UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TÍTULO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“Evaluación de diferentes tipos de sustratos en la germinación de semillas de lechuga crespa *(Lactuca sacriola var.Sativa L)”.*

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

AUTOR:

Wagner Angelo Gamboa Mancheno

TUTOR:

Ing. Jorge Dobronski Arcos

CEVALLOS

2024

"Evaluación de diferentes tipos de sustratos en la germinación de semillas de lechuga crespa (*Lactuca sacriola* var. *Sativa L)*".

REVISADO POR:

.....

Ing. Mg. Jorge Dobronski Arcos.

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

Fecha

..... 08/05/2024

Ing. Patricio Nuñez, PhD

PRESIDENTE DE TRIBUNAL

..... 08/05/2024

Ing. Segundo Euclides Curay Quispe, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

..... 08/08/2024

Ing. Mg. Robinson Fabricio Peña Murillo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Wagner Angelo Gamboa Mancheno,** portador de cédula de ciudadanía número: 1104138480, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: **"Evaluación de diferentes tipos de sustratos en la germinación de semillas de lechuga crespa *(Lactuca sacriola var.Sativa L)".***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.



……..

WAGNER ANGELO GAMBOA MANCHENO

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **"Evaluación de diferentes tipos de sustratos en la germinación de semillas de lechuga crespa *(Lactuca sacriola var.Sativa L)".*** 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.



…….

WAGNER ANGELO GAMBOA MANCHENO

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por haber acompañado a lo largo de mis estudios siendo Él mi fortaleza en los momentos de debilidad y angustia, por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y emociones.

A mis padres, de manera especial a mi madre Greis Paulina Mancheno Correa a quien admiro, ya que con su ejemplo de trabajo, esfuerzo y superación me han inculcado muchos valores, por haberme brindado una educación digna en el transcurso de estos años, por las enseñanzas que me brinda diariamente las cuales me ayudaron a fortalecer mis ideales y poder perseguir cada una de mis metas propuestas en la vida.

A mi tío Freddy Paucar, a mis primos y a toda mi familia especialmente a mis hermanos Juan, Andres, Jorge y Camila, quienes han sido mi fortaleza para poder cumplir esta meta, gracias familia por todo su apoyo en mi formación académica e impulsarme a conseguir uno de mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

De manera infinita a Dios y a mis padres por darme la vida

Al Ing. Jorge Dobronski (Tutor del Proyecto de Investigación), por permitir sus valiosos aportes y el apoyo incondicional brindado en el trascurso del Proyecto de Investigación.

A una persona muy especial que me apoyo en mi etapa de estudios muchas gracias. A mi tía Flor Gamboa, a mis hermanos por ser parte fundamental en todas las etapas de mi vida y un ejemplo a seguir de esfuerzo y esmero para alcanzar lo anhelado.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato por brindarme un pequeño espacio en sus instalaciones del saber y a todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron lo posible para culminar el presente estudio

ÍNDICE GENERAL

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN ii
DERECHO DE AUTOR iv
DEDICATORIA v
AGRADECIMIENTO vi
ÍNDICE GENERAL vii
RESUMEN xi
ABSTRACT xii
CAPÍTULO I 13
MARCO TEÓRICO 13
INTRODUCCIÓN 13
1.1. Antecedentes Investigativos 14
1.2. Objetivos 18
Objetivo general 18
Objetivos específicos 18
1.3. Categorías fundamentales 18
1.3.1. El cultivo de lechuga 18
1.3.2. Fases de la germinación 20
1.3.3. Clasificación de los Sustratos 21
1.3.4. Tipos de sustratos 23
CAPÍTULO II 25
METODOLOGÍA 25
2.1 Ubicación: 25
2.2 Caracterización del lugar 25
2.3 Equipos y materiales 25
2.3.1. Materiales 25
2.3.1.1. Material experimental 25
2.3.1.2. Materiales y herramientas 25
2.3.1.2. Materiales de escritorio 25
2.3.1.2. Sustratos 25
2.4. Factores en estudio: 26
2.5. Tratamientos 26
2.6. Diseño Experimental 26
2.6.1. Esquema del diseño experimental 27

2.7. Manejo del experimento 27
2.7.1. Preparación del área de trabajo 27
2.7.2. Delimitación del área de trabajo 27
2.7.3. Proceso de evaluación de las plantas 27
2.7.4. Toma y registro de datos 28
2.8. Variables respuesta 28
2.8.1. Porcentaje de germinación de las semillas de lechuga 28
2.8.2. Coeficiente de velocidad de germinación de semillas de lechuga 28
2.8.3. Características agronómicas de las plántulas de lechuga 28
2.8.4. Materia seca de las plántulas de lechuga 29
CAPÍTULO III 30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 30
3.1. Porcentaje de germinación 30
3.2. Velocidad de Germinación 33
3.3. Características agronómicas en plántulas de lechuga 35
3.4. ANÀLISIS ECONÒMICO 40
CAPÍTULO IV 42
CONCLUSIONES Y REOMENDACIONES 42
4.1. CONCLUSIONES 42
4.2. RECOMENDACIONES 43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 44
ANEXOS 49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de germinación de semillas de lechuga crepa variedad semi-verde sembradas en cuatro tipos de sustratos……..... 30

Tabla 2. Valores de velocidad de germinación expresados en T_{25} y T_{50} de semillas de Lechugas sembradas en cuatro tipos de sustrato.....33

Tabla 3. Longitud de raíces (cm) a los 15 días de emergencia.....35

Tabla 4. ADEVA para la variable de longitud de raíces a los 15 días de emergencia …….……36

Tabla 5. Longitud de raíces (cm) a los 25 días de emergencia.....36

Tabla 6.ADEVA para la variable de longitud de raíces a los 25 días de emergencia.....36

Tabla 7. Prueba de Tukey P<0,01 para las variables de peso fresco y seco.....38

Tabla 8.Prueba de Tukey P<0,01 para la variable de materia seca……..….....39

Tabla 9. Análisis económico por tratamientos en la evaluación de tres tipos de sustrato en la germinación de las plántulas de lechuga crespa.....41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países productores de lechuga a nivel mundial (año 2019) …….. 19
Figura 2. Medición de la longitud de las raíces en plántulas lechuga..... 29
Figura 3. Variación diaria del porcentaje de germinación de semillas de lechuga variedad Semi-verde sobre diferentes tipos de sustratos..... 31
Figura 4. Regresión lineal entre los días y porcentaje de germinación de semillas de lechuga variedad Semi-verde en cuatro tipos de sustratos..... 34
Figura 5. Longitud de raíces en plántulas de lechuga crespa variedad semi-verde sembradas en cuatro tipos de sustratos..... 37
Figura 6. Variación del peso freso y peso seco en plántulas de lechuga crespa por efecto de cuatro tipos de sustrato…….....38
Figura 7. Variación del porcentaje de materia seca en plántulas de lechuga crespa variedad semi-verde…….…….……..39

RESUMEN

A escala mundial la lechuga *(Lactuca sativa)* es una de las hortalizas más populares en la alimentación diaria, por sus amplios benéficos en la salud, sin embargo, factores tales como la falta de inversiones para mejorar los métodos de cultivo han provocado desestimulo en la producción. Por ello, entre las estrategias a ser evaluadas están los estudios sobre producción de semillas que permitan mejorar la producción y la productividad del cultivo. En el presente estudio se evaluó el efecto de diferentes sustratos (humus de lombriz, gallinaza y cascarilla de arroz) en la germinación de semillas de lechuga crespa variedad semi-verde que fueron comparados con un tratamiento testigo (tierra), en cada tratamiento se evaluó el porcentaje y velocidad de germinación durante 6 días, además se evaluó la longitud de las raíces, peso fresco, peso seco y la materia seca a los 15 y 25 días después de la emergencia de las plántulas. De acuerdo con los resultados obtenidos tanto el porcentaje de germinación como la longitud de las raíces fueron afectados por el tipo de sustrato siendo en todos los tipos de sustratos superior al testigo. Adicionalmente, la longitud de las raíces y la materia seca de las plántulas de lechuga, fueron significativamente superiores en plántulas obtenidas de los tres tipos de sustratos. Además, se realizó el análisis económico de cada uno de los tratamientos en el cual se calculó el total de ingresos, beneficio neto por tratamiento y la relación beneficio-costo, donde el T2 obtuvo los menores costos con $13,82 y alcanzaron la mayor relación beneficio-costo de 0,44. En base a los resultados obtenidos, requiere utilizar estudios de campo que permitan validar la presente investigación.

Palabras clave: sustratos, semillas, lechuga, fisiológicos, materia seca, análisis económico.

ABSTRACT

On a global scale, lettuce *(Lactuca sativa)* is one of the most popular vegetables in the daily diet, due to its wide-ranging health benefits. However, factors such as the lack of investment to improve cultivation methods have discouraged production. Therefore, among the strategies to be evaluated are studies on seed production that allow improving crop production and productivity. In the present study, the effect of different substrates (worm humus, chicken manure and rice husk) on the germination of semi-green curly lettuce seeds was evaluated. These were compared with a control treatment (soil). In each treatment, the percentage and speed of germination were evaluated for 6 days. In addition, the length of the roots, fresh weight, dry weight and dry matter were evaluated at 15 and 25 days after the emergence of the seedlings. According to the results obtained, both the germination percentage and the root length were affected by the type of substrate, being higher than the control in all types of substrates. Additionally, the root length and dry matter of lettuce seedlings were significantly higher in seedlings obtained from the three types of substrates. In addition, an economic analysis of each of the treatments was carried out, in which the total income, net benefit per treatment and the benefit-cost ratio were calculated, where T2 obtained the lowest costs with $13.82 and reached the highest benefit-cost ratio of 0.44. Based on the results obtained, field studies are required to validate this research.

Keywords: substrates, seeds, lettuce, physiological, dry matter, economic analysis.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la lechuga *(Lactuca sativa L.)* está considerado como uno de los más importantes del grupo de las hortalizas de hoja; pues es consumida por la gran mayoría de ecuatorianos, principalmente en forma de ensalada, es ampliamente conocida y se cultiva casi en todos los países del mundo. La lechuga presenta una gran diversidad de variedades, dada principalmente por diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento de las plantas. Durante los últimos años la producción de hortalizas ha experimentado un significativo progreso en cuanto a rendimiento y calidad, dentro de ello la superficie cultivada de lechuga ha ido incrementándose, debido en parte a la introducción de nuevos cultivares y el aumento de su consumo (FAO, 2020).

La provincia que tiene la mayor producción es Tungurahua, con 3,256 t de lechugas cultivadas en un área de 640 hectáreas, seguida de Chimborazo con 2,560 t en una extensión de 366 hectáreas. Pichincha se coloca en tercer lugar con 68 hectáreas y una producción de 548 T. Carchi, Imbabura, Azuay y Loja mantiene promedios de entre 45 y 49 hectáreas de sembríos, mientras que Cotopaxi y Cañar registran 4 y 29 hectáreas, respectivamente. Estas cifras, según el estudio, no variaron en los primeros seis meses del 2022 (AbcAgro, 2022).

Aunque la producción de lechugas en el Ecuador oscila entre 7 y 8 tipos, sólo uno tiene el 70% del mercado. Su distribución incluye entre los valles secos y templados de la sierra, en algunos lugares puede estar en terreno elevado, pero protegido de los períodos de heladas y sequías superiores a tres meses, con riego: Mira, Valle del Chota, Pimampiro, Ibarra, Valle de Guaylabamba, San Antonio Pichincha, El Quinche – Puembo, Machachi, Latacunga, Ambato – Huachi, Píllaro, Chambo, Penipe, Guamote, Azog, Quirón, Vilcabamba (Mera, 2019).

De acuerdo con los estándares internacionales de análisis de semillas, la prueba de germinación de las semillas de lechuga debe realizarse sobre y entre papel o arena antes de colocarlas en plástico transparente. Los sustratos de papel se utilizan con

mayor frecuencia en el laboratorio debido a su fácil manipulación y eliminación, según estudios recientes, este tipo de sustrato no crea las condiciones ideales para la germinación de las semillas, el peso fresco y seco de las plántulas se reduce significativamente en comparación con los sustratos comerciales (Pérez et al.,2019)

Con base a lo expuesto, esta investigación se propone determinar la viabilidad de la germinación de semillas de lechuga utilizando sustratos elaborados a partir de materiales residuales o bioresiduos de poscosecha de la provincia de Tungurahua y evaluar el efecto del sustrato sobre el poder de germinación en semillas de lechuga.

1.1. Antecedentes Investigativos

Hay unos escasos estudios que han evaluado el efecto de sustratos sobre la germinación de semillas en diferentes cultivos.

Montúfar (2021) evaluó el efecto de los sustratos comerciales Terracult, Pindstrup plus Orange y Floragard sobre la germinación de semillas de cebolla *(Allium cepa cv. Burguesa)* y fue comparado con un tratamiento testigo que consistió en usar el sustrato recomendado para pruebas de germinación (papel toalla). Para ello se determinó el porcentaje de germinación desde el día 1 al 5, el coeficiente de velocidad de germinación en semillas de cebolla. Una vez obtenidas las plántulas, a los 21 días después de la siembra se evaluó la longitud de raíces, el diámetro, el peso fresco y el peso en seco de bulbos en plántulas obtenidas de tres sustratos comerciales y comparados con el testigo.

Quesada y Méndez (2005) determinaron que la mayoría de las semillas de pepino, brócoli y lechuga tardaron entre cuatro y seis días en emerger en casi todos los sustratos evaluados. Consistentemente las semillas de pepino fueron las primeras en germinar; esta semilla tiene dos cotiledones grandes, si se compara con otras semillas de hortalizas tales como tomate o lechuga. Esto favorece la germinación, aunque las condiciones no sean siempre las idóneas. El brócoli, aunque de menor tamaño que la semilla de pepino, no presentó retrasos en su germinación. La semilla de lechuga por su naturaleza tiene poca reserva; por esta razón especialmente en los sustratos de mayor densidad, tardó más en germinar.

Domínguez (2021) evaluó los sustratos alternativos como el aserrín en la producción de plantas en viveros tecnificados. *Para Pinus pseudostrobus var. apulcensis* (Lindl.) Shaw registraron un mayor diámetro (3,33 mm) y altura (18,58 cm) en plántulas desarrolladas en sustratos compuestos por 80% aserrín + 20% peat moss. No obstante, el menor diámetro (2,43 mm) se dio en la mezcla de 80% aserrín + 20% tierra de monte, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas en comparación con la mezcla compuesta por 80% aserrín + 20% corteza de pino (2,46 mm). Observaron de igual forma, un menor crecimiento en altura (14,60 cm) con el tratamiento constituido de 80% aserrín + 20% corteza de pino, aunque resultara estadísticamente igual a las mezclas de 80% aserrín + 20% tierra de monte (15,40 cm) y de 80% aserrín + 20% agrolita (17,60 cm). Por lo que, hay un mejor crecimiento de las plántulas con el sustrato a base de aserrín con peat moss.

Adicionalmente, existe información disponible sobre el uso de sustratos en la producción de plántulas de jitomate. Así, Lazcano et al. (2021) estudiaron los sustratos peat moss (P) y arena de tezontle (T) los que presentaron los mejores resultados en todas las variables evaluadas y características de calidad de la plántula, y con ello, la arena de tezontle representa una alternativa viable para la producción de plántula de jitomate en charolas e invernadero, al considerar la disponibilidad local. La evaluación de los dos niveles de solución nutritiva Steiner no mostraron diferencias significativas en cuanto a la calidad de plántulas en charolas, a pesar de ello, los valores más altos de las variables se obtuvieron con la concentración al 100%, esto abre la posibilidad de utilizar ambas concentraciones. La aplicación de enraizador (E) en la mitad de los tratamientos estudiados no tuvo un efecto significativo sobre las variables de calidad de plántula producida, por lo tanto, es intrascendente aplicar este producto.

Aparte del efecto del sustrato, se han evaluado otros factores que tienen influencia sobre el desarrollo de plántulas de lechuga. En tal sentido, Rumipamba (2022) estimó la factibilidad para la germinación de semillas de lechuga variedad General la misma que depende de las características de los sustratos a emplear, obtenidos a partir de subproductos agrícolas, en donde múltiples investigaciones efectuadas en los últimos años han demostrado las ventajas de utilizar estos subproductos de nulo o escaso valor comercial, favoreciendo así una demanda creciente de materiales de desecho y

revalorizando a la vez dichos productos como son los casos de subproductos agrícolas de los cultivos de *papa (Solanum tuberosum),* maíz *(Zea mays)* y tomate de árbol *(Solanum betaceum).*

Sharma et al. (2021) estudiaron las propiedades citotóxicas y androgénicas de varios compuestos orgánicos complejos durante la germinación de semillas de Phaseolus mungo y la citotoxicidad contra Allium cepa, demostrando que en concentraciones superiores al 20 %, se produce inhibición de la α-amilasa y cambios en la segregación cromosómica durante la metafase y el anafase. Durante la división celular, lo que lleva a la mitosis y al retraso en el desarrollo cromosómico. Además, se encontraron grietas y fracturas en los tejidos de la cofia radicular en las raíces de Allium cepa, posiblemente debido a la inhibición de las auxinas responsables de la formación de la cofia radicular, lo que sugiere un efecto mutagénico de estos compuestos orgánicos.

Rodríguez et al. (2005) determinaron que el sustrato no tuvo efecto en la emergencia de las plántulas; no obstante, la mayor emergencia (84,5%) se obtuvo en el sustrato preparado con fibra de coco/aserrín en proporción 7:3. Sin embargo, en las variables de crecimiento de las plántulas el efecto de los sustratos fue altamente significativo ($P \leq 0,01$), así la altura fue mayor cuando el sustrato se preparó con vermicomposta/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5) seguido por las plántulas que crecieron en el sustrato tierra de hoja/agrolita (7:3). El crecimiento de las plántulas en estos dos sustratos fue mayor al de aquellas cultivadas en turba, la cual se utiliza comercialmente para la producción de plántulas de papayo. En contraste, las plántulas de menor tamaño se obtuvieron cuando fueron cultivadas en fibra de coco/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5) y fibra de coco/aserrín (7:3) en donde las plántulas presentaron clorosis general a causa de los fenoles liberados por la fibra de coco.

Ilbay (2021) señala que el vigor de la semilla, definido como la capacidad de una semilla para expresar rápidamente su potencial de germinación produciendo plántulas normales en una variedad de condiciones de campo. Estos autores demostraron que, para grandes cantidades de semillas de cebolla de diferente calidad, la tasa de germinación oscilaba entre el 96% y el 98% cuando las semillas eran de alta calidad y vigor, y podía disminuir entre un 84% y un 85% cuando cambia la calidad. Del mismo modo, Bussard (2004) evaluó la germinación y viabilidad de seis

lotes de populares semillas de brócoli y demostró que se utilizaba el método de envejecimiento acelerado de las semillas. Los resultados mostraron que la sal saturada aceleró el envejecimiento (41°C/72 horas) y controló el deterioro (humedad 24%/45°C). 24 horas) son las pruebas más útiles para determinar la viabilidad de las semillas de brócoli. El crecimiento temprano de las plantas, medido por la altura de las plantas y la acumulación de materia seca en el día 56, está influenciado por el vigor de las semillas, principalmente debido a que las diferencias en el potencial fisiológico de las semillas aumentan debido al tiempo de almacenamiento. El efecto del vigor de la semilla no existe durante el crecimiento vegetativo de la planta y no afecta el rendimiento.

Basándose en el efecto de las bacterias nativas sobre la germinación de semillas, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plántulas. Sánchez (2015) nos menciona que la inoculación de semillas con bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB) se presenta como alternativa en la promoción de la germinación; en ese contexto, en la presente tesis, se plantea aislar PGPB nativas de la rizosfera de Cannabis annuum var. piquillo, así como determinar el efecto de su inoculación sobre la germinación de semillas y la emergencia de plántulas de dicha variedad, en condiciones in vitro y de invernadero. Se aisló bacterias a partir de muestras de suelo rizosférico mediante diluciones seriadas; luego se seleccionó a una de ellas para la preparación de inoculantes líquidos, que fueron aplicados en semillas y en una de las variantes del sustrato, bajo diseños experimentales completamente al azar. Se obtuvo trece aislados bacterianos de entre los cuales se seleccionó a Bacillus sp. Para la inoculación. El porcentaje acumulado de germinación de semillas inoculadas en el ensayo in vitro presentó diferencias estadísticamente no significativas en comparación con el control; en contraste, el porcentaje acumulado de emergencia de plántulas obtenido a partir de semillas inoculadas y sembradas en la variante del sustrato no modificado presentó el 100% de emergencia en comparación con los demás tratamientos.

Pérez (2012) manifestó que las semillas de zanahoria de la variedad general utilizando lodos residuales; humus de lodos residuales; humus de lodos residuales con gallinaza y turba. Se observó el área foliar de las plántulas de zanahoria, altura de la planta, longitud total de la planta y el porcentaje de germinación de las semillas

en cada uno de los tratamientos. Encontrándose que la germinación de las semillas de zanahoria sobre los humus de lodos con gallinaza, tiene el mayor porcentaje de germinación 77,6%. Al evaluar el crecimiento vegetativo de las plántulas sobre los diferentes sustratos; no se puede definir que exista uno mejor, sugiriéndose otros estudios. Como conclusión se define que los humus de los lodos son un ambiente propicio para realizar germinación de semillas, lo que puede convertirse en una buena materia prima para ser utilizada en el suelo de cultivos y en otras aplicaciones de la agricultura.

1.2. Objetivos

Objetivo general

Evaluar los diferentes tipos de sustratos en la germinación de semillas de lechuga crespa (*Lactuca scariola* var. *Sativa L*).

Objetivos específicos

- Determinar el sustrato que incide positivamente de germinación de las semillas de lechuga crespa.
- Evaluar el rendimiento de las plántulas obtenidas en cada uno de los diferentes tipos de sustrato.
- Determinar el análisis económico de los diferentes tratamientos en estudio.

1.3. Categorías fundamentales

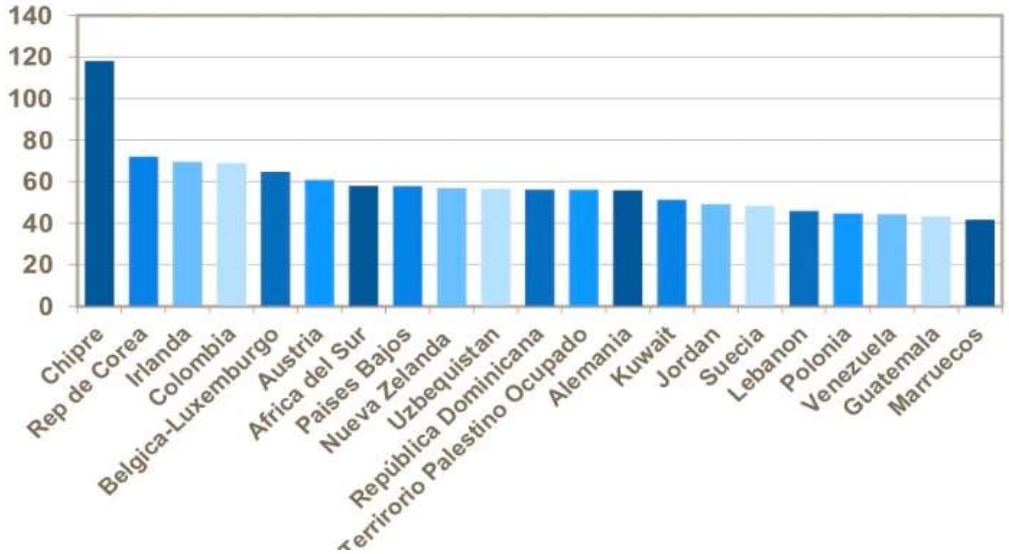
1.3.1. El cultivo de lechuga

La lechuga es una planta herbácea anual, en estado vegetativo, de tallos cortos y carnosos, de 2 a 5 cm de largo, con hojas encarnadas, que pueden formar o no cabezas, cambiando de forma, cantidad, tamaño y color. Dependiendo del nivel de apuesta y diversidad vegetal. El sistema radicular es denso y superficial. A menudo gira, alcanzando una profundidad máxima de 60 cm, con muchas raíces laterales dentro de los primeros 30 cm. En el caso del cultivo mediante siembra y trasplante, se rompe la dominancia apical y las raíces secundarias se regeneran fácilmente, dando lugar a la formación de raíces secundarias. El sistema de raíces es más ramificado y poco profundo (Shimizu y Scott 2014).

Desde el punto de vista de su composición química, los estudios previos han encontrado que el consumo de hojas frescas se utiliza para aliviar el estreñimiento, la debilidad del estómago, la dispepsia, la mucosidad de la garganta y del pecho. Se dice que las hojas producen efectos refrescantes, tranquilizadores, fortificantes y aperitivos. Se usan para proporcionar un sueño tranquilo y reparador, pues fortifican los nervios; además son ideales para reducir el nivel de azúcar en la sangre. El látex es utilizado como calmante y narcótico, La decocción y consumo, al mismo tiempo, de las hojas se considera un remedio eficaz contra estreñimiento, acidez, insomnio, dolor de muelas, inflamación de las encías, nefralgia, dolores reumáticos, tos, catarro bronquial, resfrió y ronquidos (Alvarado et al., 2011).

Entre las hortalizas, la lechuga La lechuga es un cultivo el cual es producido en los 5 continentes del mundo, según los datos de la FAO desde 1961 a 2021 se ha tenido una producción aproximada de 17 millones de toneladas donde Asia a lo largo de la historia aporta con el 52,1% de la producción mundial siendo el continente con mayor producción, luego tenemos: Américas 25,5%; Europa 20%; África 1,6% y Oceanía 0,8%. (FAO, 2020) (Figura 1). Así mismo, de acuerdo con la (FAO, 2020) en el año 2019 en el Ecuador se ha cosechado un área aproximada de tres mil hectáreas, donde se obtuvieron un aproximado de 18.238 toneladas; en el año de 1963 Ecuador obtuvo su mejor rendimiento, ya que en 1500 hectáreas se cosecharon cerca de 25000 toneladas, siendo el año de mayor producción.

Figura 1.Porcentaje de rendimiento de lechuga repollo a nivel mundial (Año 2020)



Fuente: FAO (2020)

La producción de lechuga es muy sensible al medio ambiente y se adapta mejor a los climas templados, mientras que en los climas tropicales la mayoría de las variedades no alcanzan su máximo potencial de producción y no superan algunos efectos de la producción comercial, como los efectos de las altas temperaturas y los días son cortos (Medina, 2020).

Entre los pocos países con una producción récord de lechuga, China es el principal productor, con alrededor de 6 millones de toneladas, seguida de los Estados Unidos con 3 millones de toneladas; Los países restantes que producen menos de un millón de toneladas son Italia, España, India, Francia, Japón, Irán, Turquía y Bélgica (Velásquez, 2014).

1.3.2. Fases de la germinación

Para que las semillas comiencen el proceso de germinación, se deben remojar o la absorción de agua provoca la activación de procesos metabólicos que contribuyen al desarrollo, expansión del embrión y posterior aparición de raíces La mayoría de las partículas permanecen inactivas durante largos períodos de tiempo, principalmente debido a la concentración de compuestos inhibidores como la hormona es el ácido abscísico por lo que estas partículas deben exponerse a la luz o la temperatura perturba el descanso (Mantilla, 2008). Así, existen métodos para la interrupción artificial de la latencia de las semillas se denomina un ejemplo es la escarificación, mediante procesos químicos o mecánicos, escarificar con papel de lija, que ayuda a romper la capa exterior (Morales et al., 2017).

De acuerdo con Mantilla (2008) la germinación se produce en tres fases:

Fase 1: se produce la absorción (absorción inicial de agua para hidratar la semilla) y se produce la activación metabólica, caracterizada por un aumento tanto de la respiración como de la síntesis de proteínas.

Fase 2: En esta etapa, las sustancias de reserva (almidón de glucosa en el endospermo) se digieren y luego se transfieren al embrión.

Fase 3: División celular y crecimiento y desarrollo de plántulas. Para que se produzca la germinación, la semilla debe ser viable, tener un período de latencia y debe tener las condiciones ambientales adecuadas, como disponibilidad de agua, rango de temperatura adecuado y suministro de oxígeno.

En tal sentido, el estudio sobre la influencia de los factores abióticos sobre la germinación es primordial, puesto que, como ya se ha señalado, la influencia de la temperatura, la luz y el sustrato depende de la especie de planta, pudiendo inhibir el proceso de germinación o influir positivamente la supervivencia y el crecimiento de las plántulas y en consecuencia la calidad de las plántulas (Cardoso et al., 2015).

1.3.3. Clasificación de los Sustratos

El sustrato es cualquier material sólido, mineral u orgánico distinto del suelo que puede hacer esto proporcionan nutrientes desde las primeras etapas del desarrollo de las plántulas, lo que a su vez las sustenta y garantiza un desarrollo radicular óptimo, está formado por varias partículas sólidas y espacios vacíos llamados poros, al crear un espacio poroso total, las propiedades físicas del sustrato son visibles, depende de la estructura interna de las partículas, así como del tipo de embalaje y la medición de partículas afecta la capacidad de suministrar agua y aire a las raíces. Desde el punto de vista físico, un buen sustrato debe ser poroso, ligero y tienen buena capacidad de almacenamiento de agua (Mixquititla et al., 2022).

Según con Campusano (2008) los sustratos se clasifican como:

a. materiales orgánicos

Natural. - Se caracterizan porque la mayoría son biodegradables se utiliza comúnmente la turba.

Sintético. - Son polímeros orgánicos no biodegradables obtenidos por el método de síntesis química (espuma de poliuretano, espuma de urea-formaldehído y poli estireno).

Subproductos y residuos de diversas explotaciones agrícolas, ganaderas e industriales, áreas urbanas, etc. Muchos materiales de este grupo deben pasar por este proceso, abonos orgánicos por su utilidad como sustratos (cáscara, estiércol, corteza madera, aserrín, aserrín, residuos de fibra de coco, residuos de corcho, residuos sólidos municipales y lodos de depuradora)

b. materiales inorgánicos

Natural. - Se obtienen de rocas o minerales de diferente origen, cámbiate una y otra vez en pequeñas formas, a través de procedimientos físicos simples, no son biodegradables (arena, grava y suelo volcánico).

Procesado o procesado industrialmente. - De rocas y minerales a tratamientos físicos y a veces químicos: más o menos complejos, sujetos a cambios, especialmente las propiedades iniciales del material de partida (arcilla expandida, lana mineral, perlita y vermiculita).

Residuos y subproductos industriales. Contiene materiales residuales procedentes de distintos tipos de actividades industriales (escorias de alto horno, residuos de carbón, ladrillos y tierra).

Según Orsisa (2002) se describen los siguientes factores:

Soporte de la planta: a medida que las raíces crecen entre las partículas del suelo, le proporcionan a la planta un ancla que sostiene el tallo para que crezca verticalmente.

Humedad: la solución nutritiva debe proporcionar a la planta una fuente de agua, al mismo tiempo que cumple la función de transportar nutrientes, ser disolvente de reacciones bioquímicas en las células y mantener el tono de los tejidos. Por ello, el sustrato debe tener suficiente agua para cubrir las necesidades de la planta entre riegos.

Minerales: las plantas reciben todos los minerales que necesitan de la solución nutritiva, que luego son liberados al medio de cultivo y absorbidos por las raíces. Se prefieren suelos con baja fertilidad porque facilitan el manejo de los fertilizantes, ya que es más fácil agregar los minerales necesarios en cantidades suficientes que eliminarlos cuando son demasiado abundantes en el suelo. Sin embargo, existe el problema de la acumulación de sal, que reduce la disponibilidad de agua o causa daño directo a las raíces, pero si el agua es suficiente, se pueden formar algunos lixiviados, reduciendo su efectividad.

1.3.4. Tipos de sustratos

- **Tierra negra**

Asegura una buena circulación entre las raíces de las plantas, lo cual es esencial, para el crecimiento de las plantas, ya que mejora sus condiciones de supervivencia, los insectos y gusanos beneficiosos también ayudan al flujo de aire para evitar la obstrucción del suelo compacto se vuelve rico en nutrientes porque ciertas bacterias pueden absorberlos, el nitrógeno del aire y depositado en el suelo, haciéndolo disponible, tiene una alta fertilidad por lo que se considera una opción ideal del piso. Agrega textura al suelo rompiendo la superficie y permitiendo que el agua escape proporcionando así la capacidad de activar las propiedades de retención de agua en suelo arenoso (Landil, 2019).

- **Propiedades de la tierra negra**

La tierra recibirá los mejores nutrientes para que obtenga un resultado excelente en cuanto al crecimiento de la planta.

Mejora la textura, dándole la capacidad de retener suficiente agua para proporcionar una buena circulación entre las raíces de la planta, siendo fundamental para un desarrollo de la planta, ya que mejora las condiciones para la supervivencia de insectos provechosos y gusanos que también ayudan al flujo de aire, evitando un suelo compacto.

Se vuelve abundante de nutrientes, ya que algunas bacterias son capaces de absorber el nitrógeno del aire y lo depositan en el suelo, lo que lo lleva a estar disponible para la planta.

Posee un alto nivel de fertilidad, por lo que se considera una opción ideal para las plantas. Aporta textura al suelo, al descomponer la superficie va a permitir el drenaje del agua lo que a su vez va a proporcionar la capacidad de incorporar propiedades de retención de agua en los suelos con mucha arena (Landil, 2019).

- Humus de lombriz

El humus de lombriz es un abono orgánico 100% natural obtenido de los residuos orgánicos con lombrices rojas mejora la porosidad y la retención de humedad,

aumenta el número de colonias y su sobredosis no causa ningún problema, tienen las mejores cualidades, se convierte en fertilizante y este tiene una excelente calidad debido a sus propiedades y composición, os excrementos producidos por las lombrices al descomponer la materia orgánica y el suelo contienen una gran cantidad de enzimas, bacterias y sustancias que activan la vida en el suelo (Narvaez, 2014).

- **Beneficios del humus de lombriz en el suelo**

- Mejora la textura del suelo.
- Aporta un gran número de nutrientes.
- Una mejor aireación del suelo.
- Por sus características consigue retener el agua.
- Las semillas germinan con más facilidad.
- Gran aumento de la flora microbiana.
- Estimula el crecimiento de las plantas y su desarrollo radicular.
- Favorece la absorción de nutrientes en las plantas (Bioagrotecsa, 2017).

- **Compost**

Según Antomarchi et al. (2015) El compostaje se define como la capacidad de convertir de forma sostenible residuos orgánicos en fertilizante agrícola, una mezcla de materia orgánica que se descompone en condiciones aeróbicas, utilizada para mejorar la estructura del suelo y aportar nutrientes.

- **Beneficios del compost**

- Aumentando la capacidad de retención de la humedad del suelo. - Reduciendo el riesgo de erosión.
- Ayudando a regular la temperatura del suelo (temperatura edáfica). - Reduciendo la evaporación del agua y regulando la humedad. Mejora las propiedades químicas: - Aportando macronutrientes, como N, P, K y micronutrientes.
- Mejorando la capacidad de intercambio de cationes. Mejora la actividad biológica, aportando organismos (como bacterias y hongos) capaces de transformar los materiales insolubles del suelo en nutrientes para las plantas y degradar substancias nocivas (Pilar Román, 2013).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Ubicación:

Esta investigación se realizó en la Universidad Técnica de Ambato, campus Querochaca, localizada a una altitud de 2.897 m.s.n.m. sus coordenadas geográficas son: Latitud: 1°22'8"S y Longitud: 78°36'25"W, Altitud 2,865msnm.

2.2 Caracterización del lugar

El cantón Cevallos tiene un clima variable con su temperatura entre 13°C a 20°C, su principal fuente de producción es la agricultura, fundamentalmente la fruticultura y también las hortalizas, actividades avícolas en pequeña escala, entre otras

2.3 Equipos y materiales

2.3.1. Materiales

2.3.1.1. Material experimental

El material vegetal para la presente investigación fueron las semillas de lechuga crespa *(Lactuca scariola var. Sativa L)* variedad semi-verde.

2.3.1.2. Materiales y herramientas

- Balanza
- Agua
- Bandejas

2.3.1.2. Materiales de escritorio

- Computador
- Cámara fotográfica
- Esferos, lápices.
- Marcadores indelebles
- Libreta de campo

2.3.1.2. Sustratos

- Humus de lombriz

- Gallinaza
- Cascarilla de arroz

2.4. Factores en estudio:

Se comparó el efecto de los sustratos comerciales humus de lombriz, gallinaza y cascarilla de arroz sobre la germinación de semillas de lechuga crespa variedad semi-verde y un tratamiento testigo: tierra, que consistirá en usar tierra del sitio. Para ello se determinó el porcentaje de germinación desde el día 1 al 6, la velocidad de germinación en semillas de lechuga crespa. Una vez obtenidas las plántulas, a los 15 días después de la siembra se evaluó la longitud de raíces, el peso fresco y el peso en seco en plántulas obtenidas.

2.5. Tratamientos

Tratamientos	Sustratos
T1	100% T
T2	50% T + 50% HL
T3	50% T + 50% G
T4	50% T + 50% CA
T5	50% T + 20% HL + 20% G + 10% CA

*T=testigo HL=humus de lombriz G=gallinaza CA=cascarilla de arroz

2.6. Diseño Experimental

El ensayo fue conducido en un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones. Todas las variables medidas fueron sometidas a análisis de varianza y aquellas que mostraron diferencias significativas fueron comparadas mediante prueba de medias según Tukey ($p< 0,01$) mediante el programa Statixtix 10.0. Los datos de germinación fueron expresados como porcentaje de germinación, mientras que la velocidad de germinación fue expresada en días. La longitud de raíces en valores promedio (cm), mientras que el peso fresco y peso seco en gramos (g) y el porcentaje de materia seca.

2.6.1. Esquema del diseño experimental

R1	R2	R3	R4	R5
T1	T5	T2	T3	T4
T4	T2	T3	T1	T5
T3	T1	T4	T5	T2
T2	T3	T5	T4	T1
T5	T4	T1	T2	T3

*R=repeticiones T=tratamientos

2.7. Manejo del experimento

2.7.1. Preparación del área de trabajo

Se colocó las bandejas de medidas 60x25 cm en una superficie plana, después se construyó una capa base de material absorbente (aserrín) para evitar exceso de agua y después se prepararon los sustratos de acuerdo con lo mencionado en el la tabla de tratamientos.

2.7.2. Delimitación del área de trabajo

Se estableció los bloques a experimentar en el cultivo en base al diseño experimental.

2.7.3. Proceso de evaluación de las plantas

- Antes de tapar las semillas se incorporó agua adecuadamente por tratamiento para así obtener la humedad adecuada para las semillas.
- Los tratamientos que se utilizó fueron ubicados en bandejas de forma de pirámide invertida.
- Una vez que cubrimos las semillas se tomaron los datos de la fecha de siembra y se colocaron las bandejas en un lugar fresco, durante ese tiempo se agregó 2,5lt de agua por tratamiento cada 3 días y no se expuso al sol directamente.

2.7.4. Toma y registro de datos

La toma de datos se realizó a los días que emergieron las primeras plántulas desde que se sembró las semillas.

2.8. Variables respuesta

2.8.1. Porcentaje de germinación de las semillas de lechuga

Se evaluó el porcentaje de germinación o el porcentaje real de todas las semillas de una muestra que germinaron durante 6 días consecutivos. Es útil para comparar la calidad de la cosecha de semillas en programas y estudios experimentales. La energía de germinación se refiere al porcentaje de semillas de una muestra que germinan durante la prueba antes de alcanzar el número máximo de semillas germinadas diarias. El número de días necesarios para alcanzar este máximo es un período energético. En general, las plántulas producidas a partir de semillas germinadas durante un período de planta saludable son el material de siembra de mayor calidad (Caroca et al., 2016).

Este se calcula por la fórmula:

PG = [(N° semillas germinadas) / (N° semillas sembradas)] x 100.

2.8.2. Coeficiente de velocidad de germinación de semillas de lechuga

Según Rodríguez et al. (2008) se define como el tiempo necesario para que las semillas germinen. Se usó el tiempo de germinación, que es el tiempo necesario para alcanzar el 25 o 50% de germinación (T25 o T50) de la capacidad germinativa.

2.8.3. Características agronómicas de las plántulas de lechuga

A los 15 días después fueron medidos las variables longitud de raíces, el peso fresco y el peso en seco de las plántulas.

La longitud de raíces fue medida mediante una regla graduada desde el pseudotallo hasta el ápice de la raíz, para lo cual fueron consideradas 10 plántulas de cada tratamiento (Fig. 3).

Las plántulas de 15 días fueron pesadas usando una balanza electrónica. Según nos menciona Montufar (2021) que para la obtención del peso seco, las plántulas deben ser sometidas a secado a 80°C en una estufa durante tres días, hasta obtener peso constante.

2.8.4. Materia seca de las plántulas de lechuga

Según nos menciona Barrientos et al. (2015) el procedimiento para para obtener la materia siguiente: una cantidad conocida de producto se deseca a una determinada temperatura hasta obtener un peso constante. El peso obtenido después de la desecación, y calculado su porcentaje, representa el extracto seco. El agua, en los productos líquidos, o la humedad, en los sólidos.

La materia calculo mediante los datos obtenidos del peso fresco y peso seco de las plántulas de lechuga crespa.

$$materia\ seca\% = \frac{Pf}{P} \times 100.$$

Pf: Peso de la muestra después de la desecación.

P: Peso de la muestra de la desecación.



Figura 2. Medición de la longitud de las raíces en plántulas de lechuga.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación de las semillas de lechuga crespa variedad semi-verde mostró variaciones por efecto del sustrato a partir del día dos después de la siembra, cuando se realizó el análisis por día se encontró que no hubo germinación en ninguno de los sustratos durante el día uno, a partir del día dos después de la siembra, se observó el mayor porcentaje de semillas germinadas cuando se usó el sustrato de humus de lombriz (22,8%). Posterior al día dos, todos los sustratos mostraron el más alto porcentaje de germinación sustrato a base de humus de lombriz (24%), seguido del sustrato a base de gallinaza (21,2%), el sustrato a base de humus de lombriz, gallinaza y cascarilla de arroz (21,0%) y el sustrato a base de cascarilla de arroz (20%), los cuales fueron superiores al tratamiento testigo (Tabla 1). A partir del día 3, la germinación fue similar en todos los sustratos, pero todos fueron superiores a la germinación observada en el tratamiento testigo (Fig. 3).

Tabla 1. Porcentaje de germinación de semillas de lechuga crespa variedad semi-verde sembradas en cuatro tipos de sustratos

Tratamiento	Días de germinación					
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
1	0,0 ± 0,000	9,8 ±1,2B	12,9±3,27B	41,1 ±4,4C	64,4 ±4,28B	78,4 ±4,46B
2	0,0 ± 0,000	22,84 ± 3,8A	38,1±4,45A	61,9 ± 3,35A	83,3 ± 3,6A	99,02 ±0,0A
3	0,0 ± 0,000	20,6 ± 4,4A	44,5 ± 5,41A	6 2,5±2,77AB	77,1 ± 4,1A	95,1 ±0,6A
4	0,0 ± 0,000	20,42±3,5 A	35.7±4,95A	60,5±2,8BC	72,7 ±4,4A	91,06±2,7A
5	0,0 ± 0,000	21,14 ± 3,7A	37,9 ±6,40A	62,6±3,27AB	76,4± 4,0A	94,5 ±0,9A

Valores promedios en una columna seguidos de letras diferentes mostraron diferencias significativas según Tukey ($p < 0,01$)

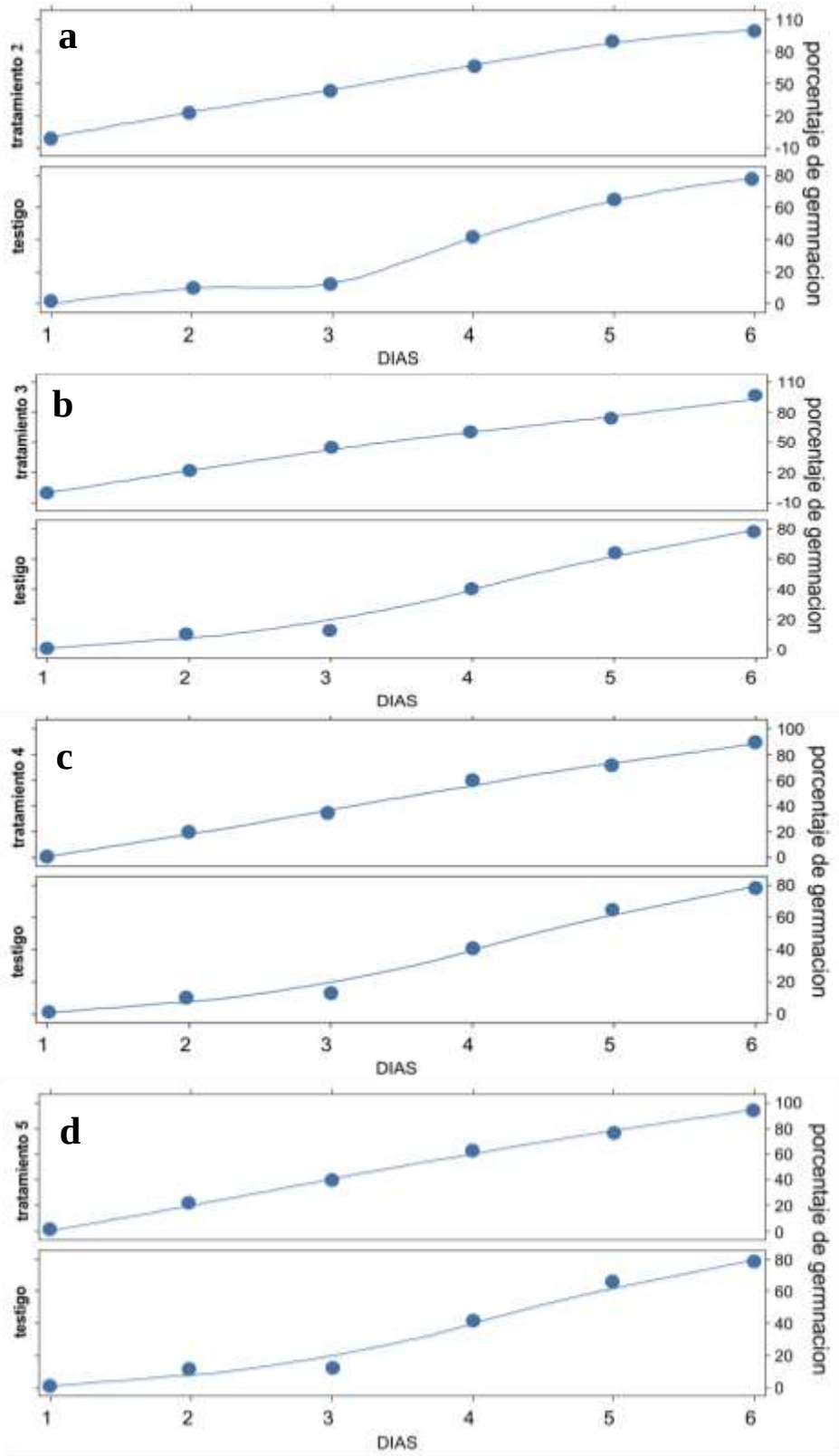


Figura 3. Variación diaria del porcentaje de germinación de semillas de lechuga crespa variedad semi-verde sobre diferentes tipos de sustratos a: humus de lombriz; b: gallinaza; c: cascarilla de arroz; d: humus de lombriz+ gallinaza+cascarilla de arroz

Fernández et al. (2006) evaluaron la germinación de semillas de tomate en bandejas plásticas en diferentes tipos sustratos y desarrollo de plántulas de tomate, evaluaron que los diferentes sustratos obtenidos de la mezcla de compost con la cachaza de caña de azúcar y aserrín de coco molida, en diferentes proporciones, en si mejoraron la germinación y desarrollo de plántulas de tomate, lo que las hace apropiadas para su uso en agricultura.

De acuerdo con Quero et al. (2017) el período de germinación y emergencia de las plántulas es la etapa más vulnerable de un cultivo, puesto que la disminución del porcentaje de emergencia provoca reducción del rendimiento, por ello, el sustrato de germinación debe asegurar una óptima suplencia de agua, contacto entre las semillas y el suelo, aireación, temperatura, buena suplencia de nutrientes y que esté libre de patógenos.

La germinación de las semillas depende del sustrato, aunque los requisitos de las propiedades del sustrato pueden variar según la especie de planta. Fernández et al. (2006) evaluaron sustratos de tres mezclas de compost de cachaza y bagazo de caña de azúcar sobre algunos parámetros vegetativos en plántulas de tomate y a la vez observaron que estas variables fueron superiores cuando crecían sobre el sustrato a base de mezcla de compost de cachaza de caña de azúcar y aserrín mostrando un alto potencial para ser utilizado como sustrato de semilla para la producción de plántulas de tomate, disminuyendo así el uso de turba.

Según Bonilla (2013) nos menciona que los datos registrados en el invernadero respecto al porcentaje de germinación permitieron realizar el análisis de varianza que determinó diferencias altamente significativas para tratamientos, dosis, tiempo de inmersión y para la interacción dosis por tiempo de inmersión, así como para testigo versus resto, de lo que se deduce que los tratamientos aplicados tuvieron incidencia sobre esta variable en mayor o menor grado. El coeficiente de variación alcanzó un 1,57 % y la media tuvo un valor de 68,84 % de germinación

Oliveira et al. (2015) observaron un efecto de interacción de la temperatura y el sustrato sobre el índice de velocidad de germinación de semillas de *Callisthene fasciculata (*Vochysiaceae) encontrando la mayor tasa de germinación con el uso de sustrato de papel a 20 °C y arena a 25 °C. De manera similar, Bocchese et al. (2008)

encontraron que el sustrato arcilloso era más efectivo para la germinación de semillas de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) que el suelo arenoso.

Montufar (2021) observó un efecto de tres sustratos comerciales sobre el índice de velocidad de germinación de semillas de *Allium cepa*, encontrando la mayor tasa de germinación con el uso de sustrato comercial Flogard de manera similar, cuando se realizó el análisis por día se encontró que no hubo germinación en ninguno de los sustratos durante el día 1, pero para el día 2 el sustrato Floragard tuvo el más alto porcentaje de germinación (26,9%), seguido de Pindstrup (20,6%) y Terracult (20,1%), los cuales fueron superiores al tratamiento testigo en un 65,0; 45,6 y 40,0 %, respectivamente. A partir del día 3, la germinación fue similar en todos los sustratos comerciales, pero todos fueron superiores a la germinación observada en el tratamiento testigo.

3.2. Velocidad de germinación

La velocidad de germinación se presentó en una tendencia lineal en todos los sustratos (Fig. 4) y a partir de esta línea recta se logró calcular la velocidad de germinación de las semillas de lechuga variedad semi-verde en diferentes sustratos mostrándose los siguientes T_{25} y T_{50} (Tabla 2). En este sentido, se pudo observar que los menores valores de T_{25} y T_{50} fueron observados cuando se usó el sustrato a base de humus de lombriz, seguido del sustrato a base de gallinaza, seguido del sustrato a base de humus de lombriz, gallinaza y cascarilla de arroz y finalmente el sustrato a base de cascarilla de arroz, todos ellos resultaron menores al tratamiento testigo: tierra.

La velocidad de germinación es un parámetro muy importante porque permite predecir si la germinación de la semilla será más lenta o más rápida. Esto también puede servir como indicador para inferir el tiempo promedio para el establecimiento de las plántulas de semilleros o viveros (Sánchez et al., 2015).

Tabla 2. Valores de velocidad de germinación expresados en T_{25} y T_{50} de semillas de lechuga crespa sembradas en cuatro tipos de sustrato

Tratamiento	T_{25}	T_{50}	Ecuación	R^2
Testigo	2,11	3,94	y = 16,257x - 19,917	0,9898
2	2,12	3,32	y = 20,446x - 17,693	0,9924
3	1,98	3,56	y = 18,414x - 15,193	0,9922
4	1,90	3,88	y = 17,969x - 17,007	0,9918
5	2,02	3,04	y = 19,140x - 17,54	0,9962

Valores obtenidos de la curva de regresión lineal

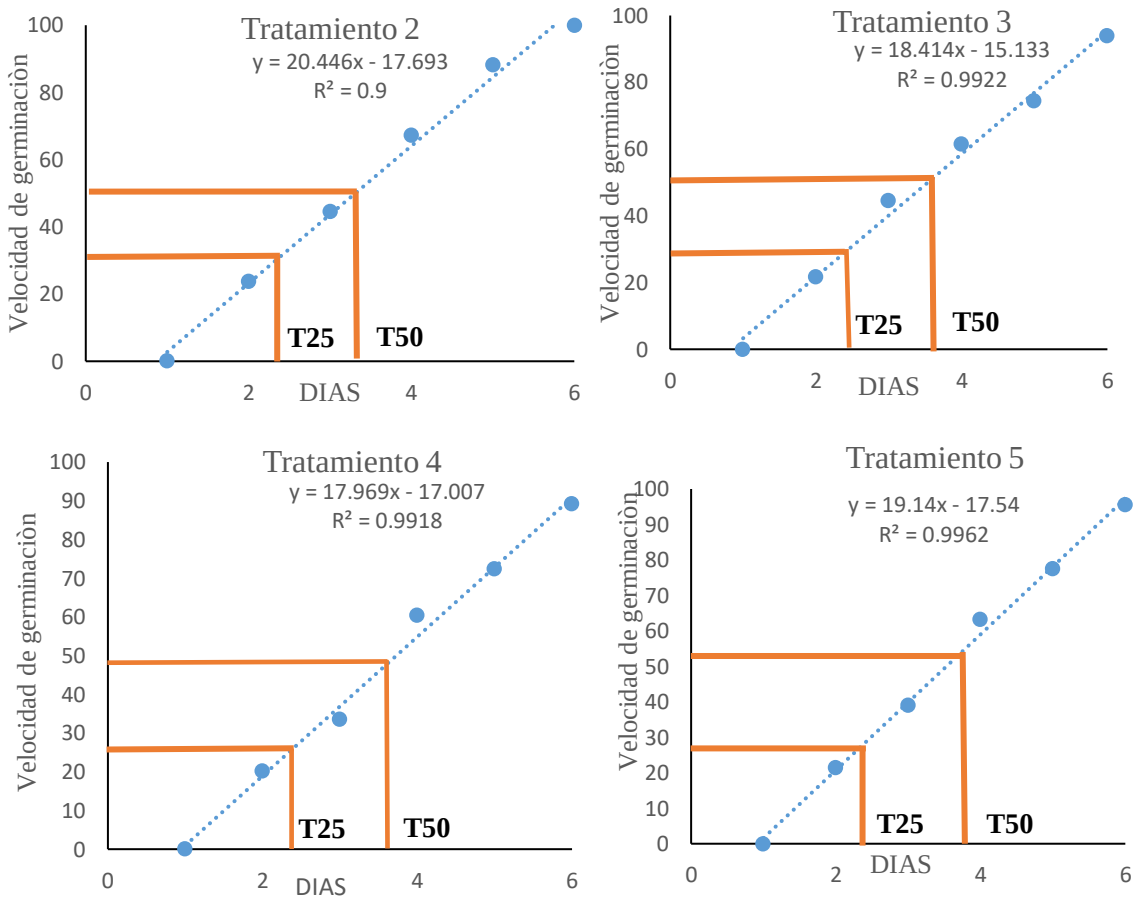


Figura 4. Regresión lineal entre los días y porcentaje de germinación de semillas de lechuga variedad semi-verde en cuatro tipos de sustratos

Con respecto a la velocidad germinativa se pudo observar los valores de semillas germinadas de lechuga crespa por tratamiento cuyos datos fueron recogidos a los primeros días de haber sembrado, se puede observar que la mayor velocidad germinativa diaria lo presento el T2 en el sustrato de humus de lombriz, con un índice de 0,37 germinaciones/día seguido por los tratamientos T5, T3 y T4. Mientras que Ferreira y Gentil (2017) consiguieron una velocidad germinativa de 0,82 germinaciones/día, igualmente Albuquerque (2017) alcanzó 0,7 germinaciones/día, por lo tanto, se puede aclarar que los sustratos utilizados por ambos investigadores han logrado la mejor absorción en las semillas y la mayor velocidad de germinación en las partículas estimulantes en ambos experimentos preparando la hidratación en 48 horas.

3.3. Características agronómicas en plántulas de lechuga

Mediante la evaluación realizada a los 15 días después de la emergencia la mayor longitud de raíces fue observada en plántulas crecidas sobre el tratamiento 2 (7,5cm) y el tratamiento 5 (7,1cm) respectivamente, lo cual resultó ser 38,6 y 32,3% superior al testigo (tabla 3). A los 25 días después de la emergencia, las raíces de plántulas crecidas sobre el tratamiento 2 (9,6cm) tuvieron mayor longitud, siendo 31,5% superior al testigo (tabla 5). El testigo se diferenció del resto de los tratamientos y el coeficiente de variación a los 15 es de 1,89% (tabla 4) y a los 25 días es de 1,13% (tabla 6) los tratamientos son estadísticamente diferentes.

Tabla 3: longitud de raíces (cm) a los 15 días de emergencia

Tratamiento	T	TH	TG	TCA	THGCA	Total	Media (cm)
T1	5,2	5,4	5,2	5,3	5,3	26,4	5,28
T2	7,5	7,4	7,5	7,4	7,5	37,3	7,46
T3	6,3	6,8	6,7	6,8	6,9	33,5	6,70
T4	6,2	6,3	6,2	6,3	6,4	31,4	6,30
T5	7,0	7,1	7,2	7,1	7,0	35,4	7,08

Fuente: Elaboración Angelo Gamboa

Tabla 4: ADEVA para la variable de longitud de raíces a los 15 días de emergencia

FdeV	Gl	SC	MC	F	P
Trat	4	14,0296	3,50740	1,74	0,00
Error	12	100,121	8,3434		
Total	20	323,87			
Gran media 6,5640			CV	1,89	

Fuente: Elaboración Angelo Gamboa

Tabla 5: longitud de raíces (cm) a los 25 días de emergencia

Tratamiento	TH	TG	TCA	THGCA	T	Total	Media (cm)
T1	7,2	7,2	7,3	7,4	7,4	36,5	7,02
T2	9,5	9,4	9,6	9,5	9,4	47,4	9,48
T3	8,4	8,4	8,6	8,6	8,4	42,4	8,48
T4	8,2	8,4	8,4	8,2	8,4	41,6	8,32
T5	8,9	8,8	8,8	8,9	8,8	44,2	8,84

Fuente: Elaboración Angelo Gamboa

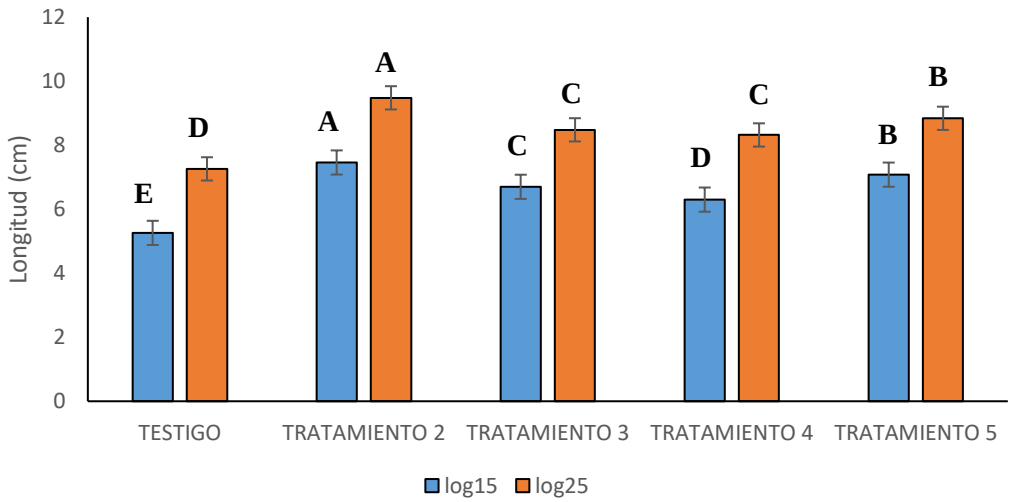
Tabla 6: ADEVA para la variable de longitud de raíces a los 25 días de emergencia

FdeV	Gl	SC	MC	F	P
Trat	4	12,9760	3,2440	2,90	0,00
Error	9,7	0,1840	0,0920		
Total	24	323,87			
Gran media 6,5640			CV	1,13	

Fuente: Elaboración Angelo Gamboa

Figura 5.

Longitud de raíces en plántulas de lechuga crespa variedad semi-verde sembradas en cuatro tipos de sustratos



Se observó el efecto del tipo de sustrato sobre la longitud de las raíces de plántulas de lechuga crespa variedad semi-verde, siendo todos los tratamientos estadísticamente superiores al testigo tanto a los 15 como a los 25 días después de la emergencia (Fig. 5). Ortega et al. (2010) nos mencionan que las variaciones en el diámetro y la longitud de las raíces, así como el sistema de conexión con las hojas y los tallos, demuestran las principales adaptaciones de las raíces a los sustratos de crecimiento, permite un mejor y mayor transporte de nutrientes, promueve un mejor anclaje y resistencia al desprendimiento.

El peso freso y peso seco de plántulas de lechuga presentaron variaciones por efecto del sustrato (Fig. 6), donde las plántulas que crecieron en el tratamiento 2 alcanzaron el mayor peso fresco y seco, siendo el peso fresco 70,1% mayor con respecto al testigo, mientras que el peso seco fue 22,59% mayor. Así mismo, el peso fresco de las plantas que crecieron en el tratamiento 2 (43,7%) y el tratamiento 5 (25%) mayor al testigo, mientras que con relación al peso seco se observó que fue 66,5 y 55,5 % superior al testigo.

Mediante la prueba de significación de Tukey $P<0,01$ se pudo observar 4 rangos en el rango A el tratamiento T2 obtuvo el mayor peso fresco 0,9320g y peso seco 0,3540g seguidamente comparten los rangos B, y C los tratamientos T3, T4, Y T5

respectivamente. El tratamiento con menor peso fresco y peso seco son el testigo con un valor promedio de 0,5160g y 0,0800g ubicándose en el rango D (tabla 7).

Tabla 7: Prueba de Tukey P<0,01 para las variables de peso fresco y seco

Tratamientos	Peso fresco		Peso seco	
T1	0,6580	C	0,0800	D
T2	0,9320	A	0,3540	A
T3	0,5160	D	0,1880	C
T4	0,6040	C	0,1800	C
T5	0,8100	B	0,2440	B

Fuente: Elaboración Angelo Gamboa

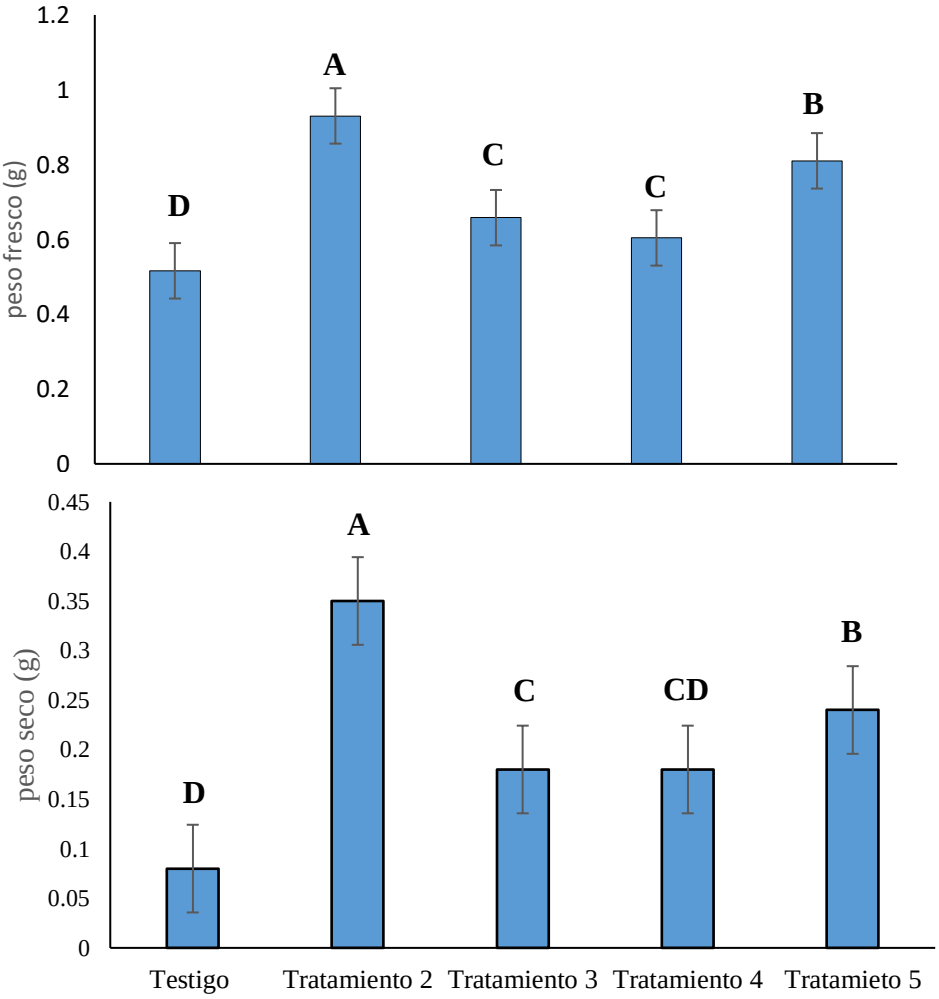


Figura 6. Variación del peso freso y peso seco en plántulas de lechuga crespa por efecto de diferentes tres tipos de sustrato

La materia seca de las plántulas de lechuga crespa presentó un cambio por causa del sustrato (Fig.7) donde los resultados que muestran que el porcentaje de materia seca que se observó en el tratamiento 2 fue un 40,7% mayor en referencia al testigo mientras que con relación a los demás sustratos fueron significativamente superiores con un 55,6; 48,7 y 47% respectivamente en relación con el testigo.

Mediante la prueba de significación de Tukey P<0,01 se pudo observar 5 rangos en el rango A el tratamiento T2 obtuvo el mayor porcentaje de materia seca 37,600%, seguidamente comparten los rangos B, C y D los tratamientos T3, T4, Y T5 respectivamente. Finalmente, el tratamiento con menor porcentaje de materia seca es el testigo con un valor promedio de 15,304% ubicándose en el rango E (tabla 8).

Tabla 8: Prueba de Tukey P<0,01 para la variable de materia seca

Tratamiento	Media	Rango
T1	15,304	E
T2	37,600	A
T3	34,610	B
TC4	30,000	C
T5	29,620	D

Fuente: Elaboración Angelo Gamboa

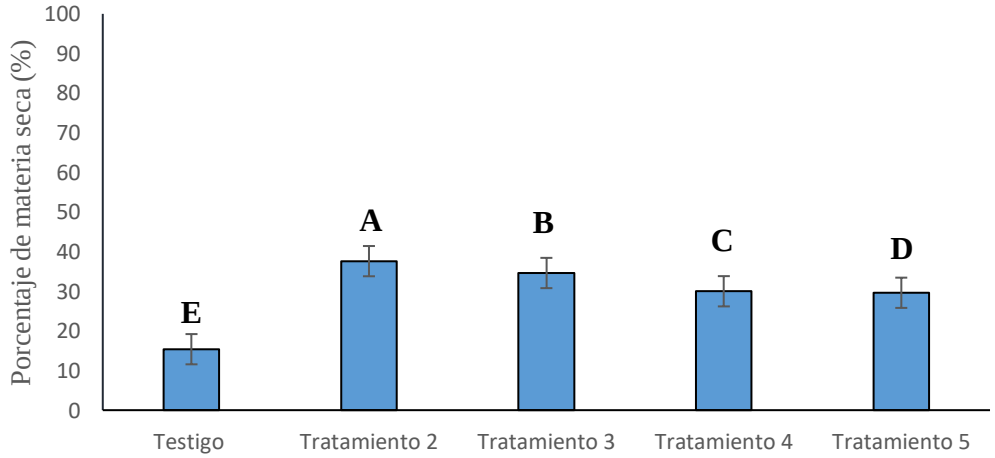


Figura 7. Variación del porcentaje de materia seca en plántulas de lechuga crespa variedad semi-verde

Adicionalemte, Defilipis et al. (2005) señalaron que la mayor acumulación de materia seca en plantas de lechuga podría ser consecuencia de la porosidad y capacidad de retención de agua del sustrato usado en la producción del cultivo, en sí, el cultivo restringido representa una desventaja productiva, al disminuir su calidad comercial, respecto a otro en condiciones hídricas adecuadas. Puesto que, según lo que mencionan los autores, un sustrato con una porosidad mínima del 75% permite una gran retención de agua, aire y agua, pero se necesita tener acondicionamiento en la distribución de tamaños de partículas.

3.4. ANÀLISIS ECONÒMICO

Para el análisis económico por tratamiento se tomó en cuenta los precios de plántulas de lechuga crespa variedad semi-verde, se hizo un monitoreo de costos de las plántulas de lechuga crespa en el mercado para establecer un precio referencial por plántula, siendo multiplicado por el número total de plantas de cada tratamiento, posteriormente se calculó el total de ingresos, beneficio neto por tratamiento y la relación beneficio costo.

El tratamiento con mayor costo de producción fue T5, con $17.65, mientras en más rentable y que mejores características vegetativas presento fue el tratamiento 3, con $15.25. El T2 obtuvo menores costos con $13.82. En cuanto a los mayores ingresos económicos al contar con una cantidad homogénea de plantas se observó un ingreso de USD 20 en todos los tratamientos.

Con los valores de costos e ingresos por tratamiento se calcularon los beneficios netos actualizados, encontrándose valores positivos en todos los tratamientos, en donde los ingresos superaron a los costos. La actualización de los costos se hizo con la tasa de interés bancaria del 12% anual y considerando el tiempo que duró el ensayo. La relación beneficio costo, presenta valores positivos, encontrando que el tratamiento conformado por 50% de tierra + 50% de humus de lombriz (T2), en donde los beneficios netos obtenidos fueron 0,44 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad (tabla 9).

Tabla 9. Análisis económico por tratamientos en la evaluación de tres tipos de sustrato en la germinación de las plántulas de lechuga crespa

rubros	COSTOS USD				
	Testigo	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5
Insumos					
Semillas	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17
Aserrín	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
Cascarilla de arroz				1,25	1,25
Gallinaza			1.5		1,5
Humus de lombriz		1.15			1,15
Subtotal	**4,36**	**5,51**	**5,86**	**5,61**	**8,26**
Materiales					
Bomba manual	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
Plástico	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Fundas	0,58		0,58	0,58	0,58
Subtotal	**6,64**	**6,06**	**6,64**	**6,64**	**6,64**
Labores					
Labores culturales	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Siembra	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Controles	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Aplicaciones	0,5		0,5	0,5	0,5
Subtotal	**2,75**	**2,25**	**2,75**	**2,75**	**2,75**
Total/Tratamiento USD	**13,75**	**13,82**	**15,25**	**15**	**17,65**
Rubros	**INGRESOS**				
Plantas/tratamiento	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
*Precio/planta	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
Total de Ingresos	18	18	18	18	18
Beneficio Neto	4,25	4,18	2,75	3	0,35
RB/C	0,31	0,30	0,31	0,2	0,019

Fuente: Elaboración Angelo Gamboa

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y REOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Mediante la implementación del proceso de compostaje para la obtención de tres sustratos a partir de estiércol de animales y residuo vegetal como la cascarilla de arroz, aplicadas en la eficiencia de germinación de semillas de lechuga crespa variedad semi-verde, se determinó que el sustrato que mejores resultados presentó fue aquel obtenido a partir de humus de lombriz, con plántulas de altura promedio de 3,03 mm, demostrando así que los sistemas de compostaje para la obtención de sustratos son una alternativa viable para la producción de hortalizas.

El porcentaje de germinación en semillas de lechuga crespa fue superior en los sustratos a base de humus de lombriz, gallinaza y cascarillas de arroz siendo así un 24; 21,2 y 20% respectivamente en relación con los promedios observados en el tratamiento testigo. De manera similar las semillas mostraron una mayor velocidad de germinación en los sustratos: humus de lombriz, gallinaza y cascarilla de arroz. De tal manera que, estos sustratos permiten expresar la potencialidad de germinación de la semilla de lechuga variedad semi-verde, asegurando la producción de plántulas de mayor calidad, lo cual podría estar asociado con un mayor rendimiento en campo.

Del análisis económico se concluye, el tratamiento T2 alcanzo la mayor relación beneficio costo de 0.30 siendo el tratamiento con mayor rentabilidad desde el punto de vista económico

Los mejores resultados se alcanzaron con el tratamiento 2, el cual está conformado por 50% tierra + 50% de humus al obtenerse el mejor crecimiento y desarrollo tanto de la parte aérea, como del sistema radicular, al reportar las plántulas que se desarrollaron en estas condiciones: mejor porcentaje de emergencia (99,03%), mayor crecimiento en altura de plántula, tanto a los 15 días (7,46 cm), como a los 25 días (9,48 cm) de la siembra. Se observó también el mejor crecimiento en longitud del sistema radicular (9,48 cm).

4.2. RECOMENDACIONES

En vista de los resultados positivos obtenidos en el presente estudio, se sugiere realizar estudios de campo para determinar el porcentaje de pegue y el rendimiento de plántulas obtenidas a partir de sustratos orgánicos.

Se recomienda tomar en cuenta los factores que influyen en la germinación de las semillas como la temperatura, luz y humedad ya que estas pueden afectar directamente al proceso de germinación y la calidad de la planta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AbcAgro. 2002. El cultivo de la lechuga. Disponible en: http://www.abcagro.com/hortalizas/lechuga.asp

Bonilla Ponluisa, W. E. (2013). *Escarificación química de la semilla de mora de castilla (Rubus glaucus Benth) variedad colombiana sin espinas* (Bachelor's thesis).

Alvarado, D. C. (2011). Seminario de Agronegocios Lechugas hidropónicas. Universidad del Pacifico. Facultad de Administración y Contabilidad. Lima, Lima, 96 p.

Antomarchi, A. B. (2015). Efectos de diferentes dosis de abono orgánico tipo bocashi en indicadores morfológicos y productivos del cultivo de pimiento (Capsicum annuum L.) var. California Wonder. Centro Agrícola, 42(4), 5-9.

Barrientos Llanos, H., del Castillo Gutiérrez, C. R., & García Cárdenas, M. (2015). Análisis de crecimiento funcional, acumulación de biomasa y translocación de materia seca de ocho hortalizas cultivadas en invernadero. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 2(1), 76-86.

Bioagrotecsa. (04 de 04 de 2017). Obtenido de Humus de Lombriz : Av. Rodrigo Pachano y Montalvo Edificio Park Oficina 502 bioagrotecsa@hotmail.com

Bocchese, R. A., De Oliveira, A. K. M., Melotto, A. M., Fernandes, V., Laura, V. A. (2008). Efeito de diferentes tipos de solos na germinação de sementes de Tabebuia heptaphylla, em casa telada. Cerne, 14(1), 62–67.

Bussard, L. (2004). Cultivo Hortícola. 4ta. Edicion. Barcelona, España. Ed. Salvat.

Campusano Granda, S. L. (2008). Respuesta a la aplicación de un fertilizante orgánico "fossilshell Agro" en la germinación de cacao "*Theobroma cacao*" usando cinco dosis en cuatro tipos de sustratos (Doctoral dissertation, Tesis. Guayaquil: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias).

Cano, M. A. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, Trichoderma spp. y Pseudomonas spp. Una revisión. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 14(2), 15-31.

Cardoso, A. (2015). Fatores ambientais na germinação de sementes e na sobrevivência e crescimento inicial de plántulas de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.). Journal of Seed Science, 37(2), 111–116. Obtenido de https://doi.org/10.1590/2317-1545v37n2145054

Claudia Pérez-Mendoza,Ma del Rosario Tovar-Gómez, Guillermo Carrillo, Castañeda, Javier Suarez-Espinosa, Gabino García de los Santos (2019). Vacuum test and type of substrate on the germination and vigor of seeds of Gossypium spp. Horticulture International Journal. 3(3), 166–171. Obtenido de https://doi.org/10.15406/hij.2019.03.00125

Defilipis, C., Jimenez, A., y Bouzo, C. Acumulación de materia seca en lechuga (Lactuca sativa L.) con riego deficitario. Universidad Nacional de Luján.

Domínguez-Liévano, A., y Espinosa-Zaragoza, S. (2021). Evaluación de sustratos alternativos en la germinación y crecimiento inicial de Hymenaea courbaril L. en condiciones de vivero. Revista Forestal del Perú, 36(1), 107-117.

FAO. (2020). Datos de Cultivos. FAOSTAT. Obtenido de http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC

Fernández-Bravo, C., Urdaneta, N., Silva, W., Poliszuk, H., y Marín, M. (2006). Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cvRío Grande sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos. Revista de la Facultad de Agronomía, 23(2), 188-196.

Fernández-Bravo, C., Urdaneta, N., Silva, W., Poliszuk, H., y Marín, M. (2006). Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cvRío Grande sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos. *Revista de la Facultad de Agronomía*, *23*(2), 188-196.

Ilbay, L. (2021). “Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plantulas de brocoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*)”. Tesis de grado. Universidad Técnica de Ambato.

Landil, I. A. (14 de diciembre de 2019). Cultivo de Papaya. (J. Chóez, Entrevistador)

Landil, J. E. (2020). Evaluación de cuatro tipos de sustratos para la producción de plántulas de papaya (*Carica papaya* L.) en fase de vivero en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí (Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM).

Lazcano-Bello, M. I., Sandoval-Castro, E., Tornero-Campante, M. A., Hernández-Hernández, B. N., Ocampo-Fletes, I., y Díaz-Ruíz, R. (2021). Evaluación de sustratos, solución nutritiva y enraizador en producción de plántulas de jitomate. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 12(1), 61-76.

Mantilla, A. J. (2008). Desarrollo y germinación de las semillas. Obtenido de ResearchGate: https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2016/08/matilla-2008.pdf

Mera, M., Recalde, E., Lema, K., Vroxwlrq, K. G., y Wkh, R. U. (2019). Evaluación de Soluciones de Microalgas (*Scenedesmus* Sp) como Bioestimulante Natural en el Cultivo Hidropónico de Lechuga (*Lactuca Sativa*). Axioma, 1(21), 53–60. https://doi.org/10.26621/xv21.2019.12.a06.pucesi.2550.6684

Mixquititla Casbis, G. V. (2022). Propiedades físicas y químicas de sustratos en función de su granulometría y componente orgánico-mineral. Acta Agrícola y Pecuaria, 8(1), 1-9. Obtenido de https://doi.org/https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081007

Montúfar Villacís, K. A. (2021). Evaluación de diferentes sustratos comerciales sobre la viabilidad de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.). (Bachelor's thesis).

Morales Santos, M. E. (2017). Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Silvestre, domesticado y su progenie. SciELO, 51(1), 43-62. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000100043

Narváez, R. V. (2014). Evaluación de tres sustratos y cuatro dosis de humus para la produccion de primula (*Primula acaulis*), bajo invernadero. Obtenido de http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2775/1/T-UCE-0004-83.pd

Ortega-Martínez, L. D., Sánchez-Olarte, J., Ocampo-Mendoza, J., Sandoval-Castro, E., Salcido-Ramos, B. A., y Manzo-Ramos, F. (2010). Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Ra Ximhai, 6(3), 339-346.

Pérez Mendoza, C., Hernández Livera, A., González Cossio, F. V., García de los Santos, G., Carballo Carballo, A., Vásquez Rojas, T. R., y Tovar Gómez, M. D. R. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura técnica en México*, *32*(3), 341-352.

Pérez Rodríguez, L. J. (2012). Evaluación del uso de sustratos preparados con lodos residuales en la germinación de semillas de zanahoria *Daucus carota* L.

Pilar Román, M. M. (2013). Manual del compostaje del agricultor. (i. 9.-9.-5.-3.-8. Impresa), ed.) Obtenido de manual del compostaje del agricultor: http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf

Quero-Carrillo, A. R., Hernández-Guzmán, F. J., Pérez-Rodríuez, P., Pool, D., Landa-Salgado, P., y Nieto-Aquino, R. (2017). Germinación y emergencia diaria de cariópsides y diásporas de pastos nativos e introducidos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *40*(1), 35-44.

Quesada Roldán, G., y Méndez Soto, C. (2005). Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. Agronomía mesoamericana, 16(2), 171-183.

Rodríguez, I. G. (2008). Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. Agricultura, 8, 836–842.

Rodríguez-Delfín, A. H. (2005). Evaluation of growth and yield of "roja arequipeña" onion grown in two natural substrates. Acta Horticulturae, 697, 505–510. Obtenido de https://doi.org/10.17660/actahortic.2005.697.65

Rolando Caroca, N. Z. (2016). efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.). Scielo. Obtenido de http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902016000200002

Rumipamba Curicama, M. F. (2022). Evaluación de sustratos orgánicos a base de subproductos agrícolas en la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad General. (Bachelor's thesis).

Sánchez, J. A., Montejo, L., Gamboa, A., Albert-Puentes, D., y Hernández, F. (2015). Germinación y dormancia de arbustos y trepadoras del bosque siempreverde de la Sierra del Rosario, Cuba. Pastos y Forrajes, 38(1), 11-28. Sharma, P. P. (2021). Residual pollutants in treated pulp paper mill wastewater and their phytotoxicity and cytotoxicity in Allium cepa. Environmental Geochemistry and Health, En Imprent.

Shimizu, T., y Scott, G. (2014). Los supermercados y cambios en la cadena productiva para la papa en el Perú. Revista Latinoamericana de la papa, 18(1), 77-103.

Velásquez V, P., Ruíz E, H., Chaves J, G., & Luna C, C. (2014). Productivity of lettuce *Lactuca sativa* in high tunnel conditions on Vitric haplustands soil.

ANEXOS

1. Análisis de varianza para porcentaje de Germinación

Completely Randomized AOV for Dia1

Source	DF	SS	MS	F	P
TRATAMIEN	4	0,00000	0,00000	M	M
Error	20	0,00000	0,00000		
Total	24	0,00000			

Grand Mean 0,0000 CV M

WARNING: The total sum of squares is too small to continue.
The dependent variable may be nearly constant.

Completely Randomized AOV for Dia2

Source	DF	SS	MS	F	P
TRATAMIEN	4				

Completely Randomized AOV for Dia2

Source	DF	SS	MS	F	P
TRATAMIEN	4	520,022	130,005	16,39	0,0000
Error	20	158,640	7,932		
Total	24	678,662			

Grand Mean 18,856 CV 14,94

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1,74	0,1807
O'Brien's Test	1,28	0,3114
Brown and Forsythe Test	0,81	0,5312

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
TRATAMIEN	4,0	M	M
Error	M		

Component of variance for between groups 24,4147
Effective cell size 5,0

TRATAMIEN	Mean
1	9,800
2	20,840
3	22,080
4	20,420
5	21,140

Observations per Mean 5
Standard Error of a Mean 1,2595
Std Error (Diff of 2 Means) 1,7812

Completely Randomized AOV for Dia3

Source	DF	SS	MS	F	P
TRATAMIEN	4	2957,77	739,442	16,06	0,0000
Error	20	920,74	46,037		
Total	24	3878,50			

Grand Mean 33,852 CV 20,04

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1,64	0,2032
O'Brien's Test	1,21	0,3393
Brown and Forsythe Test	0,75	0,5725

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
TRATAMIEN	4,0	M	M
Error	M		

Component of variance for between groups 138,681
Effective cell size 5,0

TRATAMIEN	Mean
1	12,900
2	38,180
3	44,500
4	35,700
5	37,980

Observations per Mean 5
Standard Error of a Mean 3,0344
Std Error (Diff of 2 Means) 4,2912

Completely Randomized AOV for Dia4

Source	DF	SS	MS	F	P
TRATAMIEN	4	1737,95	434,488	15,17	0,0000
Error	20	572,64	28,632		
Total	24	2310,60			

Grand Mean 57,756 CV 9,26

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1,72	0,1848
O'Brien's Test	1,26	0,3166
Brown and Forsythe Test	0,80	0,5365

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
TRATAMIEN	4,0	M	M
Error	M		

Component of variance for between groups 81,1712
Effective cell size 5,0

TRATAMIEN	Mean
1	41,150
2	61,910

3	62,540
4	60,520
5	62,660
Observations per Mean	5
Standard Error of a Mean	2,3930
Std Error (Diff of 2 Means)	3,3842

Completely Randomized AOV for Dia5

Source	DF	SS	MS	F	P
TRATAMIEN	4	964,57	241,142	7,74	0,0006
Error	20	622,77	31,139		
Total	24	1587,34			

Grand Mean 74,830 CV 7,46

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1,45	0,2545
O'Brien's Test	1,07	0,3995
Brown and Forsythe Test	0,61	0,6613

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
TRATAMIEN	4,0	111,40	0,0000
Error	8,0		

Component of variance for between groups	42,0007
Effective cell size	5,0

TRATAMIEN	Mean
1	64,460
2	83,370
3	77,140
4	72,720
5	76,460

Observations per Mean	5
Standard Error of a Mean	2,4955
Std Error (Diff of 2 Means)	3,5292

Completely Randomized AOV for Dia6

Source	DF	SS	MS	F	P
TRATAMIEN	4	1055,34	263,835	11,50	0,0001
Error	20	458,99	22,949		
Total	24	1514,32			

Grand Mean 90,768 CV 5,28

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1,56	0,2228
O'Brien's Test	1,15	0,3629
Brown and Forsythe Test	0,58	0,6838

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
TRATAMIEN	4,0	M	M
Error	M		

Component of variance for between groups 48,1771
Effective cell size 5,0

TRATAMIEN	Mean
1	78,400
2	95,680
3	95,120
4	90,060
5	94,580

Observations per Mean 5
Standard Error of a Mean 2,1424
Std Error (Diff of 2 Means) 3,0298

2. Prueba de Medias para porcentaje de Germinación

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Dia2 by TRATAMIEN

TRATAMIEN	Mean	Homogeneous Groups
3	22,080	A
5	21,140	A
2	20,840	A
4	20,420	A
1	9,8000	B

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 1,7812
Critical Q Value 4,232 Critical Value for Comparison 5,3304
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 Dia3 by TRATAMIEN

TRATAMIEN	Mean	Homogeneous Groups
3	44,500	A
2	38,180	A
5	37,980	A
4	35,700	A
1	12,900	B

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 4,2912
Critical Q Value 4,232 Critical Value for Comparison 12,842
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 Dia4 by TRATAMIEN

TRATAMIEN	Mean	Homogeneous Groups
5	62,660	A
3	62,540	A
2	61,910	A
4	60,520	A
1	41,150	B

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 3,3842
Critical Q Value 4,232 Critical Value for Comparison 10,127
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 Dia5 by TRATAMIEN

TRATAMIEN	Mean	Homogeneous Groups
2	83,370	A
3	77,140	AB
5	76,460	AB
4	72,720	BC
1	64,460	C

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 3,5292
Critical Q Value 4,232 Critical Value for Comparison 10,561
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 Dia6 by TRATAMIEN

TRATAMIEN	Mean	Homogeneous Groups
2	95,680	A
3	95,120	A
5	94,580	A
4	90,060	A
1	78,400	B

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 3,0298
Critical Q Value 4,232 Critical Value for Comparison 9,0668
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

3. Análisis de varianza para Longitud de raices

Completely Randomized AOV for LOG15

Source	DF	SS	MS	F	P
TRATAMIEN	4	14,0296	3,50740	227,75	0,0000
Error	20	0,3080	0,01540		
Total	24	14,3376			

Grand Mean 6,5640 CV 1,89

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1,74	0,1805
O'Brien's Test	1,28	0,3112
Brown and Forsythe Test	0,78	0,5502

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
TRATAMIEN	4,0	552,54	0,0000
Error	9,8		

Component of variance for between groups 0,69840
Effective cell size 5,0

TRATAMIEN	Mean
1	5,2800

2	7,4600
3	6,7000
4	6,3000
5	7,0800
Observations per Mean	5
Standard Error of a Mean	0,0555
Std Error (Diff of 2 Means)	0,0785

Completely Randomized AOV for LOG25

Source	DF	SS	MS	F	P
TRATAMIEN	4	12,9760	3,24400	352,61	0,0000
Error	20	0,1840	0,00920		
Total	24	13,1600			

Grand Mean 8,4800 CV 1,13

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	2,90	0,0479
O'Brien's Test	2,13	0,1142
Brown and Forsythe Test	0,19	0,9406

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
TRATAMIEN	4,0	287,63	0,0000
Error	9,7		

Component of variance for between groups	0,64696
Effective cell size	5,0

TRATAMIEN	Mean
1	7,2800
2	9,4800
3	8,4800
4	8,3200
5	8,8400
Observations per Mean	5
Standard Error of a Mean	0,0429
Std Error (Diff of 2 Means)	0,0607

Completely Randomized AOV for Dia4

Source	DF	SS	MS	F	P
TRATAMIEN	4	1450,70	362,676	12,03	0,0000
Error	19	572,64	30,139		
Total	23	2023,35			

Grand Mean 58,448 CV 9,39

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1,62	0,2114
O'Brien's Test	1,19	0,3484
Brown and Forsythe Test	0,75	0,5720

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
TRATAMIEN	4,0	M	M
Error	M		

Component of variance for between groups 69,3990
Effective cell size 4,8

TRATAMIEN	N	Mean	SE
1	4	41,150	2,7450
2	5	61,910	2,4552
3	5	62,540	2,4552
4	5	60,520	2,4552
5	5	62,660	2,4552

4. Prueba de medias para longitud de raíces

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of LOG15 by TRATAMIENTO

TRATAMIEN	Mean	Homogeneous Groups
2	7,4600	A
5	7,0800	B
3	6,7000	C
4	6,3000	D
1	5,2800	E

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0785
Critical Q Value 4,232 Critical Value for Comparison 0,2349
All 5 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of LOG25 by TRATAMIENTO

TRATAMIEN	Mean	Homogeneous Groups
2	9,4800	A
5	8,8400	B
3	8,4800	C
4	8,3200	C
1	7,2800	D

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0607
Critical Q Value 4,232 Critical Value for Comparison 0,1815
There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means
are not significantly different from one another.

5. Análisis de varianza para el peso fresco

Completely Randomized AOV for PF

Source	DF	SS	MS	F	P
TRATAMIEN	4	0,55340	0,13835	69,18	0,0000
Error	20	0,04000	0,00200		
Total	24	0,59340			

Grand Mean 0,7040 CV 6,35

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1,61	0,2097

O'Brien's Test	1,19	0,3473
Brown and Forsythe Test	1,21	0,3379

Welch's Test for Mean Differences

Source	**DF**	**F**	**P**
SUSTRATO	4,0	154,78	0,0000
Error	9,0		

Component of variance for between groups	0,02727
Effective cell size	5,0

TRATAMIEN	**Mean**
1	0,6580
2	0,9320
3	0,5160
4	0,6040
5	0,8100

Observations per Mean	5
Standard Error of a Mean	0,0200
Std Error (Diff of 2 Means)	0,0283

Completely Randomized AOV for PS

Source	**DF**	**SS**	**MS**	**F**	**P**
TRATAMIEN	4	1,34422	0,33606	312,32	0,0000
Error	20	0,02152	0,00108		
Total	24	1,36574			

Grand Mean 0,3532 CV 9,29

Homogeneity of Variances	**F**	**P**
Levene's Test	2,56	0,0700
O'Brien's Test	1,88	0,1529
Brown and Forsythe Test	1,78	0,1721

Welch's Test for Mean Differences

Source	**DF**	**F**	**P**
TRATAMIEN	4,0	408,92	0,0000
Error	9,5		

Component of variance for between groups	0,06700
Effective cell size	5,0

TRATAMIEN	**Mean**
1	0,8000
2	0,3540
3	0,1880
4	0,1800
5	0,2440

Observations per Mean	5
Standard Error of a Mean	0,0147
Std Error (Diff of 2 Means)	0,0207

6. Prueba de medias para peso fresco y peso seco

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of PF by TRATAMIENTO

TRATAMIEN	Mean	Homogeneous Groups
2	0,9320	A
5	0,8100	B
3	0,6580	C
4	0,6040	C
1	0,5160	D

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0283
Critical Q Value 4,232 Critical Value for Comparison 0,0846
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 PS by TRATAMIENTO

TRATAMIEN	Mean	Homogeneous Groups
1	0,0800	D
2	0,3540	A
5	0,2440	B
3	0,1880	C
4	0,1800	CD

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0207
Critical Q Value 4,232 Critical Value for Comparison 0,0621
There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means
are not significantly different from one another.

7. Análisis de varianza para el porcentaje de materia seca

Completely Randomized AOV for MS

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	4	1467.43	366.858	63514.14	0.0000
Error	20	0.12	0.006		
Total	24	1467.55			

Grand Mean 29.427 CV 0.26

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1.78	0.1729
O'Brien's Test	1.31	0.3016
Brown and Forsythe Test	1.00	0.4307

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratamien	4.0	M	M
Error	M		

Component of variance for between groups 73.3704
Effective cell size 5.0

Tratamien	Mean

```
1          15.304
2          37.600
3          34.610
4          30.000
5          29.620
Observations per Mean              5
Standard Error of a Mean      0.0340
Std Error (Diff of 2 Means)   0.0481
```

8. Prueba de medias para la materia seca

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of MS by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
2	37.600	A
3	34.610	B
4	30.000	C
5	29.620	D
1	15.304	E

```
Alpha              0.05     Standard Error for Comparison  0.0481
Critical Q Value  4.232     Critical Value for Comparison  0.1438
      All 5 means are significantly different from one another.
```