaciones aplicadas en el forraje verde hidropónico. No hubo comparaciones con otros autores debido a que no se toma en consideración esta variable ya que es destacada en el total del peso fresco, pero es de suma importancia para verificar el porcentaje de biomasa que produce la planta.

Gráfico 1. Número de hojas



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

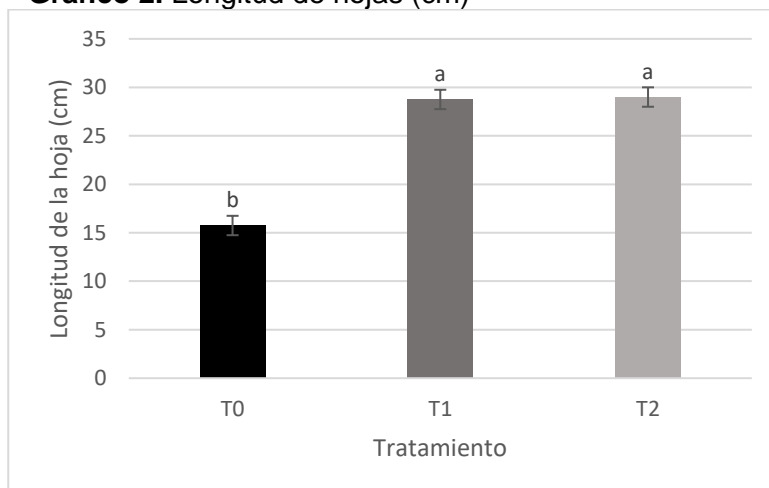
Elaborado por: La Autora

4.2 Longitud de la hoja (cm)

Al día 20 del experimento, se recolectaron las muestras para registrar la longitud de hojas de los 3 tratamientos, los resultados obtenidos se muestran en el Gráfico 2, con un promedio T0 fue de 15.75 cm, T1 de 28.75 cm y T2 de 29 cm, cabe recalcar que al obtener diferencia relativa influye no solo en el aporte de nutrientes sino también en el exceso de luz solar ya que no hubo un control adecuado de la sombra para que así la planta tenga un desarrollo y crecimiento óptimo. Se obtuvo resultados inferiores expuesto por

Castro et al., (2013), debido a las diferentes condiciones agroclimáticas, y a la menor concentración nutricional con un promedio de 6.7 y 7.2 cm.

Gráfico 2. Longitud de hojas (cm)



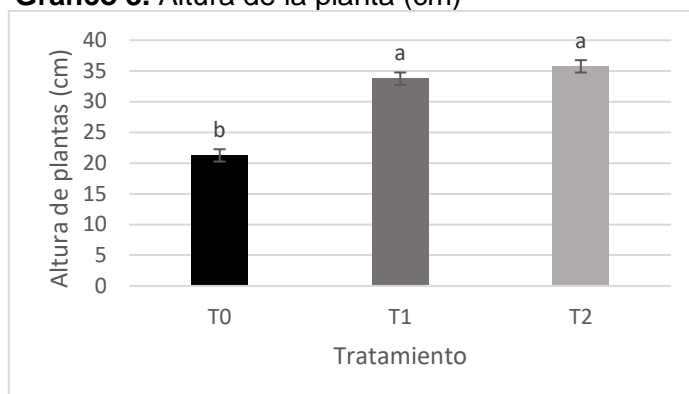
Ns indica no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa $p \leq 0.05$

Elaborado por: La Autora

4.3 Altura de la planta (cm)

Al final del experimento (día 20), se realizó la medición de la altura de la planta entre los 3 tratamientos en lo que se muestra en el Gráfico 3, que la altura del T1 y T2 fueron superiores con un promedio de 33.75 y 35.75 cm, debido a las altas concentraciones nutricionales comparadas con el T1 que fue en menor cantidad con un promedio de 21.25 cm. Resultados similares fueron encontrados por Ramírez et al., (2017), con un rango de 26 a 32 cm siendo mayor el tratamiento con la alta concentración de nutrientes.

Gráfico 3. Altura de la planta (cm)



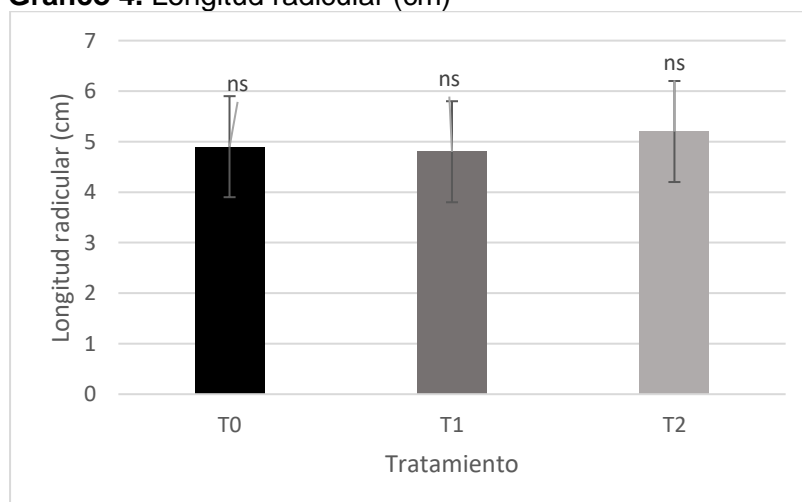
Ns indica no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa $p \leq 0.05$

Elaborado por: La Autora

4.4 Longitud radicular (cm)

En lo que se refiere a la longitud radicular al final del experimento se observa en el Gráfico 4, con un promedio T0 de 4.90 cm, T1 fue de 4.80 cm y T2 de 5.20 cm, siendo mejor el tratamiento T2 con la mayor concentración de nutrientes. Se obtuvo resultados superiores expuesto por Valverde et al., (2017), donde hubo diferencias significativas entre variedades de maíz amarillo y maíz blanco y fertilizantes tanto químicos como orgánicos, siendo la variedad de maíz blanco la mejor, del cual se obtuvo con mejores resultados en la aplicación de fertilizantes químicos con un promedio de 10.72 cm y 12.49 cm

Gráfico 4. Longitud radicular (cm)



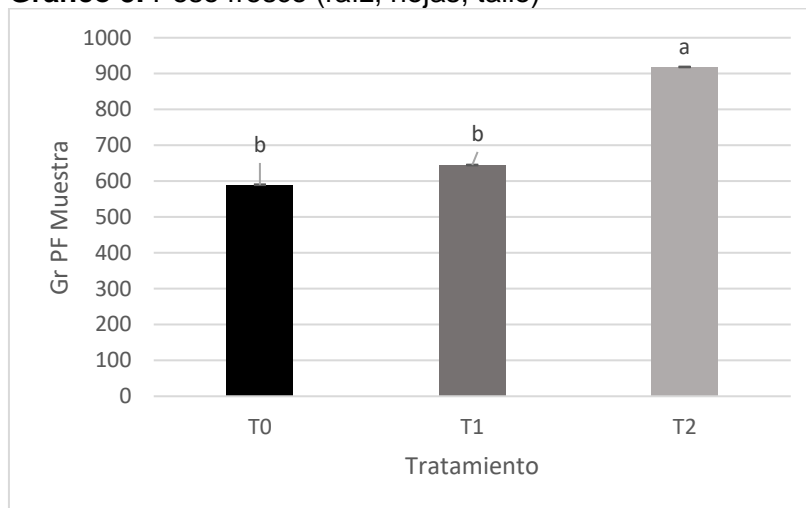
Ns indica no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa $p \leq 0.05$

Elaborado por: La Autora

4.5 Peso fresco (raíz, hoja, tallo)

El Gráfico 5, muestra en peso fresco total, que entre los tratamientos con mayor rendimiento fue el T2 con un promedio de 918.50 gramos, ya que en los tratamientos T0 y T1 no se encontraron diferencias significativas, similar tendencia fue encontrada por Ramírez et al., (2017), con valores de 15 kg m² en la solución con altas concentraciones.

Gráfico 5. Peso fresco (raíz, hojas, tallo)



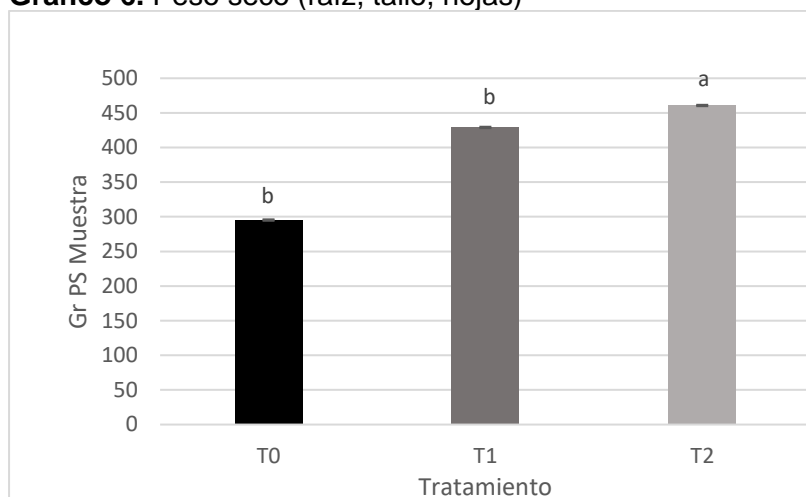
Ns indica no diferencia significativa, letras distintas indica diferencia significativa $p \leq 0.05$

Elaborado por: La Autora

4.6 Peso seco (raíz, hoja, tallo)

En Peso seco encontramos en el Gráfico 6, que existe una diferencia significativa siendo con mayor rendimiento el tratamiento T2 con un promedio de 461 g comparado con el tratamiento T0 que fue de 296 g. De la misma manera se obtuvo resultados superiores expuesto por Maldonado et al., (2013), teniendo como mejor rendimiento el tratamiento con mayor proporción en solución nutritiva con un promedio de 2.41 kg m²

Gráfico 6. Peso seco (raíz, tallo, hojas)



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

Elaborado por: La Autora

4.7 Costos de producción

Se obtuvo una diferencia de valores debido a la cantidad de solución requerida por cada tratamiento y se determinó el costo por concepto de fertilización, los valores se observan en la Tabla 9. Con esto podemos verificar que el T2 refleja el mayor nivel de productividad debido a las altas concentraciones de soluciones nutritivas.

Tabla 9. Costos por concepto de fertilización

Rubros	T0 (USD)	T1 (USD)	T2 (USD)
Fertilizantes	2.27	0.92	3.4
Semillas	40	40	40
Costos totales	42.27	40.92	43.4
Costo por bandeja	3.52	3.41	3.61

Elaborado por: La Autora

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

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

- De acuerdo a los resultados la solución nutritiva que mayor contenido de peso fresco se obtuvo fue la T2.
- Dado los resultados obtenidos se puede verificar que el tratamiento T1 y T2 con mayor concentración nutritiva se puede deducir que obtuvo mejores resultados con respecto al tratamiento T0, ya que dio mejores aportes nutricionales y así obtener una mejora en los diferentes parámetros morfológicos (longitud de la hoja, altura de planta y longitud radicular).

5.2 Recomendaciones

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

- Desarrollar nuevas investigaciones evaluando otros porcentajes de las soluciones nutritivas y porcentaje de sombreado.
- Para una mejor producción se debe de tener un porcentaje de semillas pre-germinadas alto.
- Mantener un control diario en el momento del riego con la solución para evitar complicaciones.
- Ampliar el periodo de evaluación de cada uno de las variables evaluadas para tener mayor cantidad de datos en la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, N., Lima, R., Castro, A., Avellaneda, J., y Suarez, Y. (2016). Evaluación de diferentes sistemas de producción de biomasa hidropónica de maíz. *Centro Agrícola*, 43(4).
- Araujo, O., Gadea, J., y Pirela, M. (1997). Efecto de la ureza de los bloques multinutricionales sobre el consumo voluntario en bovinos mestizos. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 5(1), 217-219.
- Boxler, M., y Garcia, F. (2010). Nutrición de maíz: requerimientos y absorción de nutrientes. *Informaciones agronómicas*, 48, 14-18.
- Cardona, J., Mahecha, L., y Angulo, J. (2017). Arbustivas forrajeras y ácidos grasos: estrategias para disminuir la producción de metano entérico en bovinos. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 273-288.
- 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. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 5(9), 1103-1120.
- Castro Rivera, Rigoberto, Hernández Garay, Alfonso, Ramírez Reynoso, Omar, Aguilar Benitez, Gisela, Enríquez Quiroz, Javier Francisco, y Mendoza Pedroza, Sergio Iban. (2013). Crecimiento en longitud foliar y dinámica de población de tallos de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosa bajo pastoreo. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 4(2), 201-215. Recuperado en 06 de febrero de 2023, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttextpid=S2007-11242013000200006yln=esytlng=es

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.

Contreras, J., Cordero, A., Jurado, M., y Huamán, R. (2019). Degradabilidad ruminal de forrajes y alimentos concentrados y estimación del consumo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(4), 1481-1493.

Duque, M., Rosero, R., y Olivera, M. (2017). Digestión de materia seca, proteína cruda y aminoácidos de la dieta de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 341-356.

Gelvez, L., y Ovalle, P. (2019). *Manual de hidroponía*. UNAB.

Girma, F., y Gebremariam, B. (2018). Review on hydroponic feed value to livestock production. *Journal of Scientific and Innovative Research*, 7(4), 106-109.

Iluh, P. (2006). El maíz: origen, composición química y morfología. *Revista de la UNAM*, 4(7).

Jimenez, J., y Amendola, R. (2022). Comportamiento de ingestión y consumo de forraje por vacas en pastoreo en clima templado. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13(3), 743-762.

- Lezcano, Y., Soca, M., Roque, E., y Ojeda, G. (2016). Forraje de *Tithonia diversifolia* para el control de estrongílicos gastrointestinales en bovinos jóvenes. *Pastos y Forrajes*, 39(2), 133-138.
- Lopez, J. (2005). Evaluación de la producción de forraje de *Moringa oleifera* (Lam), *Cnidocolus aconitifolium* (Mill) LM Johnst y *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit, para banco proteico en Pacora, San Francisco Libre, Managua. Universidad Nacional Agraria.
- Maldonado, R., Alvarez, M., y Acevedo, D. (2013). Maldonado Torres, R., Álvarez Sánchez, M., Acevedo, D. C., y Ríos Sánchez, E. (2013). Nutrición mineral de forraje verde hidropónico. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 19(2), 211-223. *Revista Chapingo*, 211-223.
- Marcos Solorio, Beatriz, Martínez Campos, Ángel Roberto, López Urquídez, Guadalupe Alfonso, López Orona, Carlos Alfonso, y Arteaga Reyes, Tizbe Teresa. (2016). La biomasa de los sistemas productivos de maíz nativo (*Zea mays*) como alternativa a la captura de carbono. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32(3), 361-367.
<https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.10>
- Márquez, M. (2022). Influencia de la calidad del agua sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias, Guayaquil.
- Martinez, J., Castillo, S., y Villalobos, C. (2017). Sistemas de producción con rumiantes en México. *Ciencia Agropecuaria*(26), 132-152.

- Mejía, D., y Reyes, A. (2020). Exploración para la producción de forraje verde hidropónico de maíz y sorgo para la alimentación de ganado lechero: Revisión de Literatura. Escuela Agrícola Panamericana.
- Melendez, P., y Bartolome, J. (2017). Avances sobre nutrición y fertilidad en ganado lechero: Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(4), 407-417.
- Moran, E. (2020). Estimación de curvas de absorción de nutrientes para el cultivo de maíz híbrido (*Zea mays*), en tres zonas productoras de la provincia de Los Ríos. UTB, Babahoyo.
- Nagel, O., Martino, T., y Candiotti, V. (2019). Fitotoxicidad de quinolonas sobre semillas forrajeras. VII Jornada de Difusión de la Investigación y Extensión.
- Ndaru, P., Huda, N., y Prasetyo, R. (2020). Providing High Quality Forages with Hydroponic Fodder. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 478. doi:10.1088/1755-1315/478/1/012054
- Ordoñez, E., Idrogo, E., y Corrales, N. (2018). Soluciones nutritivas para el germinado hidropónico de *Hordeum vulgare*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(2). doi:10.15381/rivep.v29i2.14477
- Pando, G. (2010). Manejo y alimentación del ganado bovino de leche. INIA, Lima.
- Quiñones, J., y Cardona, J. (2020). Ensilaje de arbustivas forrajeras para sistemas de alimentación ganadera del trópico altoandino. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(3), 285-301. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572020000300285yscript=sci_arttext&lng=en

Ramirez, C., y Soto, F. (2017). Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía Costarricense*, 41(2).
doi:10.15517/rac.v41i2.31301

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ross, N. (2017). *Hidroponía: La Guía Completa de Hidroponía Para Principiantes*. Babelcube Inc.

Salas-Pérez, L., Preciado-Rangel, P., Esparza-Rivera, JR, Álvarez-Reyna, VDP, Palomo-Gil, A., Rodríguez-Dimas, N., y Márquez-Hernández, C. (2010) . Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoamericana* , 28 (4), 355-360.

Santana, H., Torres, L., y Cáceres, O. (1988). Efecto del momento de cosecha sobre la calidad y el valor nutritivo del forraje de *Lablab purpureus* cv. Rongai. *Pastos y Forrajes*, 11(1).

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.

Trevizan, J., y Challapa, G. (2020). Comparación del rendimiento de forraje verde hidropónico con maíz lluteño y maíz comercial, utilizando cuatro calidades de agua. *Idesia (Arica)*, 38(3), 113-122.

Urango, L. (2018). Componentes del maíz en la nutrición humana. Fondo Editorial *Biogénesis*, 185-209.

- Valverde, A., Mera, A., y Castro, C. (2017). Producción de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) utilizando fertilizantes químicos y orgánicos. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(2). Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592017000200009&lng=es&synrm=1&isoyt=1&lng=es
- Vega, A. (2020). *Hidroponía. Cultivos sostenibles sin suelo*. Universidad de Alcalá, Alcalá.
- Yang, F., Zhang, R., Wu, X., Ahmad, S., Zhang, X., y Liu, Y. (2020). An endophytic strain of the genus *Bacillus* isolated from the seeds of maize (*Zea mays* L.) has antagonistic activity against maize pathogenic strains. *Microbial pathogenesis*, 142.
- Zagal, M., Martínez, S., y Salgado, S. (2016). Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. *Abanico veterinario*, 6(1), 29-34.
- Zamora, V., Colín, M., y Torres, M. (2016). Producción y valor nutritivo en fracciones de forraje de trigos imberbes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(2), 291-300.

ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de infraestructura



Fuente: La Autora

Anexo 2. Perforación de bandejas



Fuente: La Autora

Anexo 3. Embalaje de la estructura y colocación de bandejas



Fuente: La Autora

Anexo 4. Instalación de sistema de riego



Fuente: La Autora

Anexo 5. Colocación de tapas para mangueras



Fuente: La Autora

Anexo 6. Armado de uniones para bombas



Fuente: La Autora

Anexo 7. Instalación de bombas y tachos



Fuente: La Autora

Anexo 8. Instalación de malla y puerta en la infraestructura



Fuente: La Autora

Anexo 9. Lavado de semillas



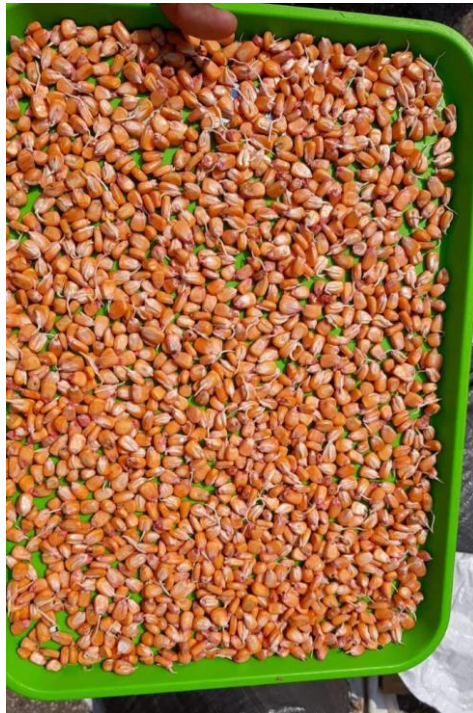
Fuente: La Autora

Anexo 10. Pre-Germinación de semillas



Fuente: La Autora

Anexo 11. Esparcido de semillas en las bandejas



Fuente: La Autora

Anexo 12. Pesado de solución nutritiva



Fuente: La Autora

Anexo 13. Medición de conductiva eléctrica



Fuente: La Autora

Anexo 14. Medición de pH



Fuente: La Autora

Anexo 15. Germinación de semilla a los 5 días



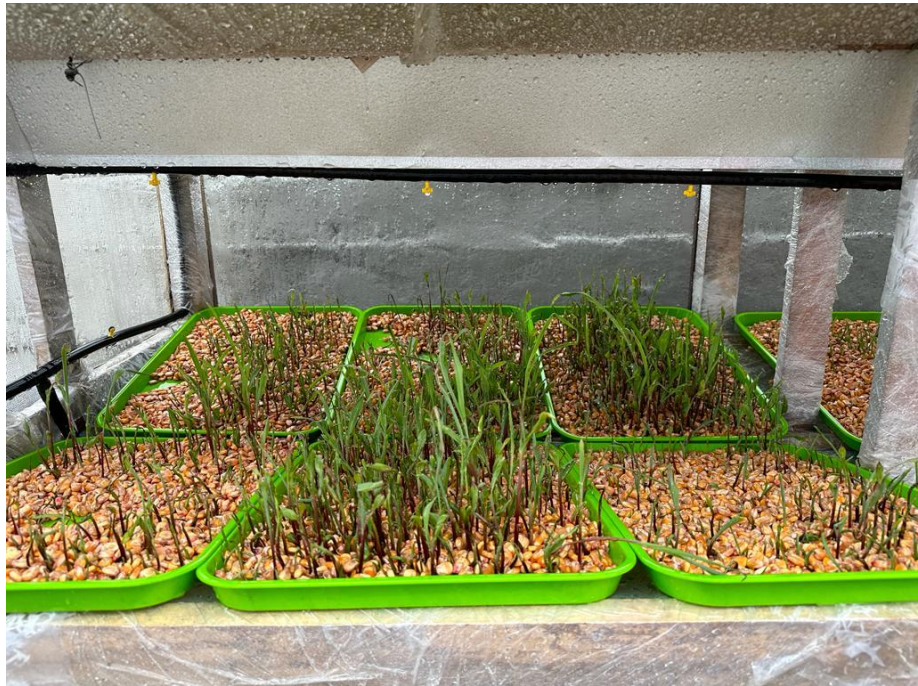
Fuente: La Autora

Anexo 16. Germinación de Semilla a los 10 días



Fuente: La Autora

Anexo 17. Germinación de Semilla a los 15 días



Fuente: La Autora

Anexo 18. Germinación de Semilla a los 20 días



Fuente: La Autora

Anexo 19. Medición de planta



Fuente: La Autora

Anexo 20. Medición de hoja



Fuente: La Autora

Anexo 21. Medición de raíz



Fuente: La Autora

Anexo 22. Pesado de peso fresco



Fuente: La Autora

Anexo 23. Secado de muestras



Fuente: La Autora

Anexo 24. Pesado de peso seco



Fuente: La Autora



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Peñafiel Cortez, Sandra Stefanía**, con C.C: # 0924434087 autora del **Trabajo de Integración Curricular: Evaluación del efecto de tres soluciones nutritivas en Forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*)** previo a la obtención del título de **Ingeniería 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, **14 de febrero de 2023**

Nombre: **Peñafiel Cortez, Sandra Stefanía**
C.C: **0924434087**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Evaluación del efecto de tres soluciones nutritivas en Forraje verde hidropónico de maíz (<i>Zea mays</i>).		
AUTORA	Sandra Stefanía Peñafiel Cortez		
TUTORA	Ing. Paola Estefanía Pincay Figueroa M.Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Educación Técnica para el desarrollo		
CARRERA:	Agropecuaria		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniería Agropecuaria		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	14 de febrero de 2023	No. DE PÁGINAS:	45
ÁREAS TEMÁTICAS:	Producción vegetal, alimentación animal, tecnologías agroproductivas		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Forraje verde hidropónico, maíz, niveles de fertilización, nutrición vegetal, semillas.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>En la investigación se evaluó el efecto de tres soluciones nutritivas en Forraje Verde Hidropónico (FVH) de maíz (<i>Zea mays</i>), el proyecto se realizó en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, ubicada en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas. Se realizó la construcción de la estructura para 36 bandejas y se instaló el sistema de riego por goteo. La semilla de maíz certificada fue híbrido INIAP - H5051, la desinfección de la semilla se hizo con hipoclorito al 6 % y se hizo el lavado para luego dejar en remojo el maíz por 48 horas; después las semillas fueron puestas en cada una de las bandejas con una dimensión de 0.35 m x 0.42 m, cada bandeja fue cubierta de semilla a una altura de 1 cm; se hicieron 3 riegos diarios. El diseño experimental fue aleatoriamente simple con 3 tratamientos y 12 repeticiones; se eligió 4 bandejas por tratamiento de manera aleatoria para medir las variables altura de plantas, número de hojas, longitud de hojas, longitud radicular, peso seco y peso fresco, los datos fueron tomados a los 20 días en la fase vegetativa después de la salida de la segunda hoja. Los datos se analizaron 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 T3 obtuvo valores superiores en las variables evaluadas y en cuanto a los costos hubo una diferencia significativa debido a la cantidad de solución requerida por cada tratamiento.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTORA:	Teléfono: +593-968676580	E-mail: sandra.penafiel@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Noelia Caicedo Coello, M.Sc.		
	Teléfono: +593-987361675		
	E-mail: noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			