

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TÍTULO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**EVALUACIÓN DE DOS PRODUCTOS DESINFECTANTES PARA
LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE
AVENA (*Avena sativa* L.) EN EL SECTOR SAN PEDRO DEL
CANTÓN CEVALLOS**

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA OBTENER EL
GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

Christian Fabricio Mariño Fiallos

TUTOR:

Ing. Olguer León, Mg.

CEVALLOS

2022

**EVALUACIÓN DE DOS PRODUCTOS DESINFECTANTES PARA
LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE
AVENA (*Avena sativa* L.) EN EL SECTOR SAN PEDRO DEL
CANTÓN CEVALLOS**

REVISADO POR:



Firmado electrónicamente por:
**OLGUER ALFREDO
LEON GORDON**

Ing. Olguer León, Mg.

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

Fecha



Firmado electrónicamente por:
**MARCO OSWALDO
PEREZ SALINAS**

15/09/2022

PRESIDENTE DE TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**OSCAR
PATRICIO
NUNEZ TORRES**

14/09/2022

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:
**EDWIN LEONARDO
PALLO PAREDES**

14/09/2022

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **CHRISTIAN FABRICIO MARIÑO FIALLOS**, portador de cédula de ciudadanía número: 1804977260, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “**EVALUACIÓN DE DOS PRODUCTOS DESINFECTANTES PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE AVENA (*Avena sativa* L.) EN EL SECTOR SAN PEDRO DEL CANTÓN CEVALLOS**” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



CHRISTIAN FABRICIO MARIÑO FIALLOS

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**EVALUACIÓN DE DOS PRODUCTOS DESINFECTANTES PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE AVENA (*Avena sativa* L.) EN EL SECTOR SAN PEDRO DEL CANTÓN CEVALLOS**” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



CHRISTIAN FABRICIO MARIÑO FIALLOS

DEDICATORIA

A mis padres Hernán y Faviola, por haberme formado como la persona que soy, por el apoyo brindado para poder cumplir cada una de mis aspiraciones y por ser un claro ejemplo de superación.

A mis hermanos quienes también formaron un pilar fundamental para cumplir este sueño al poder contar con ellos en aquellos momentos difíciles habidos y por haber.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por las bendiciones otorgadas en mi vida como la de contar con una gran familia y poder cumplir con este sueño.

A la Universidad Técnica de Ambato especialmente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por los conocimientos brindados a mi persona para poder formarme profesionalmente.

Al Ing. Olguer León quien me brindó su apoyo y conocimiento para realizar el presente proyecto.

Al Ing. Daniel Valle por los consejos y experiencia aportados en este proyecto ya que fueron de gran ayuda.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, ya que gran parte de los conocimientos que hoy poseo son gracias a ellos. Además, que con su entrega y dedicación han contribuido de manera excepcional para mi formación.

ÍNDICE GENERAL

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHO DE AUTOR	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	2
1.2. Objetivos	6
1.3. Categorías fundamentales	6
1.3.1. <i>La avena como cultivo</i>	6
1.3.2. <i>Distribución geográfica y adaptabilidad de la avena</i>	7
1.3.3. <i>La avena como forraje</i>	9
1.3.4. <i>La hidroponía y la producción de forraje</i>	9
1.3.5. <i>Ventajas y desventajas del cultivo de forraje por hidroponía</i>	10
1.3.6. <i>Método de producción de forrajes verdes hidropónicos</i>	11
1.3.7. <i>Principios de la producción de alimentos hidropónicos</i>	12
1.3.8. <i>El hipoclorito como desinfectante de semillas</i>	13
1.3.9. <i>El amonio cuaternario como desinfectantes de semillas</i>	13
CAPÍTULO II.....	15
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
2.1. Ubicación del experimento	15
2.2. Características del lugar	15
2.3. Equipos y materiales	15
2.3.1. <i>Equipos</i>	15
2.3.2. <i>Materiales</i>	15
2.4. Factores de estudio	16
2.5. Tratamientos	16

2.5.1. <i>Desinfectantes</i>	16
2.5.2. <i>Dosis</i>	16
2.6. Diseño experimental	17
2.7. Manejo del experimento	17
2.7.1. <i>Implementación del ensayo</i>	17
2.7.2. <i>Desinfección de semillas</i>	17
2.7.3. <i>Manejo del ensayo</i>	18
2.8. Variables respuesta	18
2.9. Procesamiento de la información	19
CAPÍTULO III	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
3.1. Efecto en germinación y altura de planta en avena hidropónica	20
3.2. Cantidad de materia verde y seca del forraje verde hidropónico de avena .	25
CAPÍTULO IV	28
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
4.1. Conclusiones	28
4.2. Recomendaciones	28
CAPÍTULO V	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
ANEXOS	36
1. Proceso de preparación del ensayo	36
2. Análisis químico	40
3. Análisis estadísticos de datos	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Disposición de los tratamientos	17
Tabla 2. Efecto del tratamiento con dos desinfectantes a diferentes concentraciones sobre la altura de plantas de avena (<i>Avena sativa</i>).....	21
Tabla 3. Variación de la materia verde y seca en avena tratada con diferentes concentraciones de dos desinfectantes de semilla	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países productores (A), área cosechada (B) y rendimiento (C) de la avena a nivel mundial (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022).	8
Figura 2. Método de producción de alimento verde hidropónico. Tomado de Abdula (2022).....	12
Figura 3. Porcentaje de germinación de semillas tratadas con diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio y amonio cuaternario	20
Figura 4. Variación de la altura de planta de <i>Avena sativa</i> obtenidas de semillas tratadas con tres concentraciones de hipoclorito de sodio	22
Figura 5. Variación de la altura de planta de <i>Avena sativa</i> obtenidas de semillas tratadas con tres concentraciones de amonio cuaternario	24
Figura 6. Variación en el número de días para alcanzar el máximo de producción de materia verde en plantas de avena proveniente de semillas tratadas con dos desinfectantes a diferentes concentraciones.	26
Figura 7. Proceso de desinfección de las semillas.....	36
Figura 8. Semillas de avena en remojo (A) y colocación en bandejas (B).....	37
Figura 9. Plantas sometidas a sombra (A y B) y posteriormente a la luz.....	38
Figura 10.	39

RESUMEN

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal que se obtiene a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. En el presente estudio se evaluó el efecto de dos desinfectantes sobre el rendimiento del forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa* L.) en el sector San Pedro del Cantón Cevallos. Para ello, se probaron tres concentraciones de hipoclorito de sodio (0,5; 1 y 2 mL/L) y del amonio cuaternario (1; 2,5 y 5 mL/L) para la desinfección de la semilla. En cada tratamiento se usaron 2 kg de semillas de avena, las cuales fueron sembradas en bandejas germinadoras. El ensayo fue conducido en un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial $2 \times 3 + 1$, con el primer factor representado por el tipo de desinfectante (hipoclorito de sodio o amonio cuaternario) y el segundo factor por representado por la dosis. El mayor porcentaje de germinación fue alcanzado en semillas tratadas con hipoclorito de sodio, donde varió desde 74 hasta 83%, similar al porcentaje de germinación observado en las semillas no tratadas (tratamiento testigo), mientras que las semillas tratadas con amonio cuaternario, la germinación varió desde 2 a 44%. Así mismo, la mayor producción de forraje fue obtenido en plantas provenientes de semillas tratadas con hipoclorito de sodio, independientemente de la concentración usada, las cuales no mostraron diferencias con las plantas no tratadas, mientras que en las plantas obtenidas de las semillas desinfectadas con amonio cuaternario la producción de forraje tendió a disminuir con el incremento de la concentración. Adicionalmente, el amonio cuaternario provocó un aumento en el número de días necesarios para alcanzar el máximo de acumulación de materia seca. Se concluye que el hipoclorito de sodio resultó ser más efectivo para la desinfección de semillas de avena, por lo cual se recomienda para la producción de forraje hidropónico.

Palabras clave: forraje, producción sustentable, cereales, hidroponía

ABSTRACT

Hydroponic green fodder (HGF) is a plant biomass production technology that is obtained from the initial growth of plants in the germination and early growth stages of seedlings from viable seeds. In the present study, the effect of two seed disinfectants on the yield of hydroponic green forage of oats (*Avena sativa* L.) was evaluated in the San Pedro sector of Municipality of Cevallos. For this purpose, three concentrations of sodium hypochlorite (0.5, 1 and 2 mL/L) and quaternary ammonium (1, 2.5 and 5 mL/L) were tested for seed disinfection. In each treatment, 2 kg of oat seeds were used, which were sown in germinating trays. The trial was conducted in a randomized complete block design with a 2 x 3 +1 factorial arrangement, with the first factor represented by the type of disinfectant (sodium hypochlorite or quaternary ammonium) and the second factor represented by the dose of disinfectant. Higher germination percentage was reached in seeds treated with sodium hypochlorite, where it varied from 74 to 83%, similar to the germination percentage observed in untreated seeds (control treatment), while seeds treated with quaternary ammonium, germination ranged from 2 to 44%. Likewise, higher forage production was obtained in plants from seeds treated with sodium hypochlorite, regardless of the concentration used, which did not show differences with untreated plants, while in plants obtained from seeds disinfected with ammonia quaternary forage production tended to decrease with increasing concentration. Additionally, quaternary ammonium caused an increase in the number of days needed to reach the maximum dry matter accumulation. It is concluded that sodium hypochlorite turned out to be more effective for the disinfection of oat seeds, for which it is recommended to produce hydroponic forage.

Keywords: forage, sustainable production, cereals, hydroponics

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

La producción pecuaria representa un componente de la economía a nivel mundial que resulta importante y crucial en la seguridad alimentaria, el bienestar económico y el sustento de la población agraria de un país, sin embargo, esta actualmente enfrenta grandes desafíos debido al aumento de la población humana, lo cual implica un incremento en la demanda de productos animales como leche, productos lácteos y carne (Malhi et al., 2020). Adicionalmente, la cantidad de tierras cultivables está tendiendo a disminuir, por un lado, debido al incremento del uso de las tierras con fines de urbanismo, lo que ha provocado que la superficie de tierras agrícolas haya disminuido de 7.513.000 ha en el 2013 hasta 5.330.000 ha en el 2019, mientras que, por otro lado, las labores agrícolas producen degradación de los suelos, afectando la productividad (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, 2022; Toor et al., 2020).

Debido al deterioro de las tierras agrícolas y a la necesidad de continuar produciendo con altos niveles de productividad surge la hidroponía como un enfoque alternativo, la cual es una técnica de uso frecuente para la producción de forraje hidropónico que se basa en el uso de estructuras en las que se apilan bandejas con semillas a las cuales se les provee humedad y, a veces, nutrientes, generalmente a través de riego por goteo o aspersión.

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal mediante el crecimiento de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables (Juárez-López et al., 2013). Desde el punto de vista práctico, esta tecnología se basa en la obtención de forraje en ausencia del suelo a partir de la germinación de granos (cereales o leguminosas) y posterior crecimiento bajo condiciones controladas de temperatura, luz y humedad y cuyo resultado es un forraje con alta digestibilidad, calidad nutricional, lo cual lo hace apto para la alimentación animal (Juárez-López et al., 2013; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2001).

Cuando se comparó el beneficio del sistema hidropónico con otros métodos tradicionales de producción de forraje, Barwant y Barwant (2020) señalaron que es posible producir forraje hidropónico en cualquier época, sin necesidad de suelo, en corto tiempo, con un mínimo de mano de obra y con alta calidad y rendimiento, lo que se traduce en mayor ganancia de peso y/o producción de leche. En este sentido, la producción de forraje a partir de la avena (*Avena sativa* L.) puede resultar una alternativa viable para la alimentación de animales debido a su adaptabilidad, alta palatabilidad y rápido crecimiento y, además, puede ser una excelente fuente de forraje para ensilaje, con contenidos de grasa de 9,23 %, 3,56 % de proteína, 30,44 % de fibra, 0,82 % de calcio y 0,27 % de fósforo cuando se cosecha durante las fases tempranas del cultivo (Bibi et al., 2021).

Tomando en consideración la potencialidad de la técnica de producción de forraje verde hidropónico, en el presente estudio se plantea su evaluación para la producción de forraje a partir de la avena mediante la aplicación de dos tipos de desinfectantes de semillas para asegurar mejores niveles de productividad.

1.1. Antecedentes investigativos

En la India, la escasez de forrajes y de tierras para el cultivo de forrajes verdes, así como la distribución errática de las lluvias han provocado la reducción de la productividad del ganado, lo que pudiera ser resuelto a través de la producción de forraje verde por hidropónica. Así, Nagappa Ningoji et al. (2021) evaluaron las cantidades óptimas de siembra de forrajes cultivados hidropónicamente y demostraron que las mejores cantidades de semilla para la obtención de forrajes cultivados de forma hidropónica variaron de acuerdo con el cultivo, siendo de 2,50 a 7,6 kg m² para maíz, 2,54 kg/ m² en caupí, 4 kg/m² en avena, 4 a 10 kg/ m² en cebada y 5,5 kg/m² en trigo, obteniéndose en un período de 8 a 14 días rendimientos de 2,8 a 8 veces, siendo mayor con la aplicación de soluciones nutritivas. De acuerdo con los autores, el costo de producción fue de alrededor de 0,025 a 0,038 USD por kg de forraje fresco con semillas obtenidas por los agricultores e incrementó a 0,038 a 0,045 USD por kg cuando usaron semillas comerciales, lo cual permitió a los agricultores obtener entre 0,31 y 0,62 USD de ganancias netas adicionales/animal/día mediante la alimentación con forraje hidropónico.

Shawal et al. (2021) realizaron un estudio para determinar el cultivo con mayor potencial para la producción de forraje verde hidropónico en Islamabad (Pakistán). En el estudio consideraron los siguientes cultivos: T1=Maíz (300 g), T2=Avena (300 g), T3 Sorgo, T4=Maíz + Avena (150 + 150 g), T5=Avena + Sorgo (150 + 150 g), T6=Mijo + Avena (150 + 150 g) y T7=Maíz + Sorgo (150 + 150 g), demostrándose que la cantidad máxima de forraje fresco verde se alcanzó con mijo + avena (888,00 g), seguidos de maíz y avena con 883,53 g y 727,21 g de rendimiento de forraje verde fresco/bandeja, respectivamente. Estos resultados demostraron que el maíz y la avena son cultivos prometedores para la producción de forraje verde, ya que producen más forraje verde y, además, su uso combinado permite mejorar la producción y eficiencia en el uso del agua en condiciones hidropónicas.

Con relación al uso del maíz, en México Cantón-Castillo et al. (2020) estudiaron la digestibilidad aparente de dietas con forraje verde hidropónico de maíz y su efecto sobre el consumo de materia seca y la ganancia diaria de peso en corderos. En el ensayo usaron 16 corderos alimentados con cuatro niveles de inclusión de forraje verde hidropónico de maíz (0, 20, 40, 60% de MS) en la dieta, además se realizaron pruebas de crecimiento en 20 corderos machos. Como resultados se observó que la digestibilidad aparente, materia seca y proteína cruda fueron mayores en dietas con 40 y 60% de forraje verde hidropónico de maíz, mientras que los corderos alimentados con dietas con 0 y 20% de forraje verde hidropónico de maíz mostraron mayor ganancia de peso diaria, mientras que aquellos que fueron alimentados con dietas con 60% mostraron un menor consumo de materia seca. Con base es estos hallazgos, los autores concluyen que el forraje verde de maíz hidropónico es una alternativa valiosa para la producción rápida y constante de forraje de alto valor nutricional debido a su alta digestibilidad, lo que permite obtener ganancias de peso adecuadas con raciones que incluyan hasta un 40% en la ración en sustitución de alimentación comercial.

De manera similar, en Nepal, Upreti et al. (2021) estudiaron el efecto del forraje de maíz hidropónico sobre el crecimiento y la digestibilidad de nutrientes de lechones destetados, mediante el suministro de diferentes dietas: 100 % de alimento concentrado (T1), 90% de alimento concentrado y 10% de forraje de maíz hidropónico (T2) y 80 % de alimento concentrado y 20 % de forraje de maíz hidropónico (T3). El estudio reveló que el forraje de maíz hidropónico contenía 13,80% de materia seca, 12,54% de proteína cruda, 47,04% de fibra detergente neutra y 16,51% de fibra detergente ácida. Además, se

observó mayor peso final en lechones alimentados con 90% de concentrado y 10% de forraje de maíz hidropónico ($35,8 \pm 5,0$ kg), mientras que el menor ($33,6 \pm 5,00$ kg) fue observado en lechones alimentados con 80% de concentrado y 20% de forraje de maíz hidropónico. Por último, los lechones alimentados con la dieta T2 registraron la más alta relación de conversión de alimento (1:2,58) en comparación con el T3 (1:2,56) y T1 (1:2,51). Esto demostró que el uso de forraje de maíz hidropónico es un recurso que favorece el crecimiento de lechones con bajos costos de producción.

Con relación al uso de avena y otras especies cereales, Mekonnen et al. (2019) evaluaron en Etiopía la viabilidad de utilizar forraje de cebada y avena cultivados hidropónicamente como complemento del heno de pasto natural para la alimentación de borregos Washera, sometidos a alimentación con 100% pasto natural (control, = T1); pasto natural + alimento concentrado (= T2); pasto natural de cebada + FVH (= T3); pasto natural de avena + FVH (= T4); y pasto natural + 50% alimento concentrado y 50% FVH de cebada y avena (= T5). Los rendimientos promedio de biomasa fresca del FVH a partir de 1 kg/semilla fueron 5,21 y 6,32 kg para cebada y avena, respectivamente. Las concentraciones de proteína cruda, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y lignina detergente ácida fueron 13,2, 45,6, 34,8 y 6,7% para cebada y 13,7, 46,8, 36,6 y 7,6% para avena. Todos los tratamientos suplementados tuvieron ingestas totales de materia seca más altas (12–21 %) que el control y todos los suplementos produjeron marcados efectos de sustitución del pasto natural (35–51 %). De igual forma, se observó que los animales alimentados con pasto natural mostraron pérdida de peso (17 g/día), mientras que todos los grupos suplementados aumentaron de peso (58 – 65 g/día), con el mayor rendimiento neto en T5 seguido de T2, T4 y T3. De esta manera, los autores concluyeron que el forraje de avena cultivado hidropónicamente podría tener el potencial de reemplazar un concentrado comercial para complementar a las ovejas con los pastos nativos y además consideraron que el establecimiento de instalaciones hidropónicas en cooperativas podría disminuir los costos por establecimiento de la infraestructura.

En Chile, Fuentes et al. (2011) evaluaron los parámetros productivos y nutritivos de avena como forraje verde hidropónico (FVH) en condiciones de desierto en el sector Pampa del Tamarugal. Para ello, fueron establecidos tres ensayos, en el primero se evaluó el tiempo de remojo de semillas (0, 12, 24 y 48 h) para medir el porcentaje de germinación y tasa media de germinación, consiguiéndose que el mejor tiempo de remojo fue de 12 h. En el segundo ensayo se evaluaron diferentes dosis de semilla (1,6; 3,2; 4,8 y 6,4 kg/m²)

y se determinó el mayor porcentaje de plantas normales 10 días después de la siembra (dds) con la dosis de 6,4 kg/m². En el último ensayo se determinó el tiempo de cosecha (7, 10, 13 y 16 dds) y se evaluó la altura de planta, conversión (materia seca de forraje por materia seca de semillas) y análisis químico del material cosechado obteniéndose el mejor tiempo de cosecha al día 10 después de la siembra, con lo que se obtuvo 36,86% de materia seca, 14,79% de proteína bruta, 18,77% de fibra cruda y una mejor condición sanitaria de forraje.

Aparte de los beneficios del forraje verde para la alimentación de animales para carne y leche, también su potencialidad en la alimentación de aves ha sido demostrada. Khaziev et al. (2021) investigaron las cualidades productivas y reproductivas de los gansos alimentados con varias dosis (20, 25, 30 y 35% del peso total de la dieta) con forraje verde hidropónica. Como resultados se obtuvo que la dosis óptima de forraje verde hidropónico para la dieta de los gansos se ubicó entre 25 y 30 % del peso total de la dieta, lo cual provocó un aumento de la tasa de supervivencia de la población avícola en un 2,0 %, la tasa de producción de huevos en un 3,8 % y la producción de huevos para incubar en un 4,9%. Además, el contenido de carotenoides en la yema de huevo osciló entre 1,62 y 3,50 µg, mientras que el contenido de vitaminas A y B2 fue superior en 3,19 y 2,32 µg, respectivamente, al del control, así como la rentabilidad de la producción aumentó un 9,6%.

Con relación al uso de la técnica de producción de forraje verde hidropónico en Ecuador, Acurio (2016) evaluaron la ganancia de peso diaria en conejos de raza neozelandés alimentados con avena hidropónica obtenido sin solución nutritiva (T1), con suplencia de solución nutritiva (T2) y avena de corte (T0). De acuerdo con la autora, los mejores resultados fueron observados con el forraje de avena producido con aplicación de solución nutritiva, observándose una mayor ganancia de peso diario (35,09 g/día), mayor índice de conversión alimenticia (5,5), mayor peso promedio del animal al mercado (3136,6g) y menor porcentaje de mortalidad, además de una mayor relación beneficio costo (\$ 1,34).

Así mismo, en una investigación hecha en la provincia de Pichincha, Jácome (2018) determinaron que la avena producida de manera hidropónica mostró un rendimiento de 12 a 15 kg de forraje verde fresco por kilogramo de semilla, lo que, de acuerdo con la autora, permitió obtener altos rendimientos en superficies pequeñas, con

un ahorro significativo de agua y en ciclo de producción más corto cuando se comparó con el sistema tradicional de producir forrajes, aunado al hecho de permitir obtener alimento de mayor digestibilidad y palatabilidad para el ganado lechero.

1.2. Objetivos

General

Evaluar el efecto de dos desinfectantes sobre el rendimiento del forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa* L.) en el sector San Pedro del Cantón Cevallos.

Específicos

- Evaluar el rendimiento de forrajera hidropónica de avena.
- Determinar la cantidad de materia seca que dispone el forraje verde hidropónico de avena.
- Determinar el tiempo de producción de forrajes verdes hidropónicos de avena con el uso de desinfectantes en el sector de Cevallos.

1.3. Categorías fundamentales

1.3.1. La avena como cultivo

La avena (*Avena sativa* L.) es una especie perteneciente a la familia Poaceae que es cultivada a nivel mundial por su alto valor nutritivo, la cual ocupa entre las especies de cereales, el sexto lugar en el mundo después del trigo, el arroz, el maíz, la cebada y el sorgo (Boczkowska et al., 2014; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022). Por su alto valor nutritivo, la avena constituye un componente principal en la alimentación de niños, además de su bajo efecto alergénico, sabor agradable, durabilidad y bajo costo, es una valiosa fuente de lípidos y ácidos grasos insaturados, lo que lo convierte en un potencial cultivo de semillas oleaginosas y, por otra parte, puede ser usado como un cultivo forrajero de invierno (Ihsan et al., 2021; Rana et al., 2019).

La avena es uno de los principales cultivos forrajeros y se cultiva para ensilaje, para forraje y pastos debido a su rápido crecimiento, palatabilidad y capacidad nutritiva

para el ganado, aunque también es usada como planta medicinal con propiedades anticancerígenas, terapéuticas para enfermedades cardiovasculares y de estabilización de los niveles de glucosa en sangre en caso de diabetes (Ihsan et al., 2021; Menon et al., 2016).

De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2022), para el período 2018/2022, los 10 principales productores de avena son Canadá, Rusia, Polonia, España, Finlandia, Australia, Reino Unido, EE. UU., Brasil y Suecia, de los cuales Canadá y Rusia y representan el 14,02 y 12,7 % de la producción mundial (Fig. 1A).

Así mismo, entre los 10 primeros países con la mayor área cosechada se incluyen Rusia, Canadá, Australia, España, Polonia, Brasil, EE. UU., Finlandia, Argentina y Kazajstán, de los cuales Rusia, Canadá y Australia abarcan el 23,9; 13,4 y 8,3 % del área sembrada a nivel mundial (Fig. 1B). Por último, en cuanto al rendimiento, Irlanda, Dinamarca, Nueva Zelanda, Luxemburgo, Suiza, Chile, Reino Unido, Países Bajos, Alemania, Bélgica y Suecia registran los más altos rendimientos, con valores que van desde 70.857 a 45.340 kg/ha (Fig. 1C).

Históricamente, la importancia del cultivo de la avena está relacionada con su uso tradicional como alimento para animales de granjas, pero posteriormente se convirtió en un cultivo de grano importante para el consumo humano en varios países de Europa, principalmente durante el período de hambruna irlandesa (Vilvert et al., 2021).

1.3.2. Distribución geográfica y adaptabilidad de la avena

El cultivo de avena se concentra entre las latitudes 35°N a 65°N y 20°S a 46°S, donde predominan climas frescos y húmedos, mientras que es muy sensible al clima cálido y seco sobre todo desde la emergencia de la espiga hasta la madurez, además se adapta a una amplia variedad de condiciones de suelo, desde suelos franco-arenosos hasta suelos arcillosos con buen drenaje, incluso en suelos ácidos, pero no tiene mucha tolerancia en suelos salinos (Menon et al., 2016).

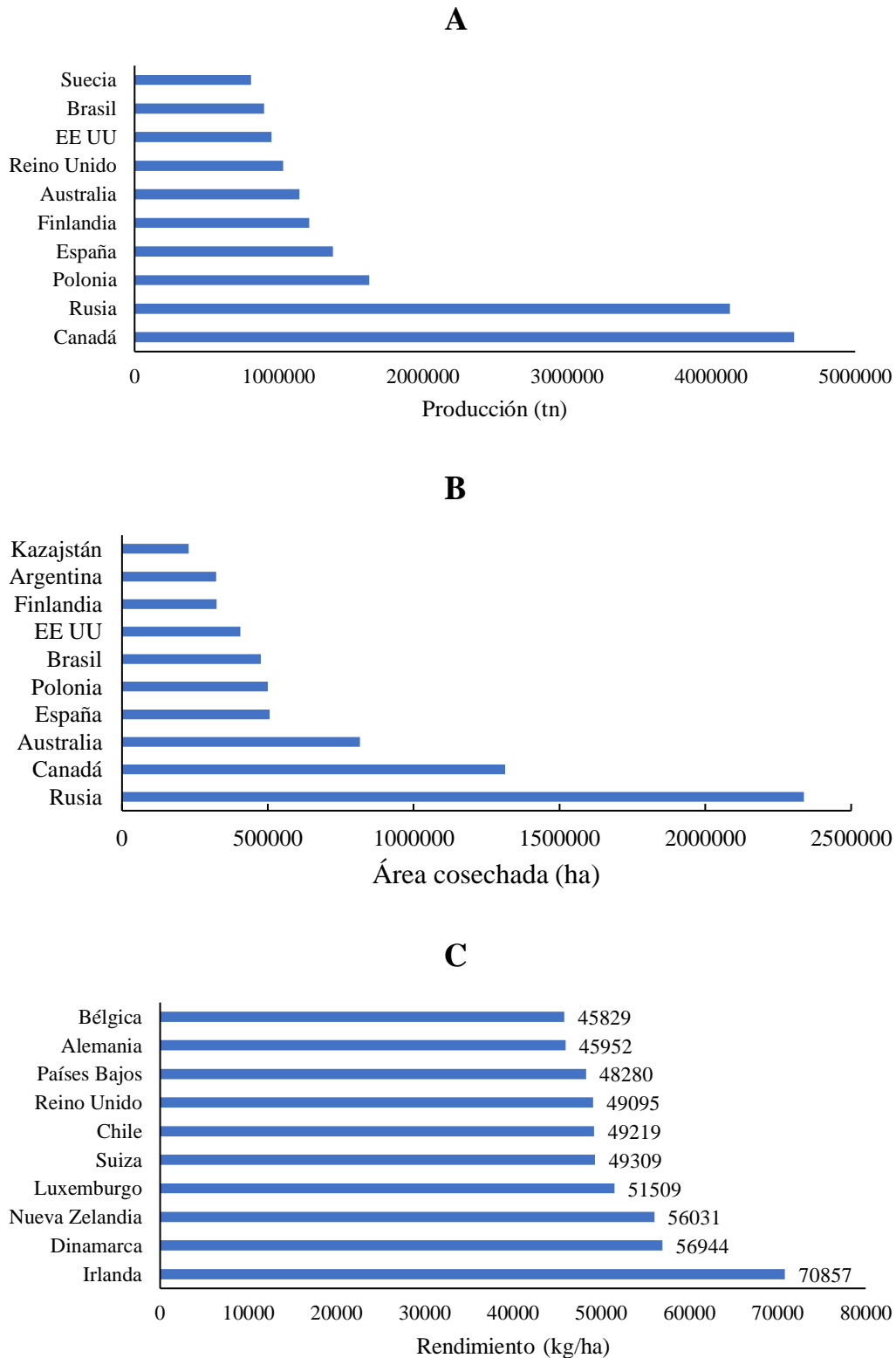


Figura 1. Principales países productores (A), área cosechada (B) y rendimiento (C) de la avena a nivel mundial (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022).

1.3.3. *La avena como forraje*

La avena es una gramínea anual erecta, con hábito de macollamiento, las panículas son laxas y la inflorescencia puede ser equilátera o unilateral, con el eje principal y las ramas laterales terminando en una sola espiguilla apical; el grano es largo y delgado, en forma ahusada y generalmente cubierto de pelo fino en el extremo superior; las hojas alcanzan 25 cm de longitud o más y con un sistema radicular fibroso (Barsila, 2018).

La planta de avena puede producir de cuatro a cinco culmos o macollas con diámetro entre 0,3 y 0,6 cm y con una altura que va desde 60 a 150 cm, sus hojas y granos son ricos en carbohidratos y carotenos, además contiene 9,2% de grasa, 3,6% de proteína, 30,4% de fibra, 0,82% de calcio y 0,27% de fósforo. Estas características nutritivas, junto con la presencia de un tallo más fino, alta palatabilidad y crecimiento rápido, hacen que este cultivo tenga un alto potencial como fuente de forraje para ensilaje, si se cosecha en la etapa inicial (Bibi et al., 2021).

En Nepal, la avena constituye uno de los cultivos forrajeros de invierno más importantes debido a que permite hacer cortes múltiples y también se adapta muy bien a los sistemas de cultivo para el suministro de forraje de calidad y cantidad durante el período de escasez de forraje de invierno.

1.3.4. *La hidroponía y la producción de forraje*

La palabra hidropónico resulta de la combinación de las palabras griegas; *hidro* que significa ‘agua’ y *ponic* que significa ‘trabajar’, por lo que, la hidroponía se refiere a la técnica de cultivo de plantas en agua rica en nutrientes durante un corto período de tiempo en condiciones controladas y siendo la semilla el principal componente, por lo que constituye cerca del 90% del costo total de producción del forraje (Malhi et al., 2020). A través de esta técnica es posible obtener forraje verde para los animales, lo que contribuye con el aumento de las ganancias de los productores lecheros, sobre todo bajo condiciones de escasez tanto de tierra como la mano de obra (Malhi et al., 2020).

El forraje obtenido mediante esta tecnología tiene atributos importantes como un valor nutritivo y alta digestibilidad y palatabilidad, lo que repercute en mayor y mejor producción de carne y/o leche, además de promover una mejor salud animal y eficiencia

reproductiva debido a que este tipo de forraje asegura una nutrición equilibrada (Nagappa Ningoji et al., 2021).

Los productos de forraje de la tecnología hidropónica pueden ser utilizados para alimentar diferentes especies de animales de granja y, a diferencia del forraje cultivado convencionalmente, en el cual solo se aprovechan hojas y el tallo, el forraje hidropónico permite aprovechar la raíz, tallos, hojas y granos y, por otra parte, permite producirlo durante todo el año, independientemente de sus temporadas de crecimiento, lo que proporciona empleo regular y rendimientos satisfactorios durante todo el año (Malhi et al., 2020).

1.3.5. Ventajas y desventajas del cultivo de forraje por hidroponía

De acuerdo con Núñez-Torres y Guerrero-López (2021), aunque el cultivo hidropónico de plantas ha sido asociado a grandes extensiones de invernaderos mediante la aplicación de una tecnología compleja, se intenta crear una forma de cultivo hidropónico más simple, que asegure un máximo aprovechamiento del espacio con bajo consumo de agua y máxima producción y calidad. Por otra parte, la aplicación de nutrientes, a través de soluciones de alta y baja concentración mediante el riego, promueve la producción de materia seca y no afecta la calidad bacteriológica del forraje verde hidropónico (Núñez-Torres y Guerrero-López, 2021).

Adicionalmente, Chikhalikar y Khillare (2021) señalan las siguientes ventajas:

- a. Permite la conservación del agua, puesto que para producir un kg de forraje verde se requieren solo de 2 a 3 litros de agua, en comparación con los 60 a 80 litros de agua en el sistema convencional.
- b. Reduce el costo y necesidad de mano de obra, para la producción de forraje de forma convencional se requiere el uso de mano de obra de forma continua mientras que con hidroponía se requieren solo de 2 a 3 horas por día, reduciendo los costos de producción.
- c. El forraje verde hidropónico se utiliza por completo, reduciendo así la producción de materia seca que no se usa.
- d. Se produce alimento natural para animales, puesto que esta tecnología no hace uso de herbicidas ni pesticidas y, consecuentemente, los productos están libres de residuos tóxicos.

- e. Es más fácil de controlar plagas y enfermedades y se evita por completo el problema de malezas, solo se requerirían métodos de desinfección de semillas.

En relación con esto último, la desinfección de semillas es hecha para disminuir o evitar el ataque de hongos durante el crecimiento del forraje, por lo que se ha recomendado una forma económica como el uso de hipoclorito de sodio al 1% en la etapa de pre-germinación durante máximo 2 minutos para evitar que el producto afecte la viabilidad de la semilla (Abarca et al., 2016).

Por otra parte, de acuerdo con Akkenapally y Lekkala (2021), son pocas las desventajas que se señalan en esta tecnología, entre las cuales incluye la necesidad de una alta inversión inicial, mayor posibilidad de contraer enfermedades transmitidas por el agua, puede ocurrir pérdida de materia seca y, por último, requiere de un monitoreo frecuente y consistente.

Entre los problemas fitosanitarios más comunes, existe la ocurrencia de hongos saprófitos en la semilla por exceso de humedad, además de la aparición de larvas de mosquitos esciáridos, que pueden causar daño en las raíces tiernas en las bandejas de crecimiento, por lo cual es necesario aplicar medidas de control, tales como la desinfección de semilla (Zuñiga Orozco y Beauregard Zúñiga, 2020).

1.3.6. Método de producción de forrajes verdes hidropónicos

El forraje verde producido de manera adecuada puede constituir uno de los alimentos disponibles más rentables, de alto valor nutritivo y que ofrece importantes beneficios, como altos rendimientos del forraje, menor costo por alimentación y mejor rendimiento en el animal, sin embargo, para obtener todos estos beneficios, es importante iniciar con la selección del sitio adecuado para la producción (Sengupta, 2021).

En ese sentido, entre los aspectos a considerar se incluye hacer la selección de sitios adecuados, de fácil acceso, evitando cultivar especies forrajeras estrechamente relacionadas en áreas vecinas, asegurar que el área esté libre de malezas que compitan con el cultivo y, más importante aún, que las especies usadas como forraje deben estar adaptadas a la zona (Nigus, 2017).



Figura 2. Método de producción de alimento verde hidropónico. Tomado de Abdula (2022)

1.3.7. Principios de la producción de alimentos hidropónicos

La hidroponía consiste en el cultivo de forraje a partir de cereales y leguminosas sin un sustrato sólido sino con medios líquidos ricos en nutrientes para obtener tallos y raíces que se cosechan para alimentar a los animales de granja.

De acuerdo con la revisión hecha por Abdula (2022), la técnica de producción de forraje verde hidropónico se caracteriza por los siguientes aspectos:

- a. La germinación es una respuesta a las condiciones de humedad y suplencia de nutrientes y, como consecuencia, se producen brotes verdes de 200 a 300 mm de largo con raíces profundas en 7 a 10 días.
- b. Se pueden usar diferentes granos de cereales para la producción de alimentos con variados cambios químicos y estructurales a lo largo de los procesos de crecimiento.
- c. La activación de enzimas se considera necesaria para la hidrólisis de nutrientes a sus formas más simples.
- d. La variedad, la calidad y los tratamientos del grano, así como el suministro de nutrientes, el pH, la calidad del agua, el tiempo de remojo, etc., son factores que influyen en el porcentaje de germinación y la calidad del alimento.
- e. La hidroponía es una forma sencilla de proporcionar agua, nutrientes y luz solar a las plantas, sin necesidad de suelo ni de condiciones ambientales controladas para optimizar su crecimiento.

- f. La tecnología ha sido probada en varios cultivos como maíz, sorgo, cebada y avena para producir alimentos verdes nutritivos de alta calidad para animales lecheros. Además, la hidroponía se puede usar para cultivar pasto de trigo, plántulas de arroz, etc. Con un crecimiento óptimo en siete días.
- g. El alimento obtenido por hidroponía consiste en pasto con granos, raíces, tallo y hojas en comparación con solo parte del tallo y las hojas en el alimento cultivado convencionalmente.

1.3.8. *El hipoclorito como desinfectante de semillas*

El hipoclorito de sodio es usado frecuentemente como desinfectante en estudios relacionados con la transmisión de patógenos a través de la semilla, control biológico, endófitos y germinación de semillas, así como en aplicaciones comerciales, demostrándose que el pretratamiento de semillas con NaOCl puede influir en la viabilidad, la germinación y, a menudo, romper la latencia en semillas de muchas especies (Akbari et al., 2012). Así, se ha reportado que después de la exposición al NaOCl el aumento del porcentaje de germinación en *Amaranthus powellii* S. Wats, *Calanthe discolor*, *Lactuca sativa* L., *Polygonum convolvulus* L., *Saponaria vaccaria* L., *Stipa viridula* Trin., *Pinus sylvestris* L., mientras que contrariamente, se han observado efectos nocivos o nulos en otras especies como *Brassica chinensis* L., *Setaria faberi* y *Abutilon theophrasti* y *Oryza sativa* L. (Akbari et al., 2012).

Por otra parte, el uso de hipoclorito de sodio puede ser una alternativa a la remoción manual de sarcotesta y esclerotesta en semillas de papaya, favoreciendo la germinación de las semillas recién cosechadas, así como del pergamino en granos de café para incrementar y acelerar la emergencia de las plántulas (de Jesus et al., 2016).

1.3.9. *El amonio cuaternario como desinfectantes de semillas*

Los compuestos de amonio cuaternario son sustancias químicas de superficie activa, antimicrobianas y de alto volumen de producción con una amplia aplicación en la agricultura (Mulder et al., 2018). Los compuestos de amonio cuaternario contienen un átomo de nitrógeno cuaternario rodeado por cuatro fracciones orgánicas unidas por enlaces covalentes, por lo que surge una carga positiva permanente en los átomos de nitrógeno; su carga se equilibra con un contraión, normalmente cloruro o bromuro, por lo que existen como sales. Los compuestos de amonio cuaternario se diferencian en tres

grupos principales: (a) compuestos de alquil-amonio lineal, (b) imidazol y (c) piridinio, cada uno de los cuales consta de numerosos compuestos y subgrupos (Mulder et al., 2018).

De acuerdo con Li et al. (2019), el uso a gran escala de compuestos de amonio cuaternario en medicamentos o desinfectantes puede provocar su liberación al medio ambiente, lo que representa un riesgo potencial para los organismos. En su estudio evaluaron el efecto de tres compuestos de amonio cuaternario típicos, cloruro de dodeciltrimetilamonio (DTAC), cloruro de dodecildimetilbencilamonio (DBAC) y cloruro de didodecildimetilamonio (DDAC) sobre plántulas de trigo cultivadas hidropónicamente. Después de 14 días de exposición, se observó fitotoxicidad en las plántulas de trigo y las concentraciones más altas provocaron inhibición del crecimiento de las plantas al disminuir el peso fresco de los brotes y las raíces, la longitud total de las raíces y el contenido de pigmentos fotosintéticos y la fitotoxicidad aumentó en el siguiente orden: DDAC < DTAC < DBAC, lo que dependió principalmente de sus características y concentraciones aplicadas.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del experimento

La presente investigación fue realizada en el sector San Pedro del cantón Cevallos en la granja agrícola del Ing. Daniel Valle.

2.2. Características del lugar

Para la obtención de los pastos verdes hidropónicos se utilizó un invernadero que fue construido en la granja agrícola del Ing. Daniel Valle, ubicada en San Pedro perteneciente al Cantón Cevallos, provincia de Tungurahua a una altura de 3030 m. snm. Las coordenadas geográficas de la granja son 1°21'55.71"S y 78°37'26.59"O (GAD Cevallos 2021).

2.3. Equipos y materiales

2.3.1. Equipos

- Bomba fumigadora
- Bomba de agua
- pH-metro.
- Balanza.
- Conductímetro.
- Termómetro.

2.3.2. Materiales

- Bandejas germinadoras
- Semillas de avena (variedad “Dorada”)
- Desinfectantes (Hipoclorito de sodio al 5%, amonio cuaternario al 64%)
- Agua
- Mangueras
- Estanterías
- Microaspersores

2.4. Factores de estudio

- Factor N° 1: Semillas de avena
- Factor N° 2: Dosis de desinfectantes.

2.5. Tratamientos

2.5.1. Desinfectantes

D₁: Hipoclorito de sodio al 5%

D₂: Amonio cuaternario al 64%

2.5.2. Dosis

Hipoclorito de sodio al 5%

- C₁= 0,5 mL/L
- C₂= 1 mL/L
- C₃= 2 mL/L

Amonio cuaternario 64%

- M₁= 1 mL/L
- M₂= 2,5 mL/L
- M₃= 5 mL/L

Tabla 1. Disposición de los tratamientos

Tratamiento	Producto	Dosis
D1C1	Hipoclorito de sodio	0,5 mL/L
D1C2	Hipoclorito de sodio	1 mL/L
D1C3	Hipoclorito de sodio	2 mL/L
D2M1	Amonio cuaternario	1 mL/L
D2M2	Amonio cuaternario	2,5 mL/L
D2M3	Amonio cuaternario	5 mL/L
Testigo	Sin desinfección	--

2.6. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones en un arreglo factorial $2 \times 3 + 1$, con el primer factor representado por el tipo de desinfectante (hipoclorito de sodio o amonio cuaternario) y el segundo factor por representado por la dosis de cada producto, constituyendo así un total de 6 tratamientos más un testigo absoluto (sin aplicación de desinfectante). Las variables evaluadas fueron sometidas a un análisis de varianza y luego comparadas mediante prueba de medias según Tukey ($p < 0,01$).

2.7. Manejo del experimento

2.7.1. Implementación del ensayo

En cada tratamiento se usaron 2 kg de semillas de avena, las cuales fueron sembradas en bandejas germinadoras de 50 x 35 x 5 cm que contenían agua como sustrato.

2.7.2. Desinfección de semillas

La desinfección de las semillas de avena fue hecha de acuerdo con los tratamientos señalados en la tabla 1; es decir, un grupo de semillas fue tratado con hipoclorito de sodio al 5% a dosis de 0,5; 1 o 2 mL/L, mientras que en el segundo grupo de semillas fue aplicado amonio cuaternario al 64% a dosis: 1,0; 2,5 y 5,0 mL/L (ver anexo, Figura 7).

2.7.3. Manejo del ensayo

Una vez desinfectadas, las semillas fueron colocadas en remojo durante 12 h con el fin de mejorar la germinación y posteriormente colocadas en sus respectivas bandejas (ver anexo, Figura 8). De acuerdo con Abarca et al. (2016), esta etapa es fundamental para activar el proceso de germinación, lo cual asegura el éxito en la producción de forraje verde hidropónico. Durante esta fase, las semillas son sumergidas en agua limpia durante un tiempo máximo de 24 horas, con oxigenación a las 12 horas, donde además de eliminan impurezas y/o semillas inviables.

Seguidamente, las semillas fueron distribuidas de manera uniforme en las bandejas de germinación, luego fueron sometidas a oscuridad, usando placas de plástico negro durante aproximadamente 5 días y después de este período fueron expuestas para asegurar que recibieran varias horas de luz durante el día (ver anexo, Figura 9).

Las bandejas con las semillas recibieron tres riegos diarios mediante microaspersión. Cada riego tuvo una duración de dos minutos y no recibieron sustancias nutritivas.

2.8. Variables respuesta

- Rendimiento: definido como la cantidad de un producto de un cultivo por unidad de superficie. Para su medición se tomó el pasto de cada bandeja, fue pesado y los resultados fueron expresados en Kg/ha (ver anexo, Figura 10).
- Contenido de materia seca: esta se define como la parte que queda de una muestra de forraje fresco (materia verde) después que se ha extraído el contenido de humedad mediante secado forzado (Escobar et al., 2020). La extracción del contenido de humedad fue hecha en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\%MS = \frac{\text{Peso de la materia seca}}{\text{Peso de la materia fresca}} \times 100$$

- Tiempo de producción de forraje verde hidropónico de avena: el tiempo de producción se determinó cuando los pastos alcanzaron una altura de 15 cm siendo este un indicador que el FVH está listo para consumirse.

2.9. Procesamiento de la información

Las variables fueron sometidas a análisis de varianza, previa verificación del cumplimiento de los supuestos estadísticos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, mientras que la homocedasticidad fue comprobada mediante el test de Levene. Las variables que mostraron tener diferencias significativas fueron sometidas a prueba de medias según Tukey con un nivel de significancia del 1% ($p < 0,01$) mediante el paquete estadístico Statistix versión 10.0.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Efecto en germinación y altura de planta en avena hidropónica

En general, el porcentaje de germinación de semillas fue afectado por el tratamiento (Fig. 3). Los mayores de porcentajes de germinación fueron alcanzados en semillas tratadas con hipoclorito de sodio en sus diferentes concentraciones, donde varió desde 74 hasta 83%, lo cual fue similar al porcentaje de germinación observado en las semillas no tratadas (tratamiento testigo), mientras que las semillas tratadas con amonio cuaternario, la germinación varió desde 44% cuando el producto fue usado a la menor concentración (1 mL/L) hasta solo un 2% de germinación a la concentración de 5 mL/L. Aunque el amonio cuaternario ha mostrado tener efectos positivos en su uso como tensioactivos para el control del crecimiento bacteriano, sin embargo, se sabe que varios grupos funcionales presentes en estos compuestos, tales como el grupo nitro, pueden inducir toxicidad y así afectar los parámetros fisiológicos más sensibles en las plantas, tales como la germinación (Tabacaru et al., 2019). Probablemente, el producto usado en esta investigación pudo haber tenido un efecto tóxico sobre las semillas de avena, lo que provocó disminución de la germinación.

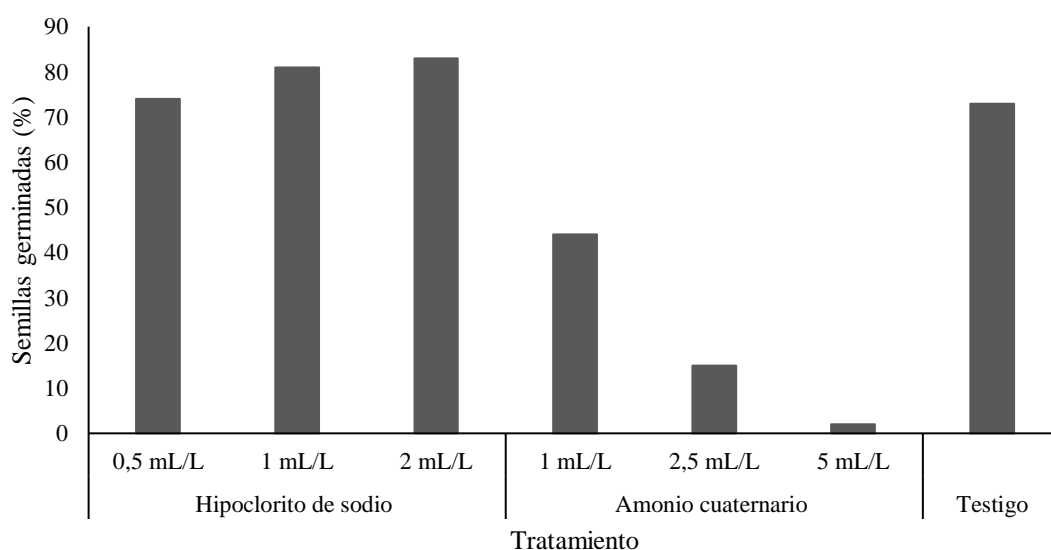


Figura 3. Porcentaje de germinación de semillas tratadas con diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio y amonio cuaternario

Con relación a la altura de planta, se observó efecto del tipo de producto usado para la desinfección de la semilla (Tabla 2). La mayor altura de planta fue observada en semillas desinfectadas con hipoclorito de sodio, independientemente de la concentración usada, con valores que variaron desde 15,00 a 15,67 cm, lo cual no mostró diferencias significativas con la altura de las plantas no tratadas con ningún tipo de desinfectante, donde en promedio alcanzaron 14,66 cm. Contrariamente, en el caso de las semillas tratadas con amonio cuaternario, se observó disminución de la altura de planta con relación al tratamiento testigo, la cual fue mayor a medida que se incrementó la concentración del desinfectante, alcanzando una disminución de 11,32% cuando se usó a concentración de 1 mL/L, mientras que a las concentraciones de 2,5 y 5 mL/L provocó 22,71 y 70,46% de disminución del tamaño de planta.

Tabla 2. Efecto del tratamiento con dos desinfectantes a diferentes concentraciones sobre la altura de plantas de avena (*Avena sativa*).

Tratamiento	Altura de planta a los 10 días de evaluación	Mínimo	Máximo
Hipoclorito de sodio (0,5 mL/L)	15,67 ± 0,287 a	15,50	16,00
Hipoclorito de sodio (1 mL/L)	15,00 ± 0,000 a	15,00	15,00
Hipoclorito de sodio (2 mL/L)	15,27 ± 0,252 a	15,00	15,50
Amonio cuaternario (1 mL/L)	13,00 ± 0,000 b	13,00	13,00
Amonio cuaternario 2,5 mL/L)	11,33 ± 0,289 c	11,00	11,50
Amonio cuaternario (5 mL/L)	4,33 ± 0,577 d	4,00	5,00
Testigo	14,66 ± 0,577 a	14,00	15,00

Nota: Valores promedio en una columna seguidos de la misma letra no mostraron diferencias significativas de acuerdo con la prueba de medias según Tukey ($p < 0,01$).

Estas diferencias también fueron evidenciadas en el crecimiento diario de las plantas, puesto que en aquellas plantas tratadas con hipoclorito de sodio mostraron una tasa de crecimiento acelerado desde el día tres hasta el día diez, similar a las plantas del tratamiento testigo (Fig. 4).

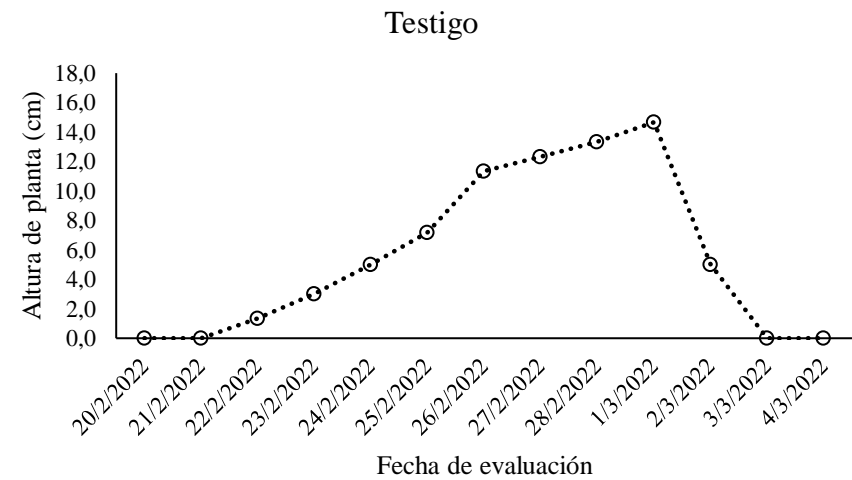
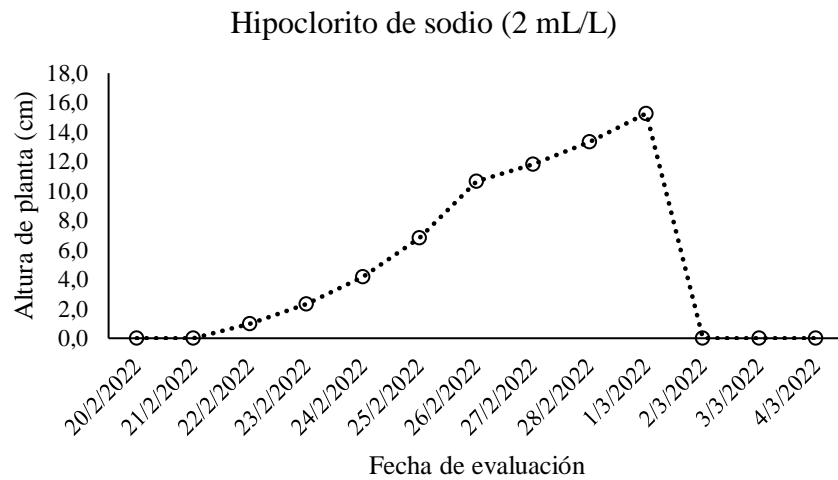
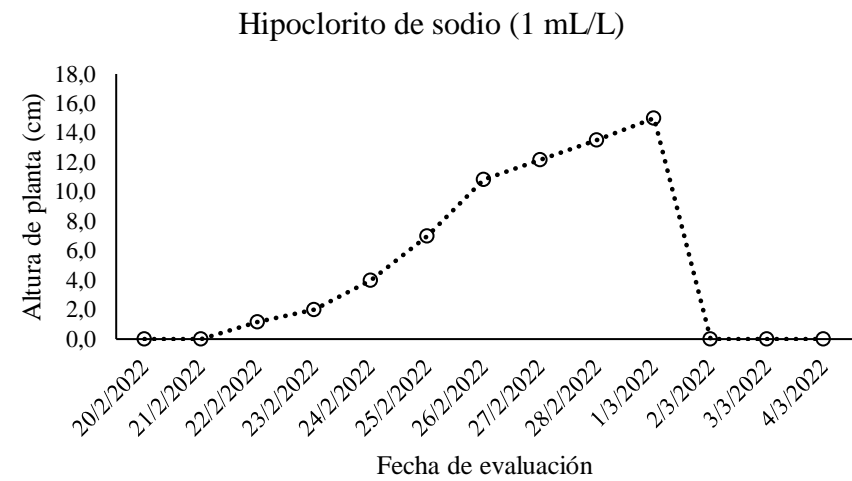
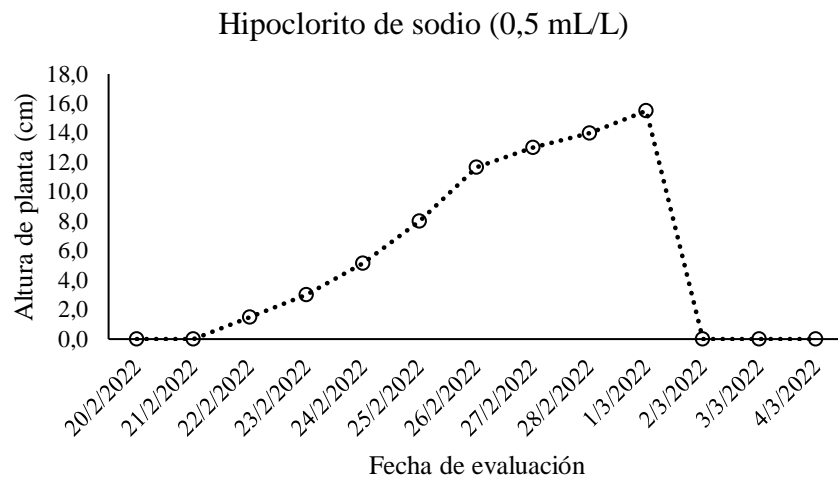


Figura 4. Variación de la altura de planta de *Avena sativa* obtenidas de semillas tratadas con tres concentraciones de hipoclorito de sodio

En el caso de las plantas obtenidas de semillas desinfectadas con la aplicación de amonio cuaternario a diferentes concentraciones se observó una tendencia diferencial en función a la concentración usada, siendo más acentuado en las plantas tratadas con la mayor concentración (Fig. 5). Cuando se examinaron las plantas tratadas con una concentración de 1 mL/L se observó una tendencia similar a las plantas del tratamiento testigo, en las cuales el crecimiento de las plantas fue acelerado hasta el día diez en ambos casos. En las plantas tratadas con 2,5 mL/L se observó un crecimiento lento durante los primeros siete días de evaluación y después de este período, la tasa de crecimiento tendió a ser más acelerado, llegando a ser similar al resto de los tratamientos. Por el contrario, en plantas tratadas con 5 mL/L no se evidenció crecimiento durante los primeros siete días de evaluación y posterior a este período, las plantas comenzaron a crecer a una tasa más reducida, logrando alcanzar apenas alturas promedio de 11 cm al final de la evaluación (Fig. 5).

Resultados similares de retardo en el crecimiento fueron reportados por Marth et al. (1953) observaron que al aplicar cloruro de (4-hidroxi5-isopropil-2-metilfenil) trimetilamonio, carboxilato de 1-piperidina en concentraciones entre 10-100 μg sobre tallos u hojas de plantas jóvenes de fréjol 'Black Valentine' (*Phaseolus vulgaris* L.) ocurrió inhibición de la elongación del tallo que se incrementó con la concentración, además de la intensificación de la coloración verde de las hojas, un retraso en el desarrollo de las flores y una mayor longevidad de las plantas. Probablemente este efecto sea explicado por el efecto de inhibición de la síntesis de ácido giberélico, el cual funciona como una hormona que regula el crecimiento de la planta (Cho et al., 1979; Ghani et al., 2021). Adicionalmente, se ha reportado que este tipo de compuestos pueden provocar reducción de la tasa fotosintética en el fitoplancton (Tezel, 2009).

Zuñiga Orozco y Beauregard Zúñiga (2020) obtuvieron un control más eficiente de patógenos del agua en forraje de cebada con la aplicación de agua oxigenada a dosis de 5ml/L, lo cual se tradujo en mayor porcentaje de germinación, crecimiento, cantidad de biomasa y porcentaje de proteínas de la planta de cebada. Aunque, a diferencia de lo observado en el presente estudio, estos autores notaron la disminución del contenido de materia seca en semillas tratadas con desinfectantes respecto al tratamiento control, lo cual podría deberse a un efecto fitotóxico, también observaron que tanto la proteína cruda y materia seca en la cebada superó el contenido de un alimento comercial para alimentación animal.

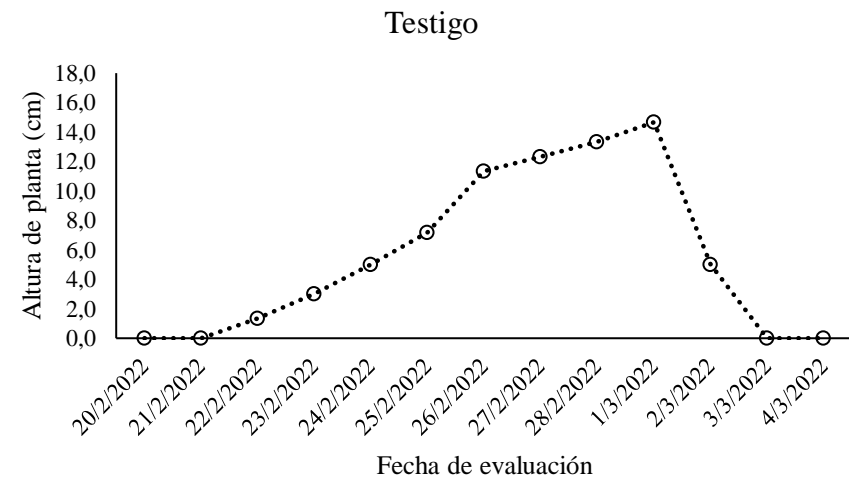
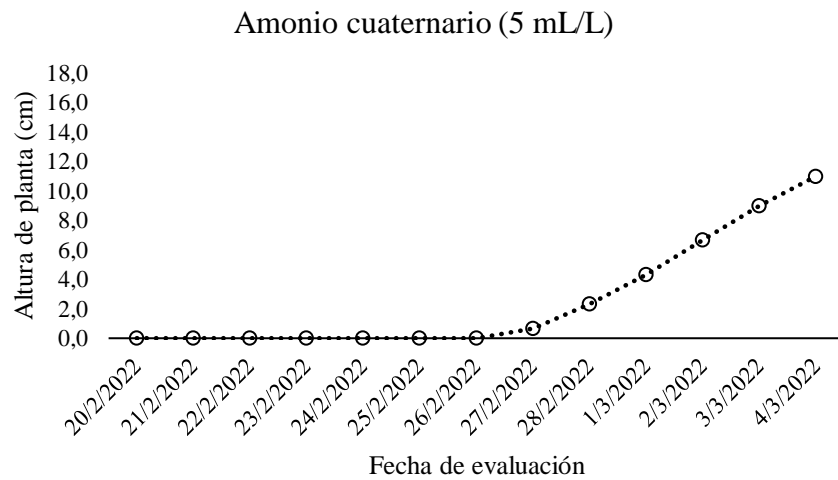
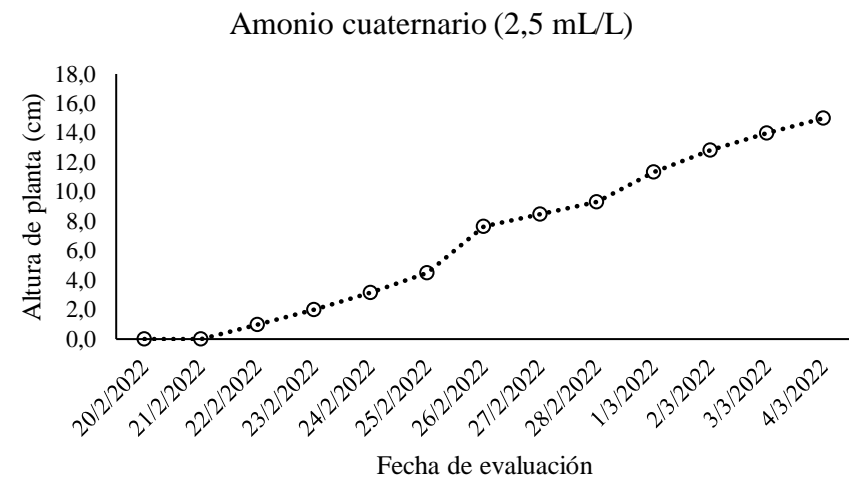
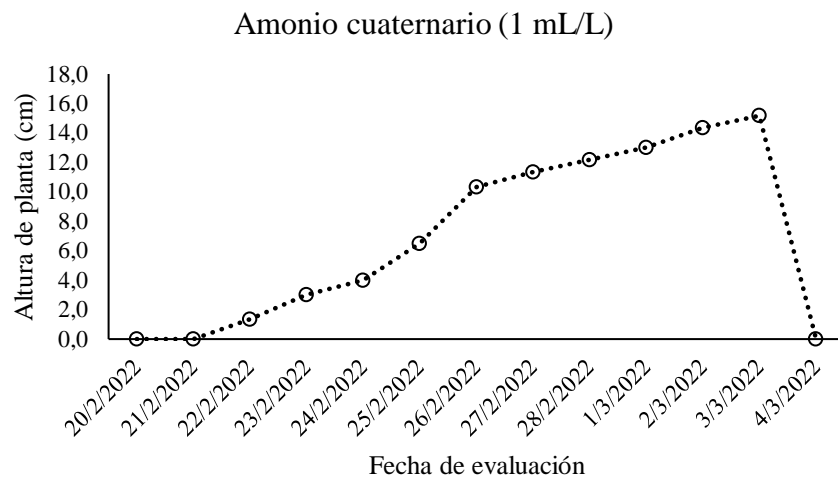


Figura 5. Variación de la altura de planta de *Avena sativa* obtenidas de semillas tratadas con tres concentraciones de amonio cuaternario

3.2. Cantidad de materia verde y seca del forraje verde hidropónico de avena

El uso de las diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio y amonio cuaternario mostró tener un efecto en la acumulación de materia verde y materia seca en plantas de avena hidropónica con fines forrajeros (Tabla 3). Con relación al forraje verde hidropónico (FVH), las plantas provenientes de semillas tratadas con hipoclorito de sodio mostraron la mayor cantidad de forraje, independientemente de la concentración usada, el cual varió desde 1784,1 kg cuando se usó 1 mL/L hasta 1950,4 kg en plantas tratadas con una concentración de 2 mL/L, y estas plantas no mostraron diferencias significativas con las plantas del tratamiento testigo, que alcanzaron 2041,2 kg. Con relación a las plantas obtenidas de las semillas desinfectadas con amonio cuaternario se encontró que la cantidad de forraje verde mostró tendencia a disminuir a medida que se aumentó la concentración del producto. Así, las plantas tratadas con amonio cuaternario a 1 mL/L mostraron disminución del 36,3%, mientras que las tratadas con 2,5 y 5 mL/L disminuyeron en 49,63 y 55,56%, respectivamente.

Tabla 3. Variación de la materia verde y seca en avena tratada con diferentes concentraciones de dos desinfectantes de semilla

Tratamiento	FVH (Kg)	Materia seca (%)	Materia verde (Kg/ha)
Hipoclorito de sodio (0,5 mL/L)	1890,0 ± 69,3 a	19,2 ± 2,0b	527,7 ± 45,0a
Hipoclorito de sodio (1 mL/L)	1784,1 ± 94,4a	17,9 ± 1,9b	408,0 ± 88,6a
Hipoclorito de sodio (2 mL/L)	1950,4 ± 78,6a	17,0 ± 3,0b	382,1 ± 20,6ab
Amonio cuaternario (1 mL/L)	1300,3 ± 114,2b	23,1 ± 2,2b	211,5 ± 85,6bc
Amonio cuaternario 2,5 mL/L)	1028,1 ± 52,4bc	32,2 ± 2,1a	71,7 ± 25,6cd
Amonio cuaternario (5 mL/L)	907,2 ± 0,0c	35,0 ± 0,8a	2,4 ± 0,6d
Testigo	2041,2 ± 136,1a	18,2 ± 0,2b	559,0 ± 27,9a

Nota: Valores promedio en una columna seguidos de la misma letra no mostraron diferencias significativas de acuerdo con la prueba de medias según Tukey ($p < 0,01$).

Un comportamiento similar fue observado en cuanto a la materia verde, evidenciándose mayor contenido en plantas provenientes de semillas desinfectadas con hipoclorito de sodio y en plantas del tratamiento testigo, mientras que, en plantas

desarrolladas a partir de semillas desinfectadas con amonio cuaternario, la materia verde disminuyó un 62,16; 87,17 y 99,57% cuando se usó a 1; 2,5 y 5 mL/L, respectivamente.

Finalmente, a pesar de que la mayor materia fresca fue observada en plantas tratadas con hipoclorito de sodio, sorprendentemente el mayor contenido porcentual de materia seca fue observado en plantas tratadas con amonio cuaternario con 32,2 y 35,0 %, valores superiores al resto de los tratamientos (Tabla 3).

Adicionalmente a los efectos mencionados en plantas obtenidas de semillas tratadas con amonio cuaternario, también se observó un aumento en el número de días necesarios para alcanzar el máximo de acumulación de materia seca durante el período de evaluación, mientras que en plantas tratadas con hipoclorito no mostraron diferencias con las plantas testigo (Fig. 6).

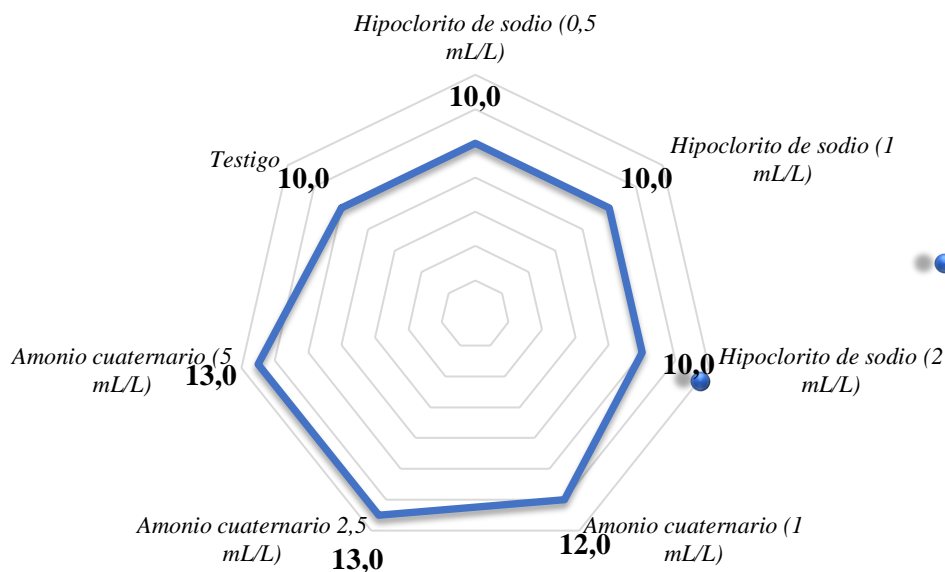


Figura 6. Variación en el número de días para alcanzar el máximo de producción de materia verde en plantas de avena proveniente de semillas tratadas con dos desinfectantes a diferentes concentraciones.

Los resultados observados en cuando a la drástica reducción de la materia fresca en plantas tratadas con sales de amonio cuaternario son similares a lo observado por Biczak (2016), quienes demostraron un fuerte fitotoxicidad y disminución del peso fresco de plantas de cebada de primavera y rábano común por efecto de diferentes fuentes de amonio cuaternario y además observaron que esta respuesta fue mayor a medida que se

incrementó la concentración de la sustancia. De acuerdo con estos autores, la disminución del peso fresco se debió a una caída en el contenido de clorofila, lo que causó estrés oxidativo evidenciado por el incremento de las especies reactivas de oxígeno, tales como H₂O₂ y la peroxidación lipídica de MDA (malondialdehído).

Por el contrario, estudios previos han mostrado el efecto beneficioso del hipoclorito de sodio sobre la prevención de ataque de patógenos en forrajes producidos por hidroponía. de la Peña (2010) demostraron que el uso de hipoclorito de sodio al 8% resultó efectivo en para la limpieza y desinfección de semillas de trigo para la producción de forraje verde hidropónico, además se demostró que los mejores niveles de imbibición de patógenos y de germinación fueron alcanzados con apenas 1 hora, lo cual aseguró hasta seis días sin ocurrencia de hongos en las bandejas y un porcentaje de germinación mayor al 85%. Adicionalmente, se observaron resultados prometedores con el uso de quitosano (biopolímero) y el ozono, ya que con estos productos se logró el control de hongos hasta por seis días y por más de ocho días con sorbato de potasio.

Las investigaciones han mostrado que la máxima producción de forraje y la alta calidad nutritiva en plantas de avena puede ser variable dependiendo del estado de madurez de la planta, por lo que, si este cultivo es producido con el fin de obtener un alto contenido de proteína y bajo de fibra, debería ser cosechado en estado vegetativo, mientras que el mayor rendimiento de forraje se alcanza cuando se cosecha en estado de grano avanzado (Sánchez et al., 2014). En estudios realizados en Perú se observó que el máximo producción de materia verde (MV) de la avena variedad Tayko fue de 21.411,11 a 58.333,33 kg/ha, con un rendimiento de materia seca (MS) de 5.161,16 a 14.792,12 kg/ha, cuando es manejada sin fertilización y con fertilización con 100-150 Kg de N/ha, respectivamente (Puma, 2022).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

El porcentaje de germinación de semillas y el crecimiento de las plantas de avena fueron afectados por el uso de desinfectantes del tipo sales cuaternarias de amonio, el cual mostró un efecto inhibitorio de ambos parámetros que se incrementó a medida que aumentó la concentración del producto. Por el contrario, el hipoclorito de sodio no mostró ningún efecto tóxico sobre la fisiología de la planta, puesto que las plantas obtenidas de semillas desinfectadas con este producto tuvieron un comportamiento similar a las plantas originadas de semillas no tratadas.

De manera similar, el uso de las diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio y amonio cuaternario afectó la acumulación de materia verde y materia seca en plantas de avena hidropónica, siendo las plantas provenientes de semillas tratadas con hipoclorito de sodio y las plantas del tratamiento testigo las que mostraron la mayor cantidad de forraje, independientemente de la concentración del hipoclorito de sodio. En cuanto a la materia verde se evidenció mayor contenido en plantas provenientes de semillas desinfectadas con hipoclorito de sodio y en plantas del tratamiento testigo, mientras que, en plantas desarrolladas a partir de semillas desinfectadas con amonio cuaternario, la materia verde disminuyó drásticamente. Sorprendentemente el mayor porcentaje de materia seca fue observado en plantas tratadas con amonio cuaternario.

4.2. Recomendaciones

De acuerdo con los resultados, dado que el hipoclorito de sodio no mostró tener un efecto tóxico sobre semillas y/o plántulas de avena, se recomienda hacer la desinfección de las semillas usando este producto. Además, en vista de que el efecto de desinfección fue similar con las tres concentraciones evaluadas, se sugiere usar la menor concentración (0,5 mL/L) de modo de disminuir los costos de producción y así hacer más eficiente el proceso.

Dado el evidente efecto fitotóxico causado en semillas y plantas de avena por el uso del amonio cuaternario demostrado en la presente evaluación, se sugiere no incluir este producto como sustancia para la desinfección de las semillas. Sin embargo, en vista

de que esta respuesta de toxicidad es dependiente de la concentración, se podría recomendar realizar estudios similares donde se evalúen dosis menores y otras fuentes de amonio cuaternario de manera de determinar si este efecto se mantiene.

CAPÍTULO V

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, P., Silva, L., Aguirre, C., Mora, D., y Carrasco, J. (2016). Producción de forraje verde hidropónico para la pequeña agricultura. In *Instituto de Investigaciones Agropecuarias* (Vol. 56, Issue 321).
<http://www2.inia.cl/medios/informativos/rayentue/Info-56-Forraje-Verde-Hidroponico-para-la-peque%F1a-agricultura.pdf>
- Abdula, A. H. (2022). Contribution of Hydroponic Feed for Livestock Production and Productivity. *Science Frontiers*, 3(1), 1–7.
<https://doi.org/10.11648/j.sf.20220301.11>
- Acurio, M. (2016). *Evaluación de avena hidropónica en la alimentación de conejos de raza neozelandés en la etapa de engorde* [Universidad Técnica de Ambato].
<https://www.infodesign.org.br/infodesign/article/view/355%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/731%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/269%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/106>
- Akbari, M., Akbari, M., Akbari, D., y Sajedi, N. A. (2012). Influence of sodium hypochlorite on seed germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.) variety Tarum. *Research on Crops*, 13(1), 11–15.
- Akkenapally, J. S., y Lekkala, S. (2021). Hydroponic fodder production: A review. *The Pharma Innovation Journal*, 10(11), 2435–2439. www.nosoilsolutions.com
- Barsila, S. R. (2018). The fodder oat (*Avena sativa*) mixed legume forages farming : Nutritional and ecological benefits. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 1(1), 206–222. <https://doi.org/10.3126/janr.v1i1.22236>
- Barwant, M., y Barwant, K. (2020). Comparative Study of Artificial Fodder Production (Hydroponic) and its Benefits. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 5(4), 106–111.
- Bibi, H., Hameed, S., Iqbal, M., Al-Barty, A., Darwish, H., Khan, A., Anwar, S., Mian,

- I. A., Ali, M., Zia, A., Irfan, M., y Mussarat, M. (2021). Evaluation of exotic oat (*Avena sativa* L.) varieties for forage and grain yield in response to different levels of nitrogen and phosphorous. *PeerJ*, 9, 1–16. <https://doi.org/10.7717/peerj.12112>
- Biczak, R. (2016). Quaternary ammonium salts with tetrafluoroborate anion : phytotoxicity and oxidative stress in terrestrial plants. *Journal Of Hazardous Materials*, 304, 173–185. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.10.055>
- Boczkowska, M., Nowosielski, J., Nowosielska, D., y Podyma, W. (2014). Assessing genetic diversity in 23 early Polish oat cultivars based on molecular and morphological studies. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61(5), 927–941. <https://doi.org/10.1007/s10722-014-0087-4>
- Cantón-Castillo, J., Alcatraz-Romero, R., Chiquini-Medina, R., y Maya-Martínez, A. (2020). green fodder and its effect on lamb growth Forage production. *Agro Productividad*, 13(11), 3–7.
- Chikhalikar, A. D., y Khillare, R. S. (2021). Hydroponic Fodder: An Overview. *Just Agriculture*, 2(3), 1–4.
- Cho, K., Sakurai, A., Kamiya, Y., Takahashi, N., y Tamura, S. (1979). Effects of the new plant growth retardants of quaternary ammonium iodides on gibberellin biosynthesis in *Gibberella fujikuroi*. *Plant and Cell Physiology*, 20(1), 75–81. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a075807>
- de Jesus, V. A. M., Araújo, E. F., Neves, A. A., Santos, F. L., Dias, L. A. dos S., y Silva, R. F. da. (2016). Ratio of seeds and sodium hypochlorite solution on the germination process of papaya seeds. *Journal of Seed Science*, 38(1), 57–61. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v38n1151150>
- de la Peña, J. (2010). *Evaluación de productos químicos para el control de micotoxinas en el sistema productivo de forraje verde hidropónico*. Centro de Investigación en Química Aplicada.
- Escobar, P., Etcheverría, P., Vial, M., y Daza, J. (2020). *Concepto de materia seca y su uso: guía práctica* (Issue Boletín informativo N° 119).

- Fuentes, F., Poblete, C., Huerta, M., y Palape, I. (2011). Assessment of production and nutritious quality of oats as green hydroponic fodder under desert conditions. *Idesia*, 29(3), 75–81. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292011000300011>
- Ghani, M. A., Abbas, M. M., Ali, B., Aziz, R., Waseem, R., Qadri, K., Noor, A., Azam, M., Bahzad, S., Saleem, M. H., Abualreesh, M. H., Alatawi, A., y Ali, S. (2021). Alleviating Role of Gibberellic Acid in Enhancing Plant Growth and Stimulating Phenolic Compounds in Carrot (*Daucus carota* L.) under Lead Stress. *Sustainability*, 13, 12329.
- Ihsan, M., Nazir, N., Ghafoor, A., Khalil, A. A. K., Zahoor, M., Nisar, M., Khames, A., Ullah, R., y Shah, A. B. (2021). Genetic diversity in local and exotic *Avena sativa* L. (oat) germplasm using multivariate analysis. *Agronomy*, 11(9), 1–18. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091713>
- Jácome, P. (2018). *Propuesta de otra alternativa de alimento para el ganado lechero del cantón Mejía a base de forraje verde hidropónico* [Universidad Central del Ecuador]. <http://200.12.169.19/handle/25000/16929>
- Juárez-López, P., Morales-Rodríguez, H., Sandoval-Villa, M., Gómez, A., Cruz-Crespo, E., Juárez-Rosete, C., Aguirre-Ortega, J., Alejo-Santiago, G., y Ortíz-Catón, M. (2013). Producción De Forraje Verde. *Revista Fuente Nueva Época*, 4(13), 16–26. <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2015/05/Producción-de-forraje-verde-hidropónico.pdf>
- Khaziev, D., Gadiev, R., Yusupova, C., Kazanina, M., y Kopylova, S. (2021). Effect of hydroponic green herbage on the productive qualities of parent flock geese. *Veterinary World*, 14(4), 841–846. <https://doi.org/10.14202/VETWORLD.2021.841-846>
- Li, Y., Zhou, C., Wang, S., Lin, Q., Ni, Z., Qiu, H., Morel, J. L., y Qiu, R. (2019). Phytotoxicity and oxidative effects of typical quaternary ammonium compounds on wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(25), 25985–25999. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05822-7>
- Malhi, G. S., Kaur, M., Sharma, K., y Gupta, G. (2020). Hydroponics Technology for Green Fodder Production under Resource Deficit Condition. *Vigyan Varta*, 1(5),

65–68.

Marth, P., Preston, W. H., y Mitchell, J. W. (1953). Growth-controlling effects of some quaternary ammonium compounds on various species of plants. *Botanical Gazette*, 115(2), 200–204.

Mekonnen, E., Mekuriaw, Y., Tegegne, F., y Asmare, B. (2019). Evaluation of fodder biomass yield of hydroponically-grown barley and oats and the effects on intake, digestibility and weight gain of Washera sheep when fed as a supplement to a basal diet of natural pasture hay in Ethiopia. *Tropical Grasslands*, 7(5), 519–526.
[https://doi.org/10.17138/TGFT\(7\)519-526](https://doi.org/10.17138/TGFT(7)519-526)

Menon, R., Gonzalez, T., Ferruzzi, M., Jackson, E., Winderl, D., y Watson, J. (2016). Oats-From Farm to Fork. *Advances in Food and Nutrition Research*, 77, 1–55.
<https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2015.12.001>

Mulder, I., Siemens, J., Sentek, V., Amelung, W., Smalla, K., y Jechalke, S. (2018). Quaternary ammonium compounds in soil: implications for antibiotic resistance development. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 17(1), 159–185. <https://doi.org/10.1007/s11157-017-9457-7>

Nagappa Ningoji, S., Thimmegowda, M. N., Mudalagiriappa, Tulja, S., y Vasanthi, B. G. (2021). Hydroponics Fodder Production -An Innovative Approach for Sustainable Livestock Production under Varied Climatic Distress. *Mysore Journal of Agricultural Science*, 55(2), 1–11.

Nigus, A. (2017). Pasture Management and Improvement Strategies in Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 7(1), 69–78. www.iiste.org

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.
<https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2021.080100044>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2001). Manual Técnico: Forraje verde hidropónico. In *Mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en los Centros de Desarrollo Infantil del INNFA*.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Datos de cultivos*. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2022). *FAOSTAT*. <https://www.fao.org/faostat/es/#country/58>
- Puma, F. (2022). *Producción de avena forrajera (Avena sativa L.) con fertilización nitrogenada en el Centro Experimental -ILLPA*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Rana, M., Gupta, S., Kumar, N., Ranjan, R., Sah, R. P., Gajghate, R., Dwivedi, K. K., y Ahmed, S. (2019). Genetic architecture and population structure of oat landraces (*Avena sativa* L.) using molecular and morphological descriptors. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 18(3), 439–450.
- Sánchez, R. A., Gutiérrez, H., Serna, A., Gutiérrez, R., y Espinoza, A. (2014). Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(2), 131–142.
- Sengupta, M. (2021). *Environmental Impacts of Mining: monitoring, restoration and control* (Primera ed). CRC Press.
- Shawal, Jamal, Y., Ilahi, H., Adnan, M., Rehman, F., Ullah, A., Rehman, M. U., Ullah, A., y Zubair, S. (2021). Evaluation of fodder crops for hydroponic green fodder potential. *AGBIR*, 37(2), 108–111.
- Tabacaru, A., Botezatu, A. V. D., Horincar, G., Furdui, B., y Dinica, R. M. (2019). Green accelerated synthesis, antimicrobial activity and seed germination test of quaternary ammonium salts of 1,2-bis(4-pyridyl)ethane. *Molecules*, 24(13), 1–15. <https://doi.org/10.3390/molecules24132424>
- Tezel, U. (2009). *Fate and effect of quaternary ammonium compounds in biological systems*. Georgia Institute of Technology.
- Toor, M. D., Adnan, M., Raza, A., Ahmed, R., Arshad, A., Maqsood, H., Abbas, F., Mughees-ud-din, M., Shehzad, M. H., y Zafar, M. K. (2020). Land Degradation and its Management: A Review. *International Journal of Environmental Sciences y*

Natural Resources, 25(1), 63–66. <https://doi.org/10.19080/ijesnr.2020.25.556157>

Upreti, S., Ghimire, R. P., Tiwari, M. R., y Banskota, N. (2021). Production and Economic Feasibility of Hydroponics Maize Fodder on Performance of Piglets. *Nepal Journal of Science and Technology*, 19(2), 109–115.
<https://doi.org/10.3126/njst.v20i1.39445>

Vilvert, E., Olson, Å., Wallenhammar, A. C., Törngren, J., y Berlin, A. (2021). Scientific evidence of sustainable plant disease protection strategies for oats in Sweden : a systematic map. *Environmental Evidence*, 10, 1–17.
<https://doi.org/10.1186/s13750-021-00239-7>

Zuñiga Orozco, A., y Beauregard Zúñiga, I. (2020). Evaluación de tres productos desinfectantes sobre semillas de maíz y cebada para la producción en la tecnología de Forraje Verde Hidropónico. *Repertorio Científico*, 23(2), 63–75.
<https://doi.org/10.22458/rc.v23i2.3180>

ANEXOS

1. Proceso de preparación del ensayo



Figura 7. Proceso de desinfección de las semillas



Figura 8. *Semillas de avena en remojo (A) y colocación en bandejas (B)*

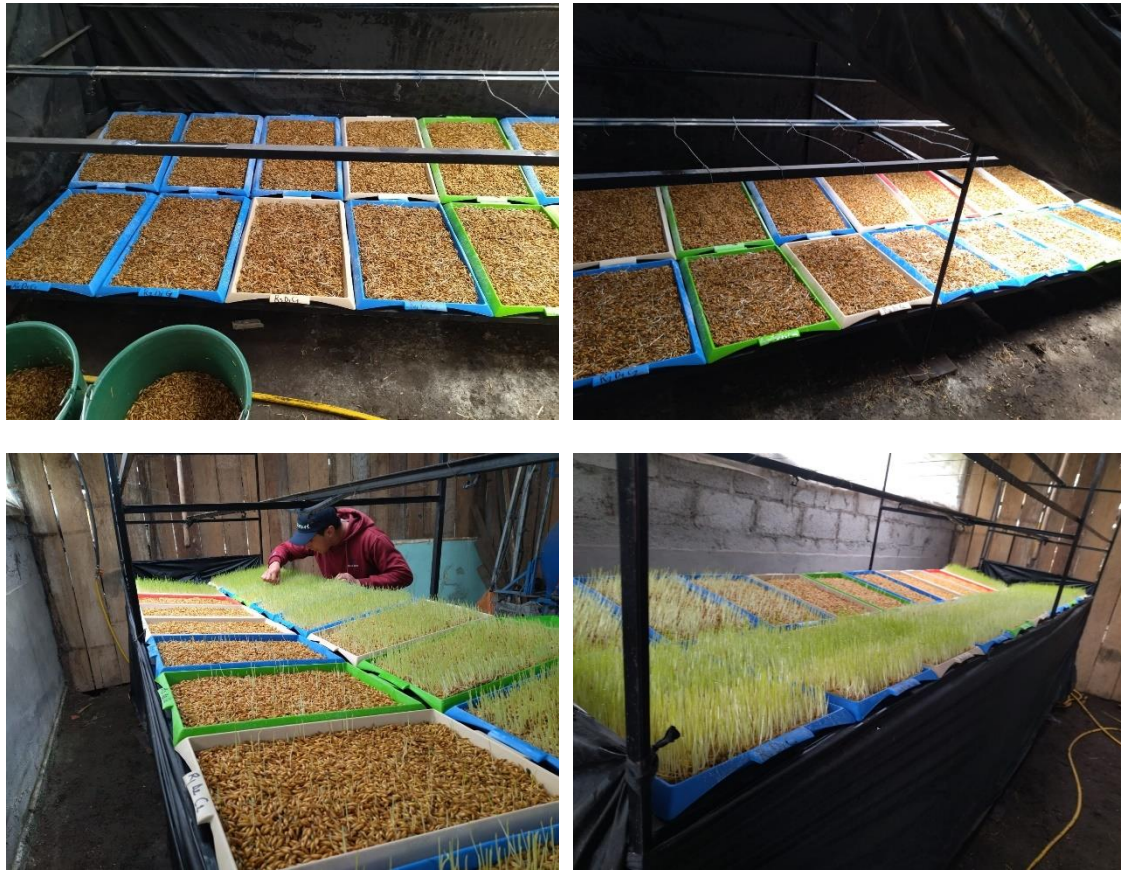


Figura 9.Plantas sometidas a sombra (A y B) y posteriormente a la luz



Figura 10.

Retiro de las primeras plantas de avena para ser usadas como forraje

2. Análisis químico



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO FIAGR



Casilla 18-01-334 Telfs. 746151-746171 Fax 746231 Cevallos - Tungurahua
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO FIAGR

Datos del cliente:

NOMBRE:	Cristian Mariño		
ATENCIÓN:	Cristian Mariño	COD. LAB	01 2022
DIRECCIÓN:	Yanahurco	MUESTRA:	Pasto
PROVINCIA:	Tungurahua	MATRIZ :	S
CANTÓN:	Mocha	ANALISIS:	Foliar

Datos de la muestra:

	FECHA DE TOMA DE MUESTRA:
	03/03/2022
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	INGRESO AL LAB. : 03/03/2022
LOTE:	SALIDA: : 09/03/2022

Código Laboratorio	Código Cliente	Materia seca	materia verde
		%	Kg/ha
1.1	R1D1C1	18.2	507.1
1.2	R1D1C2	19.9	509.3
1.3	R1D1C3	13.6	370.0
1.4	R3D1C1	20.8	495.3
1.5	R3D1C2	16.2	369.7
1.6	R3D1C3	17.8	405.9
1.7	R2D1C1	16.9	578.5
1.8	R2D1C2	17.5	345.0
1.9	R2D1C3	19.5	370.4
1.10	Testigo 1	18.3	538.7
1.11	Testigo 2	18.0	590.8
1.12	Testigo 3	18.4	547.6
1.13	R1D2C1	25.6	301.7
1.14	R1D2C2	34.1	87.6
1.15	R1D2C3	34.2	2.2
1.16	R2D2C1	21.5	201.6
1.17	R2D2C2	32.4	85.3
1.18	R2D2C3	35.8	3.1
1.19	R3D2C1	22.2	131.3
1.20	R3D2C2	30.0	42.2
1.21	R3D2C3	35.1	1.9

Parametro analizado	Método	
materia seca	Gravimétrico	Balanza analítica
materia verde		Balanza analítica

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 Facultad de Ciencias Agropecuarias
LABORATORIO QUIMICO DE SUELOS Y FERTILIZANTES

Ing. Jorge Toapanta

RESPONSABLE DEL ANALISIS

3. Análisis estadísticos de datos

1. Análisis de Varianza

Statistix 10,0
1/5/2022; 10:51:30

Completely Randomized AOV for Alt10

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	6	289,459	48,2432	376,62	0,0000
Error	14	1,793	0,1281		
Total	20	291,252			

Grand Mean 12,752 CV 2,81

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	2,43	0,0798
O'Brien's Test	1,08	0,4188
Brown and Forsythe Test	0,45	0,8306

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratamien	6,0	M	M
Error	M		

Component of variance for between groups 16,0384
Effective cell size 3,0

Tratamien	Mean
0	14,667
1	15,667
2	15,000
3	15,267
4	13,000
5	11,333
6	4,333
Observations per Mean	3
Standard Error of a Mean	0,2066
Std Error (Diff of 2 Means)	0,2922

Completely Randomized AOV for FVH

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	6	19,7057	3,28429	87,30	0,0000
Error	14	0,5267	0,03762		
Total	20	20,2324			

Grand Mean 3,4476 CV 5,63

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1,71	0,1923
O'Brien's Test	0,76	0,6142
Brown and Forsythe Test	0,70	0,6538

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratamien	6,0	M	M
Error	M		

Component of variance for between groups 1,08222

Effective cell size

3,0

Tratamien Mean

0 4,5000
1 4,2667
2 3,9333
3 4,3000
4 2,8667
5 2,2667
6 2,0000

Observations per Mean 3

Standard Error of a Mean 0,1120

Std Error (Diff of 2 Means) 0,1584

Completely Randomized AOV for Mseca

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	6	999,71	166,619	44,13	0,0000
Error	14	52,86	3,776		
Total	20	1052,57			

Grand Mean 23,143 CV 8,40

Homogeneity of Variances

	F	P
Levene's Test	1,65	0,2049
O'Brien's Test	0,74	0,6298
Brown and Forsythe Test	0,61	0,7175

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratamien	6,0	141,43	0,0000
Error	5,5		

Component of variance for between groups 54,2810

Effective cell size 3,0

Tratamien Mean

0 18,233
1 18,633
2 17,867
3 16,967
4 23,100
5 32,167
6 35,033

Observations per Mean 3

Standard Error of a Mean 1,1219

Std Error (Diff of 2 Means) 1,5866

Completely Randomized AOV for Mverde

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	6	854955	142493	52,32	0,0000
Error	14	38129	2723		
Total	20	893084			

Grand Mean 308,82 CV 16,90

Homogeneity of Variances

	F	P
Levene's Test	2,66	0,0617
O'Brien's Test	1,18	0,3701
Brown and Forsythe Test	0,88	0,5316

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratamien	6,0	279,06	0,0000
Error	5,3		

Component of variance for between groups 46589,7
Effective cell size 3,0

Tratamien	Mean
0	559,03
1	526,97
2	408,00
3	382,10
4	211,53
5	71,70
6	2,40

Observations per Mean 3
Standard Error of a Mean 30,130
Std Error (Diff of 2 Means) 42,610

2. Prueba de medias

Statistix 10,0
1/5/2022; 10:52:54

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Alt10 by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
1	15,667	A
3	15,267	A
2	15,000	A
0	14,667	A
4	13,000	B
5	11,333	C
6	4,3333	D

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,2922
Critical Q Value 6,086 Critical Value for Comparison 1,2576
There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of FVH by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
0	4,5000	A
3	4,3000	A
1	4,2667	A
2	3,9333	A
4	2,8667	B
5	2,2667	BC
6	2,0000	C

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,1584
Critical Q Value 6,086 Critical Value for Comparison 0,6815
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Mseca by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
6	35,033	A
5	32,167	A
4	23,100	B
1	18,633	B
0	18,233	B
2	17,867	B
3	16,967	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 1,5866
Critical Q Value 6,086 Critical Value for Comparison 6,8276
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Mverde by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
0	559,03	A
1	526,97	A
2	408,00	A
3	382,10	AB
4	211,53	BC
5	71,700	CD
6	2,4000	D

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 42,610
Critical Q Value 6,086 Critical Value for Comparison 183,37
There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

3. Resumen de estadísticos

Statistix 10,0
1/5/2022; 10:53:43

Breakdown for Alt10

Variable	Level	Mean	SD	Minimum	Maximum
Tratamien	0	14,667	0,5774	14,000	15,000
Tratamien	1	15,667	0,2887	15,500	16,000
Tratamien	2	15,000	0,0000	15,000	15,000
Tratamien	3	15,267	0,2517	15,000	15,500
Tratamien	4	13,000	0,0000	13,000	13,000
Tratamien	5	11,333	0,2887	11,000	11,500
Tratamien	6	4,3333	0,5774	4,0000	5,0000
Overall		12,752	3,8161	4,0000	16,000

Cases Included 21 Missing Cases 0

Breakdown for FVH

Variable	Level	Mean	SD	Minimum	Maximum
Tratamien	0	4,5000	0,3000	4,2000	4,8000
Tratamien	1	4,2667	0,1528	4,1000	4,4000
Tratamien	2	3,9333	0,2082	3,7000	4,1000
Tratamien	3	4,3000	0,1732	4,2000	4,5000
Tratamien	4	2,8667	0,2517	2,6000	3,1000
Tratamien	5	2,2667	0,1155	2,2000	2,4000
Tratamien	6	2,0000	0,0000	2,0000	2,0000
Overall		3,4476	1,0058	2,0000	4,8000

Cases Included 21 Missing Cases 0

Breakdown for Mseca

Variable	Level	Mean	SD	Minimum	Maximum
Tratamien	0	18,233	0,2082	18,000	18,400
Tratamien	1	18,633	1,9858	16,900	20,800
Tratamien	2	17,867	1,8771	16,200	19,900
Tratamien	3	16,967	3,0370	13,600	19,500
Tratamien	4	23,100	2,1932	21,500	25,600
Tratamien	5	32,167	2,0599	30,000	34,100
Tratamien	6	35,033	0,8021	34,200	35,800
Overall		23,143	7,2546	13,600	35,800

Cases Included 21 Missing Cases 0

Breakdown for Mverde

Variable	Level	Mean	SD	Minimum	Maximum
Tratamien	0	559,03	27,868	538,70	590,80
Tratamien	1	526,97	45,017	495,30	578,50
Tratamien	2	408,00	88,593	345,00	509,30
Tratamien	3	382,10	20,612	370,00	405,90
Tratamien	4	211,53	85,633	131,30	301,70
Tratamien	5	71,700	25,574	42,200	87,600
Tratamien	6	2,4000	0,6245	1,9000	3,1000
Overall		308,82	211,32	1,9000	590,80

Cases Included 21 Missing Cases 0