

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: "Evaluación de soluciones nutritivas con diferente conductividad eléctrica y sustratos sobre la producción de brócoli (*Brassica Oleracea Var.Italica.*) y coliflor (*Brassica Olercea Var.Botrytis L.*) en el Centro Experimental San Francisco-UPEC"

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniera en Agropecuaria.

AUTORA: Garcito Martínez Dayana Sheccid

TUTOR: Ing. Carlos David Herrera Ramirez, MSc.

Tulcán, 2025.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la estudiante Garcito Martínez Dayana Sheccid con el número de cédula 0450104849 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de soluciones nutritivas con diferente conductividad eléctrica y sustratos sobre la producción de brócoli (*Brassica Oleracea Var.Italica.*) y coliflor (*Brassica Olercea Var.Botrytis L.*) en el Centro Experimental San Francisco-UPEC"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS DAVID
HERRERA RAMIREZ**
Validar únicamente con FirmaSC

Ing. Carlos David Herrera Ramirez, MSc.

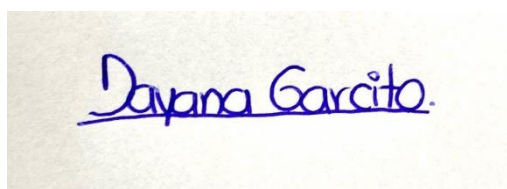
TUTOR

Tulcán, junio de 2025.

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Garcito Martínez Dayana Sheccid con cédula de identidad número 0450104849 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



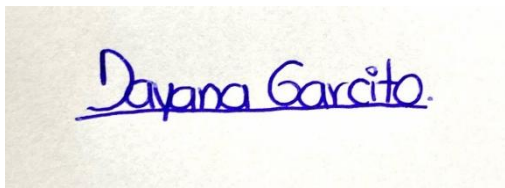
Garcito Martínez Dayana Sheccid

AUTORA

Tulcán, junio de 2025.

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Garcito Martínez Dayana Sheccid declaro ser autora de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de soluciones nutritivas con diferente conductividad eléctrica y sustratos sobre la producción de brócoli (*Brassica Oleracea* Var.*Italica.*) y coliflor (*Brassica Olercea* Var.*Botrytis* L.) en el Centro Experimental San Francisco-UPEC" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Garcito Martínez Dayana Sheccid

AUTORA

Tulcán, junio de 2025.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por brindarme paciencia, conocimiento, esperanza y aumentar mi fe en cada etapa de este camino, por darme la fortaleza para no rendirme y su guía en momentos complicados siendo luz en momentos de incertidumbre.

A toda mi familia, que su respaldo incondicional ha sido fundamental en dicha formación personal y profesional. A mis padres, infinitas gracias por su amor, sacrificio y apoyo incondicional, a mi madre Mercedes Martínez por creer firmemente en mis capacidades, incluso en momentos que yo misma dudé, brindándome palabras sabias de aliento para no caer y seguir en la lucha, enseñándome el ejemplo de esfuerzo, constancia y responsabilidad, a mi padre Jorge Garcito por la paciencia, fe en mí y su amor firme, los dos son mi mayor inspiración.

De igual forma a todos los docentes que formaron parte de mi formación académica, por su entrega y compartir generosamente sus experiencias y saberes. Cada uno dejó huellas significativas en forjar mi aprendizaje. Gracias por la paciencia, exigencia y motivar en mí deseo de superación.

A mis compañeros y amigos de carrera, quienes caminaron conmigo durante este trayecto lleno de desafíos, aprendizaje y experiencias inolvidables.

Asimismo, extiendo mi agradecimiento a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por proporcionarme las herramientas académicas para mi formación profesional.

Garcito Martínez Dayana Sheccid

DEDICATORIA

Principalmente dedico este logro a mis padres, Mercedes Martínez y Jorge Garcito quienes, con su apoyo, amor incondicional, sabiduría y sacrificio han sido mi mayor inspiración y motor para alcanzar cada uno de mis objetivos. Su ejemplo de sacrificio y perseverancia ha sido un gran impulso. Este logro también es suyo, con todo mi cariño y gratitud, por ser la fuente de fuerza que me impulsó a no rendirme.

Garcito Martínez Dayana Sheccid

ÍNDICE

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
I. EL PROBLEMA	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3. JUSTIFICACIÓN	17
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	18
1.4.1. Objetivo General	18
1.4.2. Objetivos Específicos	18
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	18
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.2. MARCO TEÓRICO	22
2.2.1. Brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i> .)	22
2.2.2. Coliflor (<i>Brassica oleracea</i> Var. <i>Botrytis</i> L.)	22
2.2.3. Germinación.....	23
2.2.3.1. Fases de la Germinación	23
2.2.4. Sustrato para semillero	24
2.2.4.1. Tipos de Sustratos y mezclas.....	25
2.2.5. Fertilizantes en la Semilla.....	26
2.2.5.1. Conductividad Eléctrica (CE)	26
2.2.5.2. Nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas	27
2.2.6. Efectos de la salinidad en la germinación y desarrollo de las semillas	27
2.2.7. Estrés hídrico	27

III. METODOLOGÍA	28
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	28
3.1.1. Enfoque	28
3.1.2. Tipo de Investigación	28
3.2. HIPÓTESIS	28
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	28
3.3.1. Definición de las variables.....	28
3.3.1.1. Variables dependientes:.....	28
3.3.1.2. Variables independientes:.....	29
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	32
3.4.1. Localización del experimento.....	32
3.4.2. Caracterización del experimento	32
3.4.3. Población y muestra.....	33
3.4.4. Tratamientos	33
3.4.5. Procedimiento	35
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. RESULTADOS	38
4.1.1. Porcentaje de germinación a los 8 días post siembra	38
4.1.2. Altura de las plántulas.....	39
4.1.3. Número de hojas.....	42
4.1.4. Diámetro del tallo	44
4.1.5. Volumen de la raíz.....	45
4.1.6 Largo de la raíz.....	46
4.1.7, Relación costo beneficio.....	50
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1. CONCLUSIONES	52
5.2. RECOMENDACIONES	53

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
VII. ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	30
Tabla 2. Tratamientos que se aplicaron en el ensayo.....	34
Tabla 3. Análisis estadístico del ensayo	37
Tabla 4. Análisis de varianza de porcentaje de germinación de las plántulas.....	38
Tabla 5. Análisis de varianza de altura de plántulas a los 7,14 y 21 días.....	39
Tabla 6. Prueba de tukey al 5% para la altura de las plántulas en los 8,16 y 24 días ..	41
Tabla 7. Análisis de varianza de altura de plántulas a los 7,14 y 21 días por factores	41
Tabla 8. Prueba de tukey al 5% para la altura de las plántulas a los 7,14, y 21 días por factores.....	42
Tabla 9. Análisis de varianza de número de hojas a los 7,14 y 21 días	42
Tabla 10. Prueba de tukey al 5% para el numero de hojas de las plántulas en los 14 y 21 días.....	43
Tabla 11. Análisis de varianza de número de hojas a los 7,14 y 21 días por factores..	43
Tabla 12. Prueba de tukey al 5% para número de hojas a los,14, y 21 días por factores	44
Tabla 13. Análisis de varianza del diámetro del tallo	44
Tabla 14. Prueba de tukey al 5% para la variable diámetro del tallo.....	44
Tabla 15. Análisis de varianza del diámetro del tallo por factores.....	45
Tabla 16. Prueba de tukey al 5% para la variable diámetro del tallo por factores	45
Tabla 17. Análisis de varianza del volumen de la raíz	46
Tabla 18. Prueba de tukey al 5% para el volumen de la raíz	46
Tabla 19. Análisis de varianza del largo de la raíz.....	47
Tabla 20. Prueba de tukey al 5% para el largo de la raíz.....	47
Tabla 21. C/ B por tratamiento.....	50
Tabla 22. C/B por tratamiento proyectada a una hectárea.....	51
Tabla 23. Datos del experimento.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>).....	22
Figura 2. Coliflor (<i>Brassica Olercea</i> Var. <i>Botrytis</i> L.)	23
Figura 3. Fases de la Germinación	24
Figura 4. Ubicación geográfica del terreno	32
Figura 5. Distribución del ensayo	33
Figura 6. Parcela neta de cada tratamiento y bandeja dividida.....	33
Figura 7. Preparación del Sustrato.....	63
Figura 8. Sustrato 1 y Sustrato 2	63
Figura 9. Relleno de bandejas con su respectivo sustrato.....	63
Figura 10. Germinación a los 8 días post siembra	63
Figura 11. Riego	64
Figura 12. Primera toma de altura	64
Figura 13. Formulación de C1	64
Figura 14. Formulación C2	64
Figura 15. Toma de datos volumen de raíz.....	64
Figura 16. Toma de datos largo de raíz	64
Figura 17. T7 al final del ensayo	65
Figura 18. T14 al final del ensayo	65
Figura 19. Plántula de brócoli al final de la investigación	65
Figura 20. Plántulas de coliflor al final de la investigación.....	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC	59
Anexo 2. Certificados del abstract por parte de idiomas	60
Anexo 3. Costos de producción proyectado a una hectárea	62
Anexo 4. Proceso Experimental	63
Anexo 5. Estructura de datos ingresados al Infostad para el análisis estadístico, Tabla 23.....	66

RESUMEN

El estudio se realizó en el Centro Experimental San Francisco-UPEC para evaluar el efecto de diferentes soluciones nutritivas y sustratos sobre la producción de brócoli E1 (*Brassica oleracea* var. *italica*) y coliflor E2 (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). Se utilizó un DCA con un análisis factorial $2 \times 2 \times 3 + 2$, en 28 bandejas de 200 hoyuelos, para conformar 56 unidades experimentales, con 14 tratamientos y 4 repeticiones. Se emplearon tres tipos de sustratos: S1, compuesto por 40% de suelo negro, 10% de arena, 10% de cascarilla de arroz y 40% de vermicompost; S2, con la misma composición, pero variando las proporciones a 50%+10%+10%+30% respectivamente y ST (solo suelo negro, testigo); dos soluciones nutritivas con distinta conductividad eléctrica (C1 y C2), aplicadas a los 8 días post-siembra. La solución C1 contenía dosis estándar de sulfato de potasio, sulfato de magnesio, 20-35-0 y 4-48-5-0,1, mientras que C2 duplicó estas concentraciones. Todos los tratamientos mostraron buena germinación con medias de 80% a 88% de semillas germinadas, destacando T7 con 94%. En altura a los 21 días, sobresalió el T9(E2S1C1) con una media de 11,51cm; T7(E1ST) y T14(E2ST) con medias de 3,88cm y 3,83 cm fueron los más bajos. La especie E2(coliflor) presentó mayor altura a los 14 y 21 días. En número de hojas, T2(E1S1C1) tuvo el mayor valor, aunque E1(brócoli) mostró mejores promedios generales. En diámetro de tallo, destacaron T2(E1S1C1), T3(E1S1C2), T8(E2S1) y T12(E2S2C2), con E2(coliflor) y S1 como factores clave. En volumen y longitud radicular, todos los tratamientos fueron buenos obteniendo medias de 0,27ml a 0,36ml para volumen y medias de 7,82cm a 9,69cm para longitud radicular excepto T7(E1ST) y T14(E2ST). Económicamente, T2(E1S1C1) fue el más rentable, generando \$0,61 por dólar invertido. En general, la combinación de especies, sustratos con vermicompost y soluciones nutritivas concentradas favoreció el desarrollo de las plántulas.

Palabras clave: Germinación, Sustratos, Soluciones Nutritivas, Conductividad Eléctrica, Brócoli, Coliflor.

ABSTRACT

The study was conducted at the San Francisco-UPEC Experimental Center to evaluate the effect of different nutrient solutions and substrates on the production of broccoli E1 (*Brassica oleracea* var. *italica*) and cauliflower E2 (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). A completely randomized design (CRD) with a 2×2×3+2 factorial analysis was used across 28 trays of 200 cells, resulting in 56 experimental units, with 14 treatments and 4 replications. Three types of substrates were used: S1, composed of 40% black soil, 10% sand, 10% rice husk and 40% vermicompost; S2, with the same composition, but varying the proportions to (50%+10%+10%+10%+30% respectively) and ST (only black soil, control). Two nutrient solutions with different electrical conductivity levels (C1 and C2), applied at 8 days post-sowing. Solution C1 contained standard doses of potassium sulfate, magnesium sulfate, 20-35-0 and 4-48-5-0.1, while C2 doubled these concentrations. All treatments showed good germination, with means of 80% to 88% of germinated seeds, with treatment T7 standing out with 94%. Regarding height at 21 days, T9(E2S1C1) stood out with an average of 11.51 cm, while T7(E1ST) and T14(E2ST) had the lowest values with 3.88 cm and 3.83 cm. The species E2(cauliflower) presented greater height at 14 and 21 days. In terms of leaf count, T2(E1S1C1) had the highest value, although E1(broccoli) showed better overall averages. In stem diameter, T2(E1S1C1), T3(E1S1C2), T8(E2S1) and T12(E2S2C2) stood out, with E2(cauliflower) and S1 as key factors. In terms of volume and root length, all treatments produced good results, with volumes ranging from 0.27 ml to 0.36 ml and root lengths ranging from 7.82 cm to 9.69 cm, with the exception of T7(E1ST) and T14(E2ST). Economically, T2(E1S1C1) was the most profitable, generating \$0.61 per dollar invested. In general, the combination of species, vermicompost substrates, and concentrated nutrient solutions favored seedling development.

Keywords: Germination, Substrates, Nutrient Solutions, Electrical Conductivity, Broccoli, Cauliflower.

INTRODUCCIÓN

Las semillas están compuestas por un embrión y por compuestos de reserva (glúcidos, proteínas, lípidos), rodeados por las cubiertas seminales. Esta estructura varía entre especies en relación con el tipo y proporción de los compuestos de reserva y las características de las cubiertas seminales. La imbibición de semillas quiescentes en condiciones óptimas de temperatura, oxigenación e iluminación inicia mecanismos fisiológicos que permiten su germinación y el posterior desarrollo de la plántula (Universidad Agrícola, 2025).

La germinación en bandejas se la realiza por razones de orden práctico entre las que cabe destacar el ahorro en semilla, uso racional del terreno debido a una menor permanencia del cultivo en campo definitivo, facilidad y costo mínimo para el manejo y cuidado de las plantas en su etapa inicial, facilidad de control de malezas y porque no se requiere utilizar maquinaria especializada (Toledo, 2003).

La producción de un buen plantel de plántulas para trasplante dependerá en gran medida del cuidado que le brindemos a éstas al sembrar en las bandejas de germinación, cuidando de asegurar las condiciones necesarias para propiciar el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo (Toledo, 2003).

El riego es uno de los aspectos críticos a considerar durante esta etapa. El abastecimiento de agua debe ser permanente y oportuno. El primer riego se da inmediatamente luego de la siembra de manera de proporcionar la humedad necesaria para el proceso germinativo. La velocidad de germinación es dependiente de la temperatura del ambiente, demorando aproximadamente 15 días a 10 °C, 6 días a 20 °C y 3 días a 30 °C (Toledo, 2003).

Es importante mantener el almácigo libre de malezas, por cuanto éstas compiten con las plántulas de brócoli en lo referente a luz, agua, nutrientes y espacio. Asimismo, las malezas son hospederas de plagas y patógenos que pueden afectar al cultivo (Toledo, 2003).

Para la siembra en las bandejas se debe preparar un buen sustrato, con el objetivo que las semillas germinen uniformemente. La semilla debe de ir a una profundidad del doble de su tamaño; luego se cubre ligeramente con una capa de tierra y con riegos frecuentes para conseguir una planta desarrollada en pocos días (Martínez et al., 2016).

Dentro de las características que debe tener el sustrato seleccionado está la aireación, por lo cual debe ser liviano, pero a la vez que tenga una buena retención de agua, buena porosidad y un buen drenaje.

La clave que hace que cualquier cosecha prospere es que el sustrato tenga los valores nutricionales idóneos. En la germinación, el uso de fertilizantes aumenta las posibilidades de que una especie produzca su fruto. Desde el inicio del ciclo puede incorporarse el abono. Las plántulas recién germinadas requieren nitrógeno, fósforo y potasio en pequeñas dosis. Es necesario tener en cuenta las dosis según el suelo y la especie, ya que un exceso no mejora el crecimiento. El abonado contribuye a que la planta se desarrolle de forma saludable y vigorosa (Agroferti, 2024).

Este estudio aporta en la optimización del manejo nutricional y producción de los cultivos de brócoli y coliflor a través del uso de soluciones nutritivas con diferente conductividad eléctrica y sustratos, permitiendo mejorar la excelencia de las plántulas, disminuir sus costos de producción y utilizar los insumos de manera eficiente. Sin embargo, también se realizó esta investigación para medir la tolerancia de estas especies a distintos rangos de pH bajo entorno controlado (invernadero).

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso excesivo de fertilizantes provoca un efecto salino que deriva en un stress hídrico debido a la competencia por el agua del suelo entre el fertilizante y la semilla. En situaciones de buena provisión hídrica este efecto tiene menor relevancia (Profertil, 2020).

Con respecto al efecto salino, el perjuicio del fertilizante puede deberse a una elevada concentración de sales en contacto con la semilla o las raíces durante la germinación. Esto puede provocar daños a las plántulas, produciéndose retrasos o fallos en la emergencia del cultivo (Dowling, 1996, citado en Profertil, 2020).

El fertilizante como sal se disocia al entrar en contacto con la solución del suelo. Todas las sales solubles, producen una disminución del potencial osmótico y, por consiguiente, del potencial agua del suelo. Esto produce una restricción en la disponibilidad de agua para la plántula, que genera una deshidratación de sus tejidos (plasmólisis) y consecuente muerte (Profertil, 2020).

Los fertilizantes con menor índice salino producen menores daños a las plántulas durante la germinación, por ello es importante conocer la tolerancia del cultivo a implantar (Profertil, 2020).

Sin embargo, una deficiencia de fósforo y zinc que son nutrientes reduce significativamente la capacidad de la plántula para sobrevivir durante el desarrollo del cultivo, el fósforo y el zinc son elementos muy importantes en las primeras etapas de las plantas, si no obtienen ciertos elementos se ve afectado en la germinación y apariencia de las semillas (Yara, 2018).

Los cultivos expuestos a la salinidad se ven afectados desde la germinación hasta etapas superiores de desarrollo. En el caso de las semillas, la tasa de absorción de la semilla se reduce y por tanto la tasa de germinación también baja debido al efecto osmótico. La división y el alargamiento celular también pueden inducir cambios y movilizar las reservas necesarias para la progresión adecuada de la germinación de las plántulas (Meza, Arizaleta y Bautista, 2017).

La conductividad eléctrica del suelo tiene gran influencia en el trabajo que deben realizar las raíces de las plantas para obtener la absorción de nutrientes contenidos en la solución de fertilizante suministrada. Por lo tanto, si la conductividad eléctrica es superior al valor óptimo para la planta, ésta tendrá que adicionar mayor trabajo para absorber los nutrientes. Resultando un consumo de energía adicional y afectará negativamente la eficiencia de producción (Maher Electrónica, 2021).

Una semilla latente acompañada del uso de un sustrato inadecuado es causante de que la producción de las plántulas no sea óptima en los invernaderos (Andrade et al., 2008).

Un sustrato inadecuado en la germinación de semillas puede provocar varios problemas, incluyendo la imposibilidad de germinar, un crecimiento lento, o un desarrollo irregular de la plántula. Esto se debe a que el sustrato juega un papel fundamental en la disponibilidad de agua, oxígeno y nutrientes esenciales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué efecto provocan las soluciones nutritivas con diferente conductividad eléctrica y sustratos sobre la producción de plántulas de brócoli y coliflor ¿

1.3. JUSTIFICACIÓN

Los sustratos son materiales ampliamente utilizados en cultivos de invernadero y seleccionar la mezcla adecuada puede ser un desafío debido a la variedad de opciones disponibles. Entender su composición, funciones y uso previsto facilita la elección. Los sustratos retienen agua y nutrientes, permiten el intercambio de gases y nutrientes, y brindan anclaje al sistema radicular de las plantas (Bloodnick, 2016).

La germinación de semillas y el rendimiento de las plántulas comienza con la selección de un sustrato adecuado. Un sustrato ideal debe tener características físicas óptimas como aireación y retención de agua, así como un pH adecuado, conductividad eléctrica óptima y contenido de nutrientes eficiente para promover el desarrollo saludable de las plántulas (Bloodnick, 2023).

Los sustratos pueden estar compuestos por materiales orgánicos o inorgánicos. Entre los orgánicos se encuentran la turba de musgo, corteza de árboles, fibra de coco y cáscaras de arroz. Los inorgánicos incluyen perlita, vermiculita, arena y hidrogel. Algunos de los componentes mencionados retienen el agua sobre sus superficies, otros la retienen dentro de sus estructuras (Bloodnick, 2016).

En un sistema de producción en sustrato, el objetivo es lograr buenos resultados desde el inicio, incluyendo una buena germinación de semillas, enraizamiento, crecimiento de las plantas y ahorro significativo en cuantos a costos de producción. Los sustratos están compuestos por fases sólida, líquida y gaseosa, cada una con funciones específicas que contribuyen al desarrollo óptimo de las plantas (Intagri, 2025).

La conductividad eléctrica (CE) y la concentración de sales en los sustratos están estrechamente relacionadas y son cruciales durante la germinación de hortalizas, ya que afectan la disponibilidad de agua y nutrientes para las semillas. La CE mide indirectamente la concentración de sales solubles en el sustrato, donde una mayor concentración de sales aumenta la CE y viceversa.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de las soluciones nutritivas con diferente conductividad eléctrica y sustratos sobre la producción de plántulas de brócoli y coliflor.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el sustrato que genere un mejor desarrollo y calidad de las plántulas de brócoli y coliflor.
- Establecer la solución nutritiva con diferente conductividad eléctrica que promueva un mejor desarrollo y calidad de las plántulas de brócoli y coliflor.
- Analizar económicamente los tratamientos evaluados que generen un mayor costo beneficio.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es el sustrato que generará un mejor desarrollo y calidad de plántulas de brócoli y coliflor?
- ¿Qué solución nutritiva con diferente conductividad eléctrica aportará a un mejor desarrollo de las plántulas?
- ¿Cuál de los tratamientos evaluados genera un mayor beneficio económico en relación con su costo (mayor relación costo-beneficio) en la producción de brócoli y coliflor?
- ¿Cuál es el efecto de las soluciones nutritivas con diferente conductividad eléctrica y sustratos sobre la producción de plántulas de brócoli y coliflor?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Ortiz (2021) realizó su investigación denominada efecto de diferentes conductividades eléctricas en la germinación de semillas de maíz (*zea mays*) en santa elena, ecuador. Con los objetivos de determinar la tasa de germinación y la altura de la planta un ambiente controlado como también el número de hojas por planta hasta la floración en condiciones de campo. Realizó dos tipos de experimentos: Uno bajo condiciones controladas utilizando un diseño completamente al azar (DCA) donde se aplicaron diferentes dosis de conductividad eléctrica (C.E) del maíz híbrido 'Treno'. Se investigó cómo afecta la germinación. El segundo experimento se llevó a cabo en condiciones de campo hasta la etapa de floración y tuvo como objetivo comparar el desempeño de los genotipos seleccionados con valores altos de CE con el de un grupo control sin CE. Los tratamientos utilizados en ambiente controlado son: T1(10220.0 uS/cm), T2(23300.0 uS/cm), T3(28400.0 uS/cm), T4(33700.0 uS/cm) y T5 (Testigo 150 uS/cm). Los resultados obtenidos en la investigación demostraron que la variedad de maíz denominada Trueno posee más el 30% de tolerancia al estrés salino, Por otro lado, los tratamientos con alta CE (T1 y T4) mostraron resultados entre 97% y 87% de germinación en comparación con el testigo que obtuvo el 100%. En condiciones de campo las plantas desarrolladas con alta CE presentaron un mejor crecimiento en altura y número de hojas a los 60 días en comparación con el testigo.

Fiorin et al. (2022) ejecutaron su investigación denominada emergencia y producción de plántulas de brócoli y coliflor en diferentes sustratos. Su objetivo fue evaluar la emergencia y producción de plántulas de brócoli y coliflor en diferentes sustratos utilizando el método de riego denominado Deep Film Technique (DFT) en mesa. Realizaron un diseño experimental completamente al azar, 7x2. Los tratamientos: utilizaron composiciones de sustratos como: sustrato comercial Carolina Soil®, cascarilla de arroz carbonizada y arena de textura media y brásicas de inflorescencia (brócoli y coliflor), con cuatro repeticiones con unas porciones volumétricas de 1:0:0; 0:1:0; 0:0:1; 1:1:1; 1:1:0; 1:0:1; 0:1:1 y cada unidad experimental contó de 50 semillas. En esta investigación los resultados se dieron a conocer que existió una excelente

germinación y formación de plántulas de ambos tipos de semillas en todas las composiciones de sustratos, sin embargo, las composiciones recomendadas y que tiene mayor efectividad son las composiciones de sustrato 1:0:0; 1:1:1 y 1:1:0.

Guangatal (2022) en su estudio denominado evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de brócoli (*brassica oleracea var. Itálica*). Con el objetivo general de evaluar sustratos orgánicos para la producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) con un diseño experimental completamente al azar. Utilizó 4 tratamientos y 3 repeticiones: T1 (Sustrato de hojarascas 100%), T2 (Sustrato de hojarascas 75%+Humus de lombriz 25%), T3 (Sustrato de hojarascas 75%+Compost 25%) y T4 (Turba Comercial (Ts-1)100%). Como resultados la turba es inferior presentando bajos resultados en altura de planta con 11.07cm, volumen radicular y longitud, número de hojas y el diámetro de los tallos con 2.18 mm a diferencia con la germinación que presentó 99.38%, por otro lado, los sustratos orgánicos como la mezcla de humus y compost como el sustrato de hojarasca presentaron óptimos resultados con un 99.40% en la germinación, con un 11.60 cm en la altura de las plántulas y el diámetro de tallo 3.26 mm. Los sustratos T1, T2 y T3, ofrecieron los mejores resultados para la germinación y producción de plántulas de brócoli a nivel de invernadero. En costos de producción existe una rentabilidad aceptable en particular en los sustratos de hojarascas con la combinación de sustratos orgánicos, generando 1.64\$ no obstante la turba presentó 1.59\$.

Büyükaslan y Demir (2024) realizaron su investigación denominada: efectos del vermicompost como sustrato alternativo sobre el rendimiento y calidad de plántulas de coliflor y pimiento. En donde su objetivo fue evaluar el efecto del vermicompost como sustrato alternativo en la emergencia, crecimiento y calidad de plántulas de coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*) y pimiento, con el fin de determinar su viabilidad para mejorar la producción de plántulas en condiciones controladas. Un diseño experimental de parcelas al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones con 216 plántulas cada repetición. Sus tratamientos: T1-(C) 70 % de turba + 27 % de perlita + 3 % de vermiculita - Control. T2: 70 % de vermicompost + 27 % de perlita + 3 % de vermiculita. T3: 35 % de turba + 35 % de vermicompost + 27 % de perlita + 3 % de vermiculita. T4: 100 % de vermicompost. En los resultados los sustratos con mezclas de vermicompost presentaron un impacto significativo en las plántulas de coliflor y pimiento. Las características de crecimiento y emergencia de las plántulas de pimiento tuvieron similitud en los tratamientos 1,2 y 3. Recalcando que la mezcla T3

brindó la mayor tasa de emergencia y altura de plántulas en la coliflor. El Tratamiento 3 también aportó en el área foliar en los dos cultivos superando a los otros tratamientos. El tratamiento 2 mostró las mayores concentraciones en N, K y Mg en las plántulas de pimiento, sin embargo, las mezclas de vermicompost presentaron mayores contenidos de microelementos en las plántulas de coliflor y se obtuvieron resultados similares en T2 y T1 en pimiento. Se llegó a la conclusión que la mezcla de 35% de vermicompost y 35% de turba fue adecuada para las plántulas de ambas especies. Se obtuvieron resultados notables al realizar la sustitución de turba por vermicompost.

Rabbee, Methela, Hossain, y Suhel (2020) en su ensayo titulado respuesta del crecimiento y rendimiento del brócoli al vermicompost y al estiércol de granja. Su objetivo general determinar los efectos del uso de vermicompost y estiércol de corral en el crecimiento y el rendimiento del brócoli. La investigación se realizó mediante un diseño experimental de bloques completos aleatorizados con 3 tratamiento y 3 repeticiones. Sus Tratamientos fueron: T0 = Control, T1 = Vermicompost y T2 = Estiércol de corral. Dando como resultados y conclusión que las plantas que tuvieron el máximo desarrollo fue el T1 (Vermicompost) presentando una altura de 43.67 cm y la que tuvo menos altura fue el T0 (Control) con una altura de 38.10 cm. En el caso del número de hojas de igual manera el T1 tuvo mayor valor que en T0 dando como resultado un numero de hojas con el 16.03 y 13.28 respectivamente, también en las demás variables como longitud de hojas, diámetro de hoja, extensión de planta, inicio temprano de la cuajada, maduración temprana de la cuajada, diámetro de cuajada, peso comercializable de la cuajada, peso neto de la cuajada y rendimiento por parcela el tratamiento que más destacó fue el T1 en comparación con el T2 mientras que los datos más bajos fueron los del T0. Se llegó a la conclusión de que al tratar plantas con vermicompost otorgó las mejores características en rendimiento y crecimiento del cultivo del brócoli en comparación con los otros tratamientos.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*.)

El brócoli pertenece a la familia Brassicaceae (Figura 1), por otro lado, el brócoli prefiere temperaturas moderadas para crecer de manera óptima. La temperatura ideal se encuentra entre 15 y 25 °C, aunque puede tolerar temperaturas frías de hasta -2 °C durante ciertas etapas de su desarrollo. Además, tolera suelos ligeramente ácidos con un pH entre 6 y 6.8 (Zamora,2016).



Figura 1. Brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)
Fuente: Ecosostenible (2022)

2.2.2. Coliflor (*Brassica oleracea* Var.*Botrytis* L.)

La coliflor pertenece a la familia *Brassica oleracea* L.. var.. La botrytis, por otro lado, las semillas de brócoli germinan en un plazo de 3 a 4 días cuando se siembran a una temperatura de 12 a 14 °C. Sin embargo, si la temperatura es más baja, entre 1 y 5 °C, la germinación puede tardar más, hasta 10-14 días. Esto muestra que la temperatura juega un papel importante en el proceso de germinación de las semillas (Cotrina, 2025).

La coliflor (Figura 2) es sensible a la acidez del suelo y prefiere suelos con un pH ligeramente neutro a ligeramente alcalino. Los mejores resultados se obtienen con un pH cercano a 6.5, aunque también puede crecer bien en suelos con un pH de hasta 7.5. Esto sugiere que el pH del suelo es un factor importante para determinar el rendimiento de la coliflor (Cotrina, 2025).



Figura 2. Coliflor (*Brassica Oleracea* Var.*Botrytis* L.)
Fuente: Gardeners World (2025)

2.2.3. Germinación

Es la primera fase de la germinación que consta de un proceso físico en donde la semilla seca empieza con la absorción de agua, iniciando así la germinación. Esto provoca la hidratación y posteriormente el hinchamiento de los tejidos que posee la semilla, lo que da paso a la activación de los procesos metabólicos importantes para el crecimiento y desarrollo de esta. La velocidad y duración de esta etapa varía dependiendo de la especie y algunas se miran afectadas por la dureza que poseen las cubiertas seminales, como también la temperatura y cantidad de agua que se disponga en las semillas (Pita, 1998).

2.2.3.1. Fases de la Germinación

A continuación, se describe las fases de la germinación de las semillas que pertenecen a la familia *Brassicaceae*:

- **Imbibición:** Es la primera fase de la germinación que consta de un proceso físico en donde la semilla seca empieza con la absorción de agua, iniciando así la germinación. Esto provoca la hidratación y posteriormente el hinchamiento de los tejidos que posee la semilla, lo que da paso a la activación de los procesos metabólicos importantes para el crecimiento y desarrollo de esta. La velocidad y duración de esta etapa varía dependiendo de la especie y algunas se miran afectadas por la dureza que poseen las cubiertas seminales, como también la temperatura y cantidad de agua que se disponga en las semillas (Pita, 1998).
- **Germinación "sensu stricto":** Posteriormente la hidratación adecuada que se le brindó a la semilla se ingresa a la segunda fase del proceso de germinación, denominada germinación "sensu strictu" que significa en sentido estricto, el cual se caracteriza por que se genera una disminución de absorción hídrica por las

semillas. Durante esta fase tiene paso la activación del metabolismo de la semilla, lo cual es importante para que se dé la última etapa del proceso de germinación denominada Fase de crecimiento (Pita,1998).

- Fase de crecimiento: En esta última etapa, al incrementarse la actividad metabólica de la semilla provoca el crecimiento o la denominada emergencia de la semilla. Cuando la semilla alcanzó esta fase no puede regresar a etapas anteriores, si no existe las condiciones apropiadas para que el desarrollo de la plántula continúe la semilla morirá (Pita,1998).

A continuación, se presenta las fases de la germinación en la Figura 3.



Figura 3. Fases de la Germinación

Fuente: Vazquez (2023)

2.2.4. Sustrato para semillero

Los Sustratos son elementos sólidos que son distintos del suelo natural, tanto en el ámbito agropecuario como industrial (síntesis- residual), inorgánico u orgánico que al colocarlos en bandejas de manera pura o realizando mezclas, posibilita el soporte del sistema radicular de la plántula, protegiendo las raíces y almacenando agua y nutrientes. En general, se implementan mezclados para prevenir complicaciones físicas, químicas y sanitarias. Un adecuado sustrato para la germinación de semillas debe contar con ciertas características, como la aireación, lo cual debe ser liviano y conjuntamente que posea una buena retención de agua, con buena porosidad y drenaje (Instituto Nacional de Aprendizaje, 2025).

2.2.4.1. Tipos de Sustratos y mezclas

A continuación, se detalla los sustratos que se utilizan en los cultivos de brócoli y coliflor

- Suelo o tierra

Los suelos más implementados como sustratos son los que pertenecen a la clasificación francos o francos arenosos ya que estos proporcionan características convenientes de las arcillas y arenas por motivo de presentar una textura adecuada, así mismo como la fertilidad, retenimiento de humedad, drenaje, aireación y estructura suelta (poca compactación) en bandejas. Los suelos arenosos también presentan una muy buena aireación, sin embargo, estos suelos no presentan los nutrientes necesarios para la producción por lo que hay que complementar con materia orgánica para aportar un efecto óptimo en nutrientes y retención de humedad (Alvarado y Solano, 2002 citado en Moreno, 2020).

- Cascarilla de Arroz

Este producto es un residual derivado de los resultados del beneficio del arroz, específicamente es la cascara del grano de arroz. Este residuo es ligeramente más grande que el aserrín, posee resistencia a la descomposición y tiene un efecto mínimo en la reducción de N (nitrógeno) por los microbios del suelo. Esta cascarilla de arroz se la utiliza en medios para mejorar el drenaje con facilidad y también es un material rico en carbono (Alvarado y Solano, 2002 citado en Moreno, 2020).

- Vermicompost

El vermicompost es una técnica que se utiliza en el manejo de residuos orgánicos, con la asistencia de lombrices de tierra y los microorganismos. Estas lombrices degradan los desechos orgánicos y lo transforman en el denominado vermicompost. Posee excelentes propiedades químicas, físicas y biológicas es un excelente fertilizante orgánico que se utiliza como sustrato para las plantas (Santoya et al., 2018).

El Vermicompost o también llamado lombricompost, el proceso se basa en la bio-oxidación y estabilización de sustratos orgánicos por medio de la descomposición conjunta de las lombrices y otros microorganismos, el excremento o heces de las lombrices proporcionan una gran riqueza en flora bacteriana, esto permite la elaboración de enzimas importantes para evolución de materia orgánica cuando es implementado al suelo (Ferruzi, 1986 citado en Durán y Henríquez, 2007).

El humus de lombriz se compone por C, O₂, N como también macro y micronutrientes en diferentes cantidades, también como Ca, K, Fe, Zn y Mn entre varios. Las propiedades nutricionales del vermicompost cambian considerablemente, debido a los tipos de residuos utilizados, las condiciones bajo en las que este el vermicompost, el estado de descomposición y el tiempo de almacenamiento (Chacón y Blanco, 1999 como se cita en Durán y Henríquez, 2007).

2.2.5. Fertilizantes en la Semilla

Las aplicaciones de fertilizantes en siembra pueden incorporarse también con semillas. Las aplicaciones que se realizan en conjunto con la siembra, integra el uso de fertilizantes denominado como por-up o “arrancadores”. Su objetivo es favorecer en la germinación de las semillas y el crecimiento inicial de las plántulas, especialmente en condiciones de suelo con exceso de humedad y suelos fríos. Usualmente estos fertilizantes se implementan cerca de las semillas y se suministran en pequeñas cantidades para evitar daños probables (Ciampitti, Micucci, Fontanetto, y García, 2006).

2.2.5.1. Conductividad Eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica es una forma indirecta de evaluar la concentración de sales en un suelo. Su valor se expresa en mili-mhos/cm o mS/cm. La capacidad que tiene una planta para absorber agua del suelo no solo está determinada por el nivel de humedad del suelo, sino también por la proporción de sales que hay disueltas en la solución del suelo (Viloria y Natera, 2011).

Las pruebas de conductividad permiten evaluar la integridad de las membranas celulares en las semillas. Si hay pérdida de integridad y electrolitos solubles en el citoplasma, indica un deterioro en la calidad de la semilla. Por eso, es importante hacer pruebas de electrolitos para evaluar la calidad de las semillas que se van a sembrar.

De acuerdo con Viloria y Natera (2011) menciona que la conductividad eléctrica está relacionada con la pérdida de integridad de la membrana y del citoplasma en las semillas. Esto sugiere que debemos manejar la conductividad eléctrica con cuidado para lograr una siembra productiva. Se propone realizar pruebas para establecer estándares de manejo y así mejorar la producción de cultivos.

2.2.5.2. Nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas

Las plantas necesitan nutrientes minerales esenciales para crecer y desarrollarse adecuadamente. Estos nutrientes participan en funciones metabólicas y estructurales clave y no pueden ser reemplazados por otros. La falta de alguno de ellos puede causar síntomas específicos en las plantas (Bertsch, 1998).

El mismo autor menciona que hay dos tipos de nutrientes esenciales:

Macronutrientes: necesarios en grandes cantidades, se dividen en primarios (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) y secundarios (Magnesio, Azufre y Calcio).

Micronutrientes: necesarios en pequeñas cantidades, incluyen elementos como hierro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno, cloro y boro.

2.2.6. Efectos de la salinidad en la germinación y desarrollo de las semillas

Según Montenegro (2021), la salinidad afecta negativamente el desarrollo de las semillas. Cuando están expuestas a altas concentraciones de sales, su capacidad para absorber agua disminuye y las raíces crecen menos. Además, la salinidad también ralentiza la germinación al interferir con la división y el alargamiento celular.

2.2.7. Estrés hídrico

Según Florido y Bao (2014), la escasez de agua es un gran obstáculo para la producción agrícola, ya que muchos cultivos son muy sensibles a la falta de humedad, lo que afecta directamente su crecimiento y desarrollo.

Además, como menciona Moreno (2009), las plantas están compuestas en gran parte por agua, por lo que su desarrollo se ve gravemente afectado cuando el agua escasea. Para sobrevivir, las plantas se adaptan y responden fisiológicamente, incluso cerrando sus estomas para reducir la pérdida de agua.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

La presente investigación es de enfoque cuantitativo ya que se utiliza la recopilación y el análisis de datos para responder preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas. También se basa en el uso de medidas numéricas, conteos y estadísticas para identificar patrones de comportamiento dentro de las poblaciones en este caso la germinación de semillas de brócoli y coliflor.

3.1.2. Tipo de Investigación

La investigación es de tipo experimental ya que se llevó a cabo en el centro experimental "San Francisco" Huaca-Carchi, Ecuador, en donde se empleó un diseño completamente al azar, que consta de 14 tratamientos y 4 repeticiones para la adquisición de resultados de los distintos tratamientos mediante los análisis respectivos.

3.2. HIPÓTESIS

Hipótesis afirmativa (H_a):

Las diferentes conductividades eléctricas y sustratos ayudan en la germinación y desarrollo de plántulas de brócoli y coliflor.

Hipótesis nula (H_0):

Las diferentes conductividades eléctricas y sustratos no aportan en la germinación y desarrollo de plántulas de brócoli y coliflor.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1. Definición de las variables

En esta investigación existen las variables dependientes y variables independientes, las cuales se redactan a continuación:

3.3.1.1. Variables dependientes:

- Germinación de las semillas de brócoli y coliflor

- Altura de plántula
- Número de hojas
- Diámetro del tallo
- Largo de raíz
- Volumen de raíz

3.3.1.2. Variables independientes:

- Sustrato
- Especie hortícola
- Conductividades eléctricas

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Independientes: Sustratos	Suelo negro	Se utilizó en el S1 (40%) y en S2 (50%).	Medición y pesaje de sustrato	Pala y carretilla
	Arena	Se utilizó en el S1 (10%) y en S2 (10%).		
	Cascarilla de arroz	Se utilizó en el S1 (10%) y en S2 (10%).		
	Materia Orgánica (Vermicompost)	Se utilizó en el S1 (40%) y en S2 (30%).		
Conductividad eléctrica	Sulfato potasio	Se utilizó en C1 (0.08gr/lit) y en C2 (0.16 gr/lit). La primera aplicación se realizó a los 8 días después de la siembra, y las siguientes aplicaciones se efectuaron cada 2 días.	Pesaje de solución nutritiva	Gramera y potenciómetro (Medidor de pH)
	Sulfato magnesio	Se utilizó en C1 (0.5 gr/lit) y en C2 (1 gr/lit). La primera aplicación se realizó a los 8 días después de la siembra, y las siguientes aplicaciones se efectuaron cada 2 días.	Pesaje de solución nutritiva	Gramera y potenciómetro (Medidor de pH)
	20-35-0	Se utilizó en C1 (0.3 gr/lit) y en C2 (0.6 gr/lit). La primera aplicación se realizó a los 8 días después de la siembra, y las siguientes aplicaciones se efectuaron cada 2 días.	Pesaje de solución nutritiva	Gramera y potenciómetro (Medidor de pH)
	4-48-5-0.1	Se utilizó en C1 (0.1 gr/lit) y en C2 (0.2gr/lit). La primera aplicación se realizó a los 8 días después de la siembra, y las siguientes aplicaciones se efectuaron cada 2 días.	Pesaje de solución nutritiva	Gramera y potenciómetro (Medidor de pH)
Especies hortícolas	Semillas brócoli	100 semillas para 7 tratamientos y 4 repeticiones	Observación, conteo, registro.	Recolección de datos.
	Semillas coliflor	100 semillas para 7 tratamientos y 4 repeticiones		

Dependientes: Desarrollo vegetal	% de germinación	Se determinó el porcentaje de germinación de las semillas de brócoli y coliflor a los 8 días post siembra.	Observación	Tablas de observación y recolección de datos
	Altura de Planta	La medición de la altura de planta se realizó a los 7, 14, y 21 días, considerando la distancia desde el nivel del sustrato hasta la parte más alta de la hoja, expresada en centímetros (cm).	Medición	Cinta métrica, regla graduada y recolección de datos.
	Número de hojas	Se contó el número de hojas por tratamiento a partir de los 8 días después de la siembra, momento en que se inició la recolección de datos. Desde entonces, se consideró ese punto como el día 7, y se continuó tomando datos cada 8 días, es decir, en los días 7, 14 y 21.	Observación y conteo	Recolección de datos.
	Diámetro del tallo	Este dato se registró al finalizar la investigación y se midió en centímetros (cm).	Medición	Calibrador
	Largo de raíz	Este dato se obtuvo al finalizar la investigación, midiendo en centímetros (cm) desde el punto donde termina el tallo hasta la raíz más larga de la plántula.	Medición	Regla graduada y recolección de datos.
	Volumen de raíz	Este dato se obtuvo al finalizar la investigación. Se utilizó una jeringuilla de 10 ml, en la cual se colocaron 8 ml de agua. Luego, se introdujo la raíz en la jeringuilla, y se registró el aumento de volumen para determinar el volumen de cada raíz.	Observación y medición.	Jeringuilla de 10ml y agua.
	Análisis económico	Después de los 24 días al terminar el ensayo, se procedió a realizar un análisis económico- costo/beneficio en \$.	Costo-beneficio	Hoja de Excel

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Localización del experimento

La presente investigación se implantó en el centro experimental Sanfrancisco-UPEC, en el cantón Huaca provincia del Carchi, se realizó en condiciones bajo cubierta plástica. Este sitio se encuentra a una altitud de 2850 msnm, tiene una temperatura mínima 16 °C y su máxima temperatura es de 37°C, también tiene una humedad relativa ambiental con un promedio anual de 82% y una precipitación promedio anual de 1721 mm. Como se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Ubicación geográfica del terreno

3.4.2. Caracterización del experimento

El ensayo se realizó en condiciones bajo una cubierta plástica o invernadero, en donde se utilizó un diseño completamente al azar de doble parcela y utilizando un diseño de estantería para colocar las bandejas cada una con el sustrato respectivo, especie hortícolas (brócoli y coliflor) y la conductividad eléctrica de las sustancias nutritivas correspondientes. Por otro lado, se recalca que cada bandeja constó de 200 hoyuelos por lo que se procedió a dividir la bandeja por la mitad dando como resultado 100 semillas por tratamiento, la parcela neta constó de 8 plántulas por tratamiento. A continuación, en la Figura 5 y Figura 6 se muestra la distribución del ensayo, la división de

cada bandeja y la parcela neta respectiva:

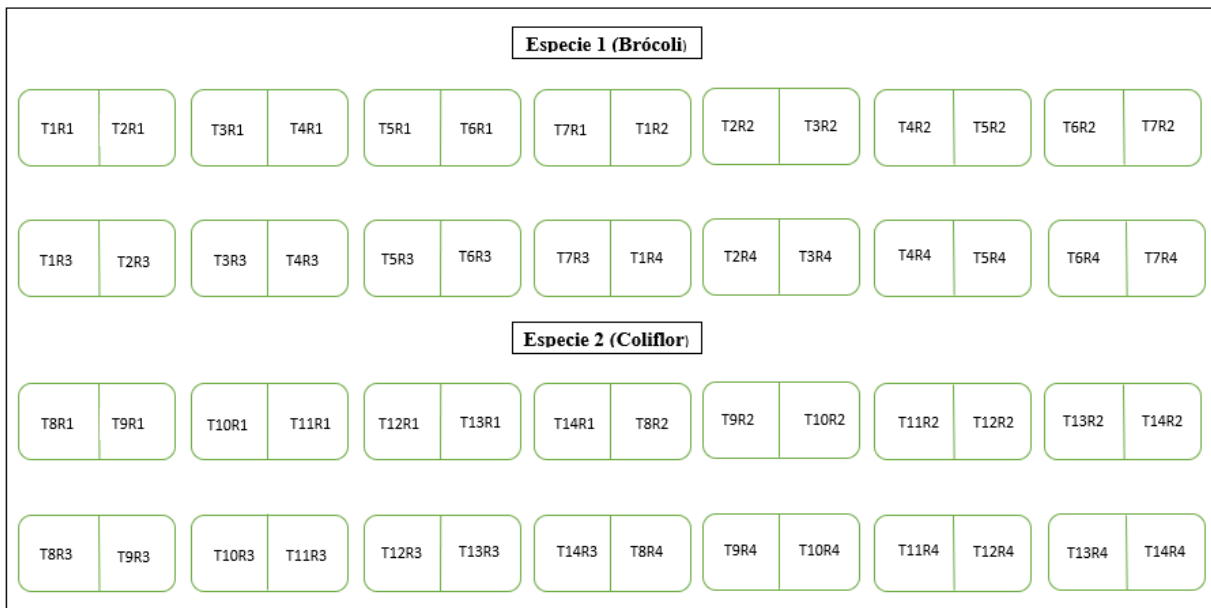


Figura 5. Distribución del ensayo

3.4.3. Población y muestra

En ensayo estuvo conformado por 5600 semillas divididas en 56 unidades experimentales, cada tratamiento consta de 100 semillas por tratamiento. La muestra se representó por 448 plántulas divididas en 56 parcelas netas, su parcela neta se muestra a continuación:

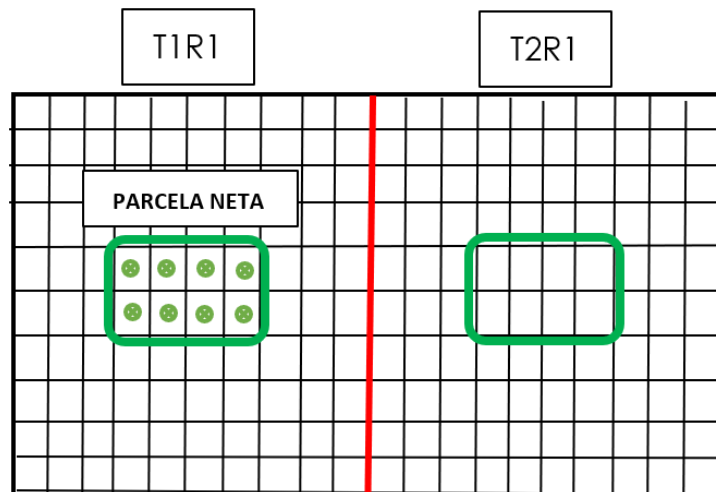


Figura 6. Parcela neta de cada tratamiento y bandeja dividida

3.4.4. Tratamientos

En la presente investigación se evaluaron 14 tratamientos para la germinación de plántulas de brócoli y coliflor (Tabla 2).

Tabla 2. Tratamientos que se aplicaron en el ensayo

Tratamientos	Descripción
T1	E1S1 (Especie 1= brócoli y Sustrato 1= 40% suelo negro+10% arena+ 10% cascarilla de arroz+40% vermicompost)
T2	E1S1C1 (Especie 1= brócoli; Sustrato 1= 40% suelo negro+10% arena+ 10% cascarilla de arroz+40% vermicompost y Conductividad Eléctrica 1= Sulfato de potasio (0,4 g/L) + sulfato de magnesio (0,5 g/L) + 20-35-0 (0,3 g/L) + 4-48-5-0,1 (0,5 g/L))
T3	E1S1C2 (Especie 1= brócoli; Sustrato 1= 40% suelo negro+10% arena+ 10% cascarilla de arroz+40% vermicompost y Conductividad Eléctrica 2= Sulfato de potasio (0,8 g/L) + sulfato de magnesio (1,0 g/L) + 20-35-0 (0,6 g/L) + 4-48-5-0,1 (1,0 g/L))
T4	E1S2C1 (Especie 1= brócoli; Sustrato 2 = 50% suelo negro + 10% arena + 10% cascarilla de arroz + 30% vermicompost y Conductividad Eléctrica 1= Sulfato de potasio (0,4 g/L) + sulfato de magnesio (0,5 g/L) + 20-35-0 (0,3 g/L) + 4-48-5-0,1 (0,5 g/L))
T5	E1S2C2 (Especie 1= brócoli; Sustrato 2 = 50% suelo negro + 10% arena + 10% cascarilla de arroz + 30% vermicompost y Conductividad Eléctrica 2= Sulfato de potasio (0,8 g/L) + sulfato de magnesio (1,0 g/L) + 20-35-0 (0,6 g/L) + 4-48-5-0,1 (1,0 g/L))
T6	E1S2 (Especie 1= brócoli y Sustrato 2 = 50% suelo negro + 10% arena + 10% cascarilla de arroz + 30% vermicompost)
T7	E1ST (Especie 1= brócoli y Sustrato Testigo= suelo negro)
T8	E2S1 (Especie 2= coliflor y Sustrato 1= 40% suelo negro+10% arena+ 10% cascarilla de arroz+40% vermicompost)
T9	E2S1C1 (Especie 2= coliflor; Sustrato 1= 40% suelo negro+10% arena+ 10% cascarilla de arroz+40% vermicompost y Conductividad Eléctrica 1= Sulfato de potasio (0,4 g/L) + sulfato de magnesio (0,5 g/L) + 20-35-0 (0,3 g/L) + 4-48-5-0,1 (0,5 g/L))
T10	E2S1C2 (Especie 2= coliflor; Sustrato 1= 40% suelo negro+10% arena+ 10% cascarilla de arroz+40% vermicompost y Conductividad Eléctrica 2= Sulfato de potasio (0,8 g/L) + sulfato de magnesio (1,0 g/L) + 20-35-0 (0,6 g/L) + 4-48-5-0,1 (1,0 g/L))
T11	E2S2C1 (Especie 2= coliflor; Sustrato 2 = 50% suelo negro + 10% arena + 10% cascarilla de arroz + 30% vermicompost y Conductividad Eléctrica 1= Sulfato de potasio (0,4 g/L) + sulfato de magnesio (0,5 g/L) + 20-35-0 (0,3 g/L) + 4-48-5-0,1 (0,5 g/L))
T12	E2S2C2 (Especie 2= coliflor; Sustrato 2 = 50% suelo negro + 10% arena + 10% cascarilla de arroz + 30% vermicompost y Conductividad Eléctrica 2= Sulfato de potasio (0,8 g/L) + sulfato

	de magnesio (1,0 g/L) + 20-35-0 (0,6 g/L) + 4-48-5-0,1 (1,0 g/L))
T13	E2S2 (Especie 2= coliflor y Sustrato 2 = 50% suelo negro + 10% arena + 10% cascarilla de arroz + 30% vermicompost)
T14	E2ST (Especie 2= coliflor y Sustrato Testigo= suelo negro)

3.4.5. Procedimiento

- Preparación del sustrato

La preparación del sustrato se la realizó tomando como referencia una carretilla que se llenó con 12 palancones, cada palancón al llenarlo pesó alrededor de 12 lb en kg es 5.4 kg, dando como dato de que la carretilla llena con sustrato seco pesa alrededor de 65 kg. Se tomó como referencia estos datos y se procedió a realizar reglas de tres con aproximaciones dando como resultado para la primera mezcla de S1 que está compuesto por: suelo negro, arena, cascarilla de arroz, materia orgánica (vermicompost) con un porcentaje de 40%+10%+10%+40% respectivamente, en Kg dio para suelo negro 26.10 kg (5 palas), arena 6.5 kg (1.5 palas), cascarilla de arroz 6.5 (1.5 palas) y vermicompost 26.10 (5 palas); por otro lado, para el S2 se realizó la siguiente mezcla de sustratos : 50% de suelo negro 32.6 kg (6 palas)+ 10% de arena 6.5 kg (1.5 palas)+ 10% de cascarilla de arroz 6.5 kg (1.5 palas) + 30% de vermicompost 19.5 kg (4 palas).

- Humedecer los sustratos

Antes de colocar los sustratos en las bandejas, se procedió a implementar agua en los sustratos para darle humedad que proporcionó el crecimiento de las plántulas.

- Características de las bandejas de germinación

Las bandejas de germinación son de material poliestireno que es un plástico negro que se lo utiliza para fabricar los semilleros, el cuál consta de 200 hoyuelos de 26 cm de ancho por 52 cm de largo y con una profundidad de 4.2 cm.

- Rellenar las bandejas con el sustrato correspondiente

Principalmente se realizó la desinfección de las bandejas de cada tratamiento y se dejó secar. Seguidamente se realizó la división de la bandeja para dos tratamientos diferentes y se identificó que sustrato va juntamente con el otro, posteriormente se rellenó las

bandejas con el sustrato respectivo de cada tratamiento.

- Selección de la semilla

Las semillas de brócoli y coliflor se adquirieron de casas comerciales agrícolas, las cuales se encontraron previamente desinfectadas. En el caso de las semillas de brócoli se utilizó semillas híbridas F1 y en el caso de las semillas de coliflor se utilizó semillas convencionales (no híbridas).

- Siembra de Semillas

El siguiente paso se realizó la siembra de las semillas de forma manual en sus respectivas parcelas y bandejas, con un total de 100 semillas por unidad experimental y 5600 semillas en todo el ensayo.

- Preparación de la Conductividad eléctrica

Esta preparación se la realizó con ayuda de una gramera y un potenciómetro que mide la conductividad eléctrica de las soluciones preparadas. Para determinar el valor aproximado de las porciones que se colocaron de cada químico, se realizó pruebas al azar con mínimas cantidades de cada químico mezclando en un litro de agua y tomando la prueba con el potenciómetro, posteriormente se aumentó la dosis hasta llegar a la conductividad eléctrica requerida y pesar cada químico en la gramera dando como resultado las siguientes mezclas: C1 sulfato de potasio (0.4 gr/litro)+ sulfato de magnesio (0.5 gr/litro)+ 20-35-0 (0.3 gr/litro)+ 4-48-5-0.1 (0.5 gr/litro) y C2 sulfato de potasio (0.8 gr/litro)+ sulfato de magnesio (1 gr/litro)+ 20-35-0 (0.6 gr/litro)+ 4-48-5-0.1 (1 gr/litro). Cabe recalcar que estas dosis se aplicaron una vez que se produjo la emergencia de las semillas, es decir a los 8 días post siembra.

- Riego

Al inicio del ensayo el riego se lo realizó pasando un día, después del día 8 se aplicó el riego con sus respectivas conductividades eléctricas pasando dos días hasta el final de la investigación.

- Deshierbe

Esta actividad consistió en extraer las plantas no deseadas o malezas que impedían el crecimiento de las plántulas, esto se efectuó manualmente cuando se observó su emergencia en las unidades experimentales.

- Etapa de recolección de datos

Esta se obtuvo a los 25 días de finalizar el ensayo, posteriormente se tomó los datos faltantes como el largo de la raíz, volumen de la raíz y el diámetro del tallo.

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de las variables analizadas se empleó un estudio factorial de $2 \times 2 \times 3 + 2$. En donde los grados de libertad para el análisis de varianza considerando 14 tratamientos, incluidos 12 del diseño factorial $2 \times 2 \times 3 + 2$ adicionales sin aplicación de conductividad eléctrica, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis estadístico del ensayo

Fuentes de variación	Formula	Grados de libertad
Total	$r \cdot \alpha - 1$	55
Repeticiones	$r - 1$	3
Factor A	$\alpha - 1$	13
Error a	$(r - 1) (\alpha - 1)$	39

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Porcentaje de germinación a los 8 días post siembra

Aplicando el análisis de varianza que corresponde a la variable porcentaje de germinación, se observó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$), obteniendo un valor p de 0.1851 y un coeficiente de variación de 7.47% (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de varianza de porcentaje de germinación de las plántulas

F.V.	GL	p-valor
Modelo	16	0.3003
Tratamientos	13	0.1851ns
Repeticiones	3	0.8707
Error	39	
Total	55	
CV		7.47
Media		0.85

Nota. GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; *=Significativo; **=Altamente significativo.

La variable porcentaje de germinación a los 8 días, se muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos dando como resultado sólo rango (A). Sin embargo, estadísticamente los tratamientos son similares, pero numéricamente el tratamiento con mayor germinación fue el testigo (suelo negro o suelo franco) presentando un 94%. Este resultado se debe a que las propiedades que posee el suelo negro retienen la humedad haciendo que las semillas tengan constante contacto con el agua, por consiguiente las semillas germinaran de manera rápida y uniforme y se corrobora con la investigación de Naseer et al. (2024), en donde menciona que la textura del suelo tiene impacto significativo en la emergencia de las semillas de *luffa acutangula* (esponja vegetal o pepinillo de esponja), sus resultados muestran que el suelo franco presentó un mayor porcentaje de germinación registrando el 100% .

Por otro lado, se recalca que los otros sustratos de igual manera están conformados con cierta cantidad del sustrato testigo, como también por materia orgánica como

es el vermicompost, cascarilla de arroz y arena que proporcionan aireación y evita la asfixia radicular aportando en el desarrollo de las semillas, por lo que no se quedan atrás en la germinación dando un rango de porcentaje 80 % a 88% esto coincide con algunas investigaciones, en el caso de Shafique et al. (2021) que demostraron resultados favorables al utilizar 35% de vermicompost dando como resultado crecimiento y floración de las plántulas de caléndula y aportan que el vermicompost es el sustrato más adecuado en crecimiento, germinación y revitalización de la salud del suelo indicando que el vermicompost es un alternativa ventajosa para la producción. En el caso de la cascarilla de arroz se corrobora con el estudio de Andrade et al. (2004) que mencionan que los sustratos que permitieron las mejores mezclas de oxígeno y agua es la mezcla de arena lavada y cascarilla de arroz carbonizada registrando una germinación rápida y elevada. Aunque en la investigación presente no se utilizó la denominada cascarilla de arroz carbonizada se destaca que la cascarilla de arroz utilizada mantiene propiedades físicas altamente similares, con respecto a la capacidad de aireación y evitar la compactación del sustrato.

4.1.2. Altura de las plántulas

El siguiente análisis de varianza pertenece a la variable de las alturas de las plántulas que se recolectaron a los 7,14 y 21 días después de la siembra. En la Tabla 5, con respecto a los tratamientos se observa que existen diferencias altamente significativas con p valor <0.0001 en las tres tomas y un coeficiente de variación de 10.17%, 7.95% y 5.71% respectivamente.

Tabla 5. Análisis de varianza de altura de plántulas a los 7,14 y 21 días

F. V	G. L	Días al muestreo		
		7	14	21
Modelo	16			
Tratamiento	13	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
Repetición	3			
Error	39			
Total	55			
CV %		10.17	7.95	5.71
Media (cm)		2.94	5.27	9.45

Nota. GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; *=Significativo; **=Altamente significativo.

En la Tabla 6, por medio de la prueba de Tukey al 5% para las alturas de las plántulas a los 7,14 y 21 días los tratamientos mostraron diferencias altamente significativas, sin

embargo, el tratamiento que obtuvo mayor altura a los 7 días fue el T5 conformado de E1 (brócoli), S2(50% de suelo negro+ 10% de arena+ 10% de cascarilla de arroz +30% de vermicompost) y C2 (0.16 gr/lit de sulfato de potasio+1gr/lit de sulfato de magnesio +0.6 gr/lit de 20-35-0+ 0.2gr/lit de 4-48-5-0.1) y los peores fueron T7 conformado por E1 (Brócoli) y ST (sustrato testigo) y T14 conformado por E2(coliflor) y ST (sustrato testigo o suelo negro). Por otro lado, a los 14 días los tratamientos que destacaron fueron el T9 (E2S1C1) y T11 (E2S2C1) y finalmente en última toma de datos con respecto a la altura en tratamiento que presentó mayor desarrollo en altura es el T9 con una media de 11.51.

La altura de las plántulas en sus diferentes etapas de crecimiento mostró diferencias significativas entre tratamientos, las cuales tuvieron desarrollo en los tratamientos con sustratos compuestos por la mezcla de suelo negro, arena, vermicompost y cascarilla de arroz. Sin embargo, a los 21 días de análisis se observó que la mayoría de los sustratos mostraron un crecimiento similar, con excepción de T7 y T14, los cuales no recibieron factores como conductividades eléctricas ni sustratos con materia orgánica como en los otros tratamientos, lo que señala que la deficiencia de estos factores afectó en el desarrollo de las plántulas tanto para la E1 como E2. Esto coincide con Yadav et al. (2016), ya que en su investigación observaron que al aplicar vermicompost en brócoli alcanzó alturas superiores en condiciones óptimas de cultivo. A diferencia de los tratamientos testigos (T7 y T14), presentaron las menores alturas en las tres tomas de datos ya que este suelo contiene materia orgánica que ayuda en la retención de la humedad y favorece el desarrollo de la raíz, pero no aporta en impulsar el crecimiento al no cumplir con los nutrientes esenciales, lo cual corrobora con Hallman et al. (2024), en donde afirma que la materia orgánica del suelo cumple un papel importante que influye en el sistema radicular, crecimiento y absorción de nutrientes que necesitan las plantas, no obstante, este efecto es limitado si no se suministra un aporte adicional de nutrientes. Por esta razón, el suelo testigo aportó condiciones óptimas de humedad, pero la falta de fertilización externa dificultó el crecimiento de las plántulas reflejándose en mínimos valores de altura en estos tratamientos.

Tabla 6. Prueba de tukey al 5% para la altura de las plántulas en los 8,16 y 24 días

Tratamientos	7 días	14 días	21 días
T1 (E1S1)	3.47 ABC	5.12 BC	10.13 B
T2 (E1S1C1)	3.23 ABCD	4.94 C	10.52 AB
T3 (E1S1C2)	3.33 ABCD	5.08 BC	10.25 AB
T4 (E1S2C1)	3.54 AB	5.35 ABC	9.88 B
T5 (E1S2C2)	3.64 A	5.52 ABC	10.35 AB
T6 (E1S2)	3.46 ABC	5.26 BC	9.66 B
T7 (E1ST)	2.01 EF	3.03 D	3.88 C
T8 (E2S1)	2.61 DEF	5.86 ABC	10.21 AB
T9 (E2S1C1)	2.76 CDE	6.40 A	11.51 A
T10 (E2S1C2)	2.73 CDE	6.04 AB	10.36 AB
T11 (E2S2C1)	2.81 BCD	6.34 A	10.74 AB
T12 (E2S2C2)	2.76 CDE	6.05 AB	10.16 AB
T13 (E2S2)	2.81 BCD	5.85 ABC	10.88 AB
T14 (E2ST)	1.96 F	2.93 D	3.83 C

Nota. E1=brócoli; E2=coliflor; S1 (sustrato 1); S2 (sustrato 2); C1 (combinación de soluciones nutritivas dando como resultado conductividad eléctrica 1); C2 (combinación de soluciones nutritivas dando como resultado conductividad eléctrica 2).

En la Tabla 7, se muestra el análisis de varianza de altura de las plántulas a los 7,14 y 21 días por factores, donde se obtuvo que entre especies en las 3 tomas de datos existe una diferencia altamente significativa dando como p valor <0.0001 a los 7 días, <0.0001 a los 14 días y 0.0066 a los 21 días. En cambio, entre sustratos se reveló que no hay significancia dando un p valor de 0.0510 a los 7 días, 0.1954 a los 14 días y 0.2315 a los 21 días. De igual entre conductividades eléctricas (CE) no hay diferencia significativa dando un p valor de 0.9268 a los 7 días, 0.2650 a los 14 días y 0.1023 a los 21 días. Sus coeficientes de variación a los 7.14 y 21 días fueron 8.30% - 7.30% - 5.95% respectivamente.

Tabla 7. Análisis de varianza de altura de plántulas a los 7,14 y 21 días por factores

F. V	G. L	Días al muestreo		
		7	14	21
Modelo	7			
Repetición	3			
Especie	1	<0.0001**	<0.0001**	0.0066*
Sustrato	1	0.0510ns	0.1954ns	0.2315ns
CE	2	0.9268ns	0.2650ns	0.1023ns
Error	40			
Total	47			
CV %		8.30	7.30	5.95
Media (cm)		2.94	5.27	10.11

Nota. GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; *=Significativo; **=Altamente significativo.

En la Tabla 8, la siguiente prueba de Tukey al 5% muestra la altura de las plántulas por factores a los 7,14 y 21, especificando que solo en el factor especies existe diferencias significativas.

En el caso de la prueba de Tukey para la variable altura de las plántulas por factores a los 7 días presentó que la E1 (brócoli) tiene una media mayor a la E2 (coliflor) recalcando que las semillas de brócoli son híbridas y las semillas de coliflor no lo son, por lo tanto, en la primera toma de datos el mayor crecimiento se presentó en la E1 se puede relacionar con que la semilla posee mayor vigor y tamaño. Esto concuerda con Powell et al. (2009), mencionando que el vigor posibilita una emergencia más rápida y uniforme.

Tabla 8. Prueba de tukey al 5% para la altura de las plántulas a los 7,14, y 21 días por factores

Factores Especies	Días al muestreo		
	7 días	14 días	21 días
E1	3,45 A	5,21 B	10,13 B
E2	2,75 B	6,09 A	10,64 A

Nota. E1=brócoli; E2=coliflor.

4.1.3. Número de hojas

La siguiente Tabla 9 presenta el análisis de varianza (ANAVA) para la variable número de hojas. Los resultados indican que el valor de $p > 0,05$ en la toma de datos a los 7 días es mayor al nivel de significancia (0.2219), a los 14 días se presenta un $p < 0.0001$ es decir que es altamente significativo, posteriormente a los 21 días de igual manera con $p < 0.001$ entre tratamientos. Por otro lado, el coeficiente de variación para la toma de datos en 8.16 y 24 días es de 7.42%, 6.83% y 2.42% respectivamente.

Tabla 9. Análisis de varianza de número de hojas a los 7,14 y 21 días

F.V	G.L	Días al muestreo		
		7	14	21
Modelo	16			
Tratamiento	13	0.2219 ns	<0.0001**	<0.0001**
Repetición	3			
Error	39			
Total	55			
CV %		7.42	6.83	2.42
Media (#)		1.74	3.36	3.97

Nota. GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; *=Significativo; **=Altamente significativo.

Seguidamente en la Tabla 10 se muestra la prueba de Tukey al 5% para el numero de hojas de las plántulas en los 7,14 y 21 días, muestra que a los 7 días los valores no tienen diferencia significativa denominados todos por la letra (A), por otro lado, a los 14 días, el T8 y T9 tuvieron mayores números de hojas y el T7 presentó el menor número de hojas. Finalmente, a los 21 días, el tratamiento que sobresalió es el T2 y el menor el T14,

observando que el T2, T8 y T9 resultaron los tratamientos más efectivos en estimular el crecimiento foliar de las plántulas.

Tabla 10. Prueba de tukey al 5% para el número de hojas de las plántulas en los 14 y 21 días

Tratamientos	14 días	21 días
T1 (E1S1)	3.22 AB	4.13 AB
T2 (E1S1C1)	3.32 AB	4.19 A
T3 (E1S1C2)	3.28 AB	4.10 ABC
T4 (E1S2C1)	3.31 AB	4.00 ABCD
T5 (E1S2C2)	3.35 AB	4.10 ABC
T6 (E1S2)	3.26 AB	4.03 ABCD
T7 (E1S1)	2.47 C	3.88 CDE
T8 (E2S1)	3.79 A	3.88 CDE
T9 (E2S1C1)	3.72 A	3.94 BCD
T10 (E2S1C2)	3.50 AB	3.94 BCD
T11 (E2S2C1)	3.60 AB	3.97 ABCD
T12 (E2S2C2)	3.57 AB	3.85 DE
T13 (E2S2)	3.53 AB	3.91 BCD
T14 (E2S1)	3.07 B	3.66 E

Nota. E1=brócoli; E2=coliflor; S1 (sustrato 1); S2 (sustrato 2); C1 (combinación de soluciones nutritivas dando como resultado conductividad eléctrica 1); C2 (combinación de soluciones nutritivas dando como resultado conductividad eléctrica 2).

En la Tabla 11, se muestra el análisis de varianza de número de hojas a los 7,14 y 21 días por factores en donde da como resultado que solo el factor especie tuvo diferencias altamente significativas en número de hojas a los 14 y 21 días, en el caso de sustrato y conductividad eléctrica no influyeron en ningún momento y el coeficiente de variación fue bajo presentando el 5.69% a los 14 días y 2.50% a los 21 días.

Tabla 11. Análisis de varianza de número de hojas a los 7,14 y 21 días por factores

F.V	G.L	Días al muestreo		
		7	14	21
Modelo	7			
Repeticiones	3			
Especie	1	0.9916ns	<0.0001**	<0.0001**
Sustrato	1	0.4191ns	0.5308ns	0.0762ns
CE	2	0.7291ns	0.6594ns	0.5255ns
Error	40			
Total	47			
CV %		7.81	5.69	2.50
Media (#)		1.74	3.36	3.97

Nota. GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; *=Significativo; **=Altamente significativo.

La Tabla 12, muestra el efecto del factor especie sobre la variable número de hojas a los 7,14 y 21 días, A los 7 días no hubo diferencias significativas, A los 14 días E2 superó a E1 en número de hojas. Sin embargo, a los 21 días la especie 1 (brócoli) generó mayor número de hojas que la especie 2 (coliflor).

Tabla 12. Prueba de tukey al 5% para número de hojas a los, 14, y 21 días por factores

Factores Especies	Días al muestreo	
	14 días	21 días
E1	3.29 B	4.09 A
E2	3.62 A	3.91 B

Nota. E1=brócoli; E2=coliflor.

4.1.4. Diámetro del tallo

En la variable del diámetro del tallo en las plántulas se presenta un análisis de varianza (ANAVA), en donde se identifica que el valor de p en tratamientos es menor al 0.05 dando <0.0001 lo que da a conocer que es altamente significativo y el coeficiente de variación (CV) para esta variable es de 7.97% como se presenta en la Tabla 13.

Tabla 13. Análisis de varianza del diámetro del tallo

F.V.	GL	p-valor
Modelo	16	
Tratamiento	13	<0.0001**
Repeticiones	3	
Error	39	
Total	55	
CV%		7.97
Media (mm)		2.34

Nota. GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; *=Significativo; **=Altamente significativo.

En la Tabla 14, muestra que, a los 21 días, los tratamientos T2, T3, T8, T9, T10, T11 y T12 revelaron los mayores diámetros de tallo representándose con la letra A y los tratamientos T7 y T14 registraron los diámetros de tallo más pequeños.

Tabla 14. Prueba de tukey al 5% para la variable diámetro del tallo

Tratamientos	21 días
T1 (E1S1)	2.47 AB
T2 (E1S1C1)	2.69 A
T3 (E1S1C2)	2.63 A
T4 (E1S2C1)	2.30 AB
T5 (E1S2C2)	2.27 AB
T6 (E1S2)	2.13 B
T7 (E1S1)	1.36 C
T8 (E2S1)	2.63 A
T9 (E2S1C1)	2.66 A
T10 (E2S1C2)	2.63 A
T11 (E2S2C1)	2.66 A
T12 (E2S2C2)	2.63 A
T13 (E2S2)	2.52 AB
T14 (E2S1)	1.18 C

Nota. E1=brócoli; E2=coliflor; S1 (sustrato 1); S2 (sustrato 2); C1 (combinación de soluciones nutritivas dando como resultado conductividad eléctrica 1); C2 (combinación de soluciones nutritivas dando como resultado conductividad eléctrica 2).

La Tabla 15, indica el análisis de varianza del diámetro del tallo por factores dando como resultado que la especie ($p= 0.0007$) como el sustrato ($p=0.0010$) muestran diferencias significativas, mientras que la conductividad eléctrica no tuvo diferencia significativa y el coeficiente de variación es de 7.75%.

Tabla 15. Análisis de varianza del diámetro del tallo por factores

F.V.	GL	p-valor
Modelo	7	
Repeticiones	3	
Especie	1	0.0007*
Sustrato	1	0.0010*
CE	2	0.1197ns
Error	40	
Total	47	
CV%		7.75
Media		2.42

Nota. GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; *=Significativo; **=Altamente significativo.

A continuación, la Tabla 16, muestra la prueba de Tukey al 5% para el diámetro del tallo por factores registrando que el diámetro del tallo fue mayor en E2 que en E1. Respecto al sustrato, S1 fue superior a S2, en cuanto a la conductividad eléctrica no existió diferencias significativas representándose todos con la letra (A).

Tabla 16. Prueba de tukey al 5% para la variable diámetro del tallo por factores

Factores	mm
Especies	Diámetro
E1	2.41 B
E2	2.62 A
Sustratos	Diámetro
S1	2.62 A
S2	2.42 B

Nota. E1=brócoli; E2=coliflor; S1 (sustrato 1); S2 (sustrato 2); C1 (combinación de soluciones nutritivas dando como resultado conductividad eléctrica 1); C2 (combinación de soluciones nutritivas dando como resultado conductividad eléctrica 2).

4.1.5. Volumen de la raíz

En la Tabla 17, la variable de volumen de la raíz se presenta un análisis de varianza (ANAVA), se identifica que el valor de p en los tratamientos es menor al 0.05 dando como resultado <0.0001 significa que es altamente significativo, con un coeficiente de variación de 19.64% con respecto a la variable del volumen de la raíz.

Tabla 17. Análisis de varianza del volumen de la raíz

F.V.	GL	p-valor
Modelo	16	<0.0001
Tratamiento	13	<0.0001**
Repeticiones	3	0.0051
Error	39	
Total	55	
CV%		19.64
Media (mL)		0.28

Nota. GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; *=Significativo; **=Altamente significativo.

Los resultados de la prueba de Tukey para el volumen de la raíz indican que los tratamientos T13, T2, T4, T5, T9, T3, T12, T11, T10, T1, T8 y T6 tuvieron un desempeño similar, sin diferencias significativas entre ellos, lo que sugiere que fueron igualmente efectivos. Por otro lado, los tratamientos T14 y T7 se ubicaron en un grupo aparte, con un rendimiento notablemente más bajo, como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. Prueba de tukey al 5% para el volumen de la raíz

Tratamientos	21 días
T1 (E1S1)	0.30 A
T2 (E1S1C1)	0.35 A
T3 (E1S1C2)	0.33 A
T4 (E1S2C1)	0.33 A
T5 (E1S2C2)	0.33 A
T6 (E1S2)	0.27 A
T7 (E1S1)	0.06 B
T8 (E2S1)	0.29 A
T9 (E2S1C1)	0.33 A
T10 (E2S1C2)	0.31 A
T11 (E2S2C1)	0.32 A
T12 (E2S2C2)	0.32 A
T13 (E2S2)	0.36 A
T14 (E2S1)	0.06 B

Nota. E1=brócoli; E2=coliflor; S1 (sustrato 1); S2 (sustrato 2); C1 (combinación de soluciones nutritivas dando como resultado conductividad eléctrica 1); C2 (combinación de soluciones nutritivas dando como resultado conductividad eléctrica 2).

4.1.6 Largo de la raíz

En la Tabla 19, se detalla la variable correspondiente al largo de la raíz de las plántulas en donde se analizó mediante ANAVA, dando como resultado en $p < 0.0001$ lo que significa que es altamente significativo en los tratamientos y con un coeficiente de variación de 9.06% sugiere que la variabilidad relativa en los datos es baja, lo que implica que los resultados son consistentes y confiables.

Tabla 19. Análisis de varianza del largo de la raíz

F.V.	GL	p-valor
Modelo	16	<0.0001
Tratamiento	13	<0.0001**
Repeticiones	3	<0.0001
Error	39	
Total	55	
CV%		9.06
Media(cm)		8.43

Nota. GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de Variación; P-valor= Grado de significancia; ns= No significancia; *=Significativo; **=Altamente significativo.

En el análisis de los tratamientos, se observó que los tratamientos T5, T10, T12, T6, T8, T4, T13, T9, T11, T2, T1 y T3 presentaron medias similares y no mostraron diferencias significativas. Sin embargo, los tratamientos T7 y T14 tuvieron los resultados más bajos representando con la letra (B), como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Prueba de tukey al 5% para el largo de la raíz

Tratamientos	21 días
T1 (E1S1)	8.83 A
T2 (E1S1C1)	8.87 A
T3 (E1S1C2)	8.71 A
T4 (E1S2C1)	9.11 A
T5 (E1S2C2)	9.69 A
T6 (E1S2)	9.17 A
T7 (E1ST)	4.95 B
T8 (E2S1)	7.82 A
T9 (E2S1C1)	9.06 A
T10 (E2S1C2)	9.56 A
T11 (E2S2C1)	8.97 A
T12 (E2S2C2)	9.28 A
T13 (E2S2)	9.08 A
T14 (E2ST)	4.91 B

Nota. E1=brócoli; E2=coliflor; S1 (sustrato 1); S2 (sustrato 2); C1 (combinación de soluciones nutritivas dando como resultado conductividad eléctrica 1); C2 (combinación de soluciones nutritivas dando como resultado conductividad eléctrica 2).

Continuando con la discusión, en el caso de la variable número de hojas a los 7 días no presentó diferencias significativas entre tratamientos, al contrario de los días 14 y 21 en donde si existió una diferencia altamente significativa y tras finalizar el proceso de recolección de datos los mejores resultados han sido presentados por los tratamientos : T2, T8 y T9 lo cuales compartían la característica de estar compuestos por el S1 que en su estructura presenta una mayor cantidad de vermicompost como también un cierto porcentaje de cascarilla de arroz, demostrando que a medida que progresa el desarrollo de la plántula, la mezcla del sustrato juega un papel esencial en la emergencia foliar.

En el análisis estadístico de la variable diámetro del tallo por tratamientos, si presentó diferencias significativas y los mejores tratamientos fueron: T2, T3, T8, T9, T10, T11, y T12 en donde se observó que todos estos tratamientos constan de los sustratos que están mezclados y presentan características para proporcionar el desarrollo de las semillas, por el contrario, los peores el T7 y T14 no presentan la mezcla de sustratos eficaz para el avance de las plántulas.

La variable volumen de raíz presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos, dando como mejores resultados todos los tratamientos que poseen las mezclas respectivas de sustratos (S1 y S2) con excepción de T7 y T14 que fueron los que obtuvieron pésimos resultados ya que el sustrato que poseían estos tratamientos solo era suelo negro.

Como última variable se tiene el largo de la raíz, que presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos, de igual manera como en la variable volumen de raíz los mejores resultados los tuvieron todos los tratamientos con excepción de T7 y T14.

Todo el análisis de las variables número de hojas, diámetro del tallo, volumen de la raíz y largo de la raíz y sus resultados correspondientes se debe a que contaron con sustratos que proporcionaron características físicas y químicas favoreciendo en el desarrollo de las plántulas de brócoli y coliflor. Esto lo corrobora Agroferti (2024), en donde mencionando que para que un cultivo crezca, es necesario de un buen sustrato que contenga una buena aireación, retenga agua pero al mismo tiempo no ahogue las semillas y tenga buen drenaje. Además, es importante que proporcione nutrientes adecuados para que las plantas prosperen.

Y en el caso de los tratamientos que poseen los mejores resultados en todas las variables evaluadas, tienen como sustratos a S1 y S2 los mismo que presentan mezcla de arena, suelo negro, vermicompost y cascarilla de arroz con sus respectivos porcentajes, dando como resultado un excelente sustrato que presenta las características anteriormente mencionadas para su óptimo progreso. Esto corrobora Docampo (2012), señalando que la materia orgánica es crucial para un sustrato saludable el mismo que establece fertilidad, capacidad para reservar agua, defensa contra la erosión y brinda resistencia contra enfermedades y plagas.

Finalmente, al realizar el análisis estadístico de las diferentes variables por factores (especie, sustrato y CE), se reveló que para la variable número de hojas solo existió

diferencia significativa entre especie, generando mejor resultado la E1 (brócoli), en el caso de la variable diámetro del tallo, se evidenció que hay diferencias significativas entre especie y sustrato, culminando como resultado óptimo en especie la E2 y como sustrato el S1.

En este caso al comparar los comportamientos de las diferentes semillas, se observó que el desempeño no fue homogéneo en todas las variables evaluadas. Aun cuando las semillas convencionales (E2= coliflor) mostraron mejor desempeño en las variables como altura de plántula y diámetro del tallo, en otras variables, como número de hojas las semillas híbridas (E1= brócoli) presentaron mejor rendimiento. Cabe recalcar que en la variable altura las medias de las diferentes especies no presentan un rango alto de diferencia, para E2 una media de 10.64 y E1 con 10.13. Cornell University (s. f) aporta que la elección entre semillas híbridas y tradicionales depende de los objetivos de cada cultivador. Si se busca la diversidad genética, las semillas tradicionales pueden ser las ideales. Pero, si se busca resistencia a enfermedades, alto rendimiento y uniformidad, las semillas híbridas podrían ser la mejor alternativa.

Pérez et al. (2019) menciona que los híbridos pueden destacar en crecimiento inicial y en desempeño comercial, pero esto también depende de factores como sustrato, ambiente y nutrición. Esto indica que no siempre las semillas híbridas superarán a las demás variedades de semillas.

Las soluciones nutritivas con conductividades eléctricas de 1.1 mS/cm y 2.2 mS/cm no causaron diferencias significativas en ninguna de las variables aplicadas en la investigación, esto se debe a que el brócoli tolera suelos ligeramente ácidos con un pH entre 6 y 6.8 y la coliflor un pH de 6.5 a 7.5 esto significa que los valores de CE suministrados podrían encontrarse dentro del rango óptimo, en este caso se recomienda realizar un estudio en donde el rango de CE aumente para observar los impactos que proporcionaría con CE más altas.

Esto se corrobora con el estudio de Tabassum et al. (2022), en donde aplicaron CE más altas y llegaron a la conclusión de que el tratamiento óptimo para el crecimiento y calidad del brócoli en un sistema hidropónico es una conductividad eléctrica (CE) de 3.0, correspondiente al tratamiento T4.

4.1.7, Relación costo beneficio

En la Tabla 21, se da a conocer el costo de producción por tratamiento, así mismo su Costo Beneficio, donde se observa que la mayoría de los tratamientos son rentables con excepción del T7 y T14 los cuales de igual manera no aportan con buenas medias en las variables evaluadas, dando un beneficio directo de -0.09 y -0.11 respectivamente. Por otro lado, el tratamiento que presentó un mayor ingreso fue el T2 (E1S1C1) el cual proporcionó una rentabilidad de 0.61 ctvs. por dólar invertido.

Tabla 21. Costo Beneficio por tratamiento

Tratamientos	Costo/T	Producción	Costo /plántula	Ingreso total	Utilidad neta	Costo beneficio	Costo Directo
T1	12.09	360 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 18.00	5.91	1.49	0.49
T2	12.14	390 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 19.50	7.36	1.61	0.61
T3	12.19	387 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 19.35	7.16	1.59	0.59
T4	12.14	378 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 18.90	6.76	1.56	0.56
T5	12.19	367 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 18.35	6.16	1.51	0.51
T6	12.09	362 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$18.10	6.01	1.50	0.50
T7	12.09	220 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$11.00	-1.09	0.91	-0.09
T8	12.09	330 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$16.50	4.41	1.36	0.36
T9	12.14	352 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$17.60	5.46	1.45	0.45
T10	12.19	355 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$17.75	5.56	1.46	0.46
T11	12.14	320 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$16.00	3.86	1.32	0.32
T12	12.19	328 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$16.40	4.21	1.35	0.35
T13	12.09	336 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$16.80	4.71	1.39	0.39
T14	12.09	215 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$10.75	-1.34	0.89	-0.11

En la Tabla 22 se muestra el costo por tratamiento proyectado en una hectárea, considerando el precio fijo de \$0.05 ctvs por plántula.

Tabla 22. Costo Beneficio por tratamiento proyectada a una hectárea

Tratamientos	Costo/H	Producción/Ha	Costo/plántula	Ingreso total	Utilidad neta	Costo beneficio	Costo Directo
T1	335.83	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	164.17	1.49	0.49
T2	311.28	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	188.72	1.61	0.61
T3	314.99	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	185.01	1.59	0.59
T4	321.16	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	178.84	1.56	0.56
T5	332.15	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	167.85	1.51	0.51
T6	333.98	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	166.02	1.50	0.50
T7	549.55	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	-49.55	0.91	-0.09
T8	366.36	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	133.64	1.36	0.36
T9	344.89	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	155.11	1.45	0.45
T10	343.38	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	156.62	1.46	0.46
T11	379.38	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	120.63	1.32	0.32
T12	371.65	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	128.35	1.35	0.35
T13	359.82	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	140.18	1.39	0.39
T14	562.33	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	-62.33	0.89	-0.11

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El tipo de sustrato influye directamente en el desarrollo y calidad de las plántulas. Aunque en algunos casos no hubo diferencias estadísticas significativas, se observó que los sustratos S1 (40% suelo negro + 10% arena + 10% cascarilla de arroz + 40% vermicompost) y S2 (50% suelo negro + 10% arena + 10% cascarilla de arroz + 30% vermicompost) favorecieron el crecimiento en altura, número de hojas y volumen radicular, siendo los más adecuados para obtener plántulas de mejor calidad en brócoli y coliflor. Además, al finalizar el experimento, el S1 registró la mayor cantidad de plántulas (390), lo que indica que ofreció mejores condiciones físicas para la germinación y establecimiento de ambas especies.
- Los resultados mostraron que las soluciones nutritivas con sulfato de potasio, sulfato de magnesio, 20-35-0 y 4-48-5-0,1, tanto con conductividad eléctrica de 1.1 como de 2.2 mS/cm, no tuvieron un impacto significativo en ninguna de las variables evaluadas. Esto indica que ambos niveles de CE fueron adecuados para el crecimiento de las plántulas.
- El análisis económico mostró que el tratamiento T2 (E1S1C1), correspondiente al brócoli con el sustrato 1 (40% suelo negro + 10% arena + 10% cascarilla de arroz + 40% vermicompost) y la solución nutritiva con C1, compuesta por sulfato de potasio (0,4 g/L), sulfato de magnesio (0,5 g/L), 20-35-0 (0,3 g/L) y 4-48-5-0,1 (0,5 g/L), generó una rentabilidad de 0,61 centavos por cada dólar invertido.
- Las conductividades eléctricas no presentan ningún efecto en las soluciones nutritivas para el crecimiento de las plántulas brócoli y coliflor. Las conductividades eléctricas (1.1 y 2.2 mS/cm) no afectaron el crecimiento de las plántulas. Ambas fueron adecuadas y no causaron diferencias importantes. El tipo de sustrato tuvo mayor influencia en el desarrollo de las plántulas que la conductividad eléctrica.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el S1 (40% suelo negro + 10% arena + 10% cascarilla de arroz + 40% vermicompost) como primera opción para producir plántulas de brócoli y coliflor.
- En el caso de las conductividades eléctricas, se sugiere ampliar el rango de CE en las soluciones nutritivas durante la germinación de semillas, con el fin de identificar valores críticos que puedan afectar el desarrollo de las plántulas.
- Se recomienda hacer el experimento usando solo un tipo de semilla, ya sea híbrida o convencional, y trabajar con una sola especie, ya sea brócoli o coliflor. Así se obtienen resultados más claros y sin confusión por las diferencias entre semillas o especies.
- Socializar los sustratos óptimos que se utilizaron en esta investigación para futuras producciones de estas variedades hortícolas.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J., Martínez, B., Cerdá, A., Ferrández, B., y Núñez, E. (2018). Alimentos de la región de Murcia: Brocoli. Cátedra UCAM-Santander.
- Agroferti. (2024). Fertilizantes y germinación. <https://www.agroferti.com/es/fertilizantes-y-germinacion/>
- Andrade-Rodríguez, M., Ayala-Hernández, J. J., Alía-Tejacal, I., Rodríguez-Mendoza, H., Acosta-Durán, C. M., y López-Martínez, V. (2008). Efecto de promotores de la germinación y sustratos en el desarrollo de plántulas de papayo. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(4), 617-635. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000400002&lng=es&tlng=es
- Bloodnick, E. (2016, 6 de junio). Principios básicos de los sustratos. Premier Tech Horticulture. <https://www.pthorticulture.com/es-us/centro-de-formacion/principios-basicos-de-los-sustratos>
- Bloodnick, E. (2023, 7 de septiembre). Manejo nutricional para germinación de semillas y plantas jóvenes. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/manejo-nutricional-para-germinacion-de-semillas-y-plantas-jovenes>
- Büyükaslan, D., y Demir, H. (2024). Effects of vermicompost as an alternative substrate on yield and quality of cauliflower and pepper seedlings. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 52(2), Article 13587. <https://doi.org/10.15835/nbha52213587>
- Cevallos, G. (2013). Influencia de dos medios de cultivo en la productividad de tres cultivares de coliflor (*Brassica Oleracea*, L) de colores (Sunset, Verde Trevi y Grafiti), bajo condiciones orgánicas de cultivo, a 2.450 m.s.n.m. El Quinche-Pichincha 2013 [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]
- Ciampitti, I. A., Micucci, F. G., Fontanetto, H., y García, F. O. (2006). Manejo y ubicación del fertilizante junto a la semilla: Efectos fitotóxicos. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, (31), 1–8. <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/manejo-y-ubicacion-de-los-fertilizantes-junto-a-las-semillas-efectos-fitotoxicos.pdf>
- Ciampitti, I. A., Micucci, F. G., Fontanetto, H., y García, F. O. (2020). Manejo y ubicación de los fertilizantes junto a las semillas: efectos fitotóxicos.

<https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/manejo-y-ubicacion-de-los-fertilizantes-junto-a-las-semillas-efectos-fitotoxicos.pdf>

Cotrina, F. (2025). Cultivo de la coliflor. Ministerio de Agricultura y Pesca.

David-Santoya, J. J. E., Gómez-Álvarez, R., Jarquín-Sánchez, A., y Villanueva-López, G. (2018). Caracterización de vermicompostas y su efecto en la germinación y crecimiento de *Capsicum chinense* Jacquin. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(14), 181-190. <https://doi.org/10.19136/era.a5n14.1465>

Docampo, R. (2012). La importancia de la materia orgánica del suelo y su manejo en producción frutícola. 1688-9258, 81-88. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11480/1/sad-687-p.81-88.pdf>

Durán, L., y Henríquez, C. (2007). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 31(1), 41-51. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43631105>

Ecosostenibile. (2022, 14 de diciembre). *Brassica oleracea var. italica*. *Antropocene.it*. <https://antropocene.it/es/2022/12/14/brassica-oleracea-var-italica-3/>

Ed Bloodnick. (2023, 7 de septiembre). Manejo nutricional para germinación de semillas y plantas jóvenes. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/manejo-nutricional-para-germinacion-de-semillas-y-plantas-jovenes>

Fiorin, T. T., Menegaes, J. F., Rodrigues, A. M., y Swarowsky, A. (2022). Emergencia y producción de plántulas de brócoli y coliflor en diferentes sustratos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 16(2), e14339. <https://doi.org/10.17584/rcch.2022v16i2.14339>

Fueyo, M. (2005). La coliflor. Un cultivo rentable para la horticultura asturiana. *Tecnología Agroalimentaria*.

Gardeners World. (2025). *Brassica oleracea var. botrytis 'Raleigh F1'* [Perfil de planta]. Recuperado el 10 de julio de 2025, de <https://www.gardenersworld.com/plants/brassica-oleracea-var-botrytis-raleigh-f1/>

Guangatal, C. E. (2022). Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea var. itálica*) [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/70c8e061-530b-42b5-9ab9-2f2c654e2645/content>

Hallman, L. M., Fox, J. P., Paoli, J. P., Hussain, K., Wright, A. L., y Rossi, L. (2024). La materia orgánica del suelo influye en el crecimiento de los cítricos, la absorción de nutrientes y la arquitectura del sistema radicular. *Revista de Investigación*

en Ciencias del Suelo, 59(12), 1781–1788.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI118225-24>

Ilbay, L. (2012). Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Itálica) [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato].

InfoAgro. (2022). Cultivo de coliflor en México. Agrícola de México, S.A. de C.V. Instituto Nacional de Aprendizaje (INA). (s.f.). Sustrato para uso en la preparación del semillero de hortalizas. https://www.inapidte.ac.cr/pluginfile.php/31035/mod_resource/content/4/PDF-Sustrato.pdf

Intagri. (2017). Uso eficiente del fósforo en la agricultura. Serie Nutrición Vegetal Núm. 105. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.

Intagri. (2025). Factores a considerar para la elección del sustrato ideal en la producción de hortalizas. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/factores-para-eleccion-de-sustrato-en-hortaliza>

Maher Electrónica. (2021). Qué es la conductividad eléctrica y su importancia en los cultivos. <https://www.maherelectronica.com/conductividad-electrica-agricultura/>

Mariana Muñoz-Morales, J., Capilla-Otero, M., Gordillo-Ibarra, X., y Muñoz-Morales, M. (2024). El impacto del uso inadecuado de agroquímicos y riego intensivo en la degradación del suelo: del cultivo al yermo. *AyTBUAP*, 9(34), 65–70. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12510276>

Martinez, R. (2004). El cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica) en el norte de Guanajuato. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

Martínez, S. D., Muggeridge, J. D., de Souza, J. V., Carvajal, L. M., Jeréz, F., y Sánchez, M. E. (2016). Manual para el cultivo de hortalizas: Parte especial. Louvain Cooperation; Organización Esperanza Bolivia. <https://louvaincooperation.org/sites/default/files/2019-01/83-Manual%20para%20el%20Cultivo%20de%20Hortalizas.pdf>

Meza, N., Arizaleta, M., y Bautista, D. (2007). Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de semillas de parchita (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 24(1), 69-80. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000100005&lng=es&tlng=es

Moreno Ardila, S. (2020). Evaluación de sustratos, para la germinación y desarrollo vegetativo de las especies (*Theobroma cacao* L.), (*Cedrela odorata* L.) y (*Clathrotropis brunnea* A.), en el municipio de Girón Santander [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/35151>

- Ordóñez, C. (2017). Evaluación de humus y compost en mezclas con materiales orgánicos como sustratos alternativos para la producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* L.) en la Quinta Experimental Docente La Argelia [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja].
- Ortiz, R. (2021). Efecto de diferentes conductividades eléctricas en la germinación de semillas de maíz (*Zea mays*) en Santa Elena, Ecuador. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Pita Villamil, J. M., y Pérez García, F. (1998). Germinación de semillas (Hojas Divulgadoras, Núm. 2090). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf
- Profertil. (2020). Manejo y ubicación de los fertilizantes junto a las semillas: efectos fitotóxicos. <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/manejo-y-ubicacion-de-los-fertilizantes-junto-a-las- semillas-efectos-fitotoxicos.pdf>
- PROAIN TECNOLOGÍA AGRÍCOLA. (2020). Diagnóstico nutrimental en la producción de brócoli. <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/diagnostico-nutrimental-en-la-produccion-de-broccoli>
- Puca, F. (2012). Evaluación de NPK en la calidad de la pella de coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato].
- Rabbee, H. E., Methela, N. J., Hossain, B., y Suhel, M. R. I. (2020). Growth and yield response of Broccoli to vermicompost and farmyard manure. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, 25(2), 2107–2113. <https://doi.org/10.18801/jbar.250220.257>
- Santoyo, J., y Martínez, C. (2011). Tecnología de producción de brócoli. Fundación Produce.
- Tabassum, M., Akon, M. R., Howlader, J., y Malek, M. A. (2022). Effect of Electrical Conductivity on Growth, Yield and Quality of Broccoli Grown in Hydroponic System. *International Journal of Innovative Research*, 7(3), 43.
- Toapanta, M. (2013). Introducción de cinco híbridos de coliflor (*Brassica oleracea* L. var. *Botrytis*) en el barrio Quillan Loma-parroquia Izamba [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato].
- Toledo Hevia, J. E. (2003). Cultivo del brócoli (Manual RI 2003, N° 01). Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Estación Experimental Agraria Donoso. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/895>
- Universidad Agrícola. (2025). Germinación de semillas. <https://universidadagricola.com/germinacion-de-semillas/>

Vázquez Aboytes, K. Y. (2023, 16 de agosto). Etapas crecimiento plantas [Contenido interactivo]. Genially. <https://view.genially.com/64dd13d81c1e4f00195fb0c1/interactive-content-etapas-crecimiento-plantas>

Viloria, H., y Méndez, J. (2011). Relación entre la conductividad eléctrica, pH del agua de remojo, germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) bajo dos condiciones experimentales. *Redalyc*, 123-228.

Yara México. (2018, 4 de junio). ¡La oportunidad más temprana para influir en el rendimiento de tu cultivo!. <https://www.yara.com.mx/noticias-y-eventos/noticias-mexico/deficiencias-de-zinc-los-suelos-de-america-latina/>

Zamora, E. (2016). El cultivo del brócoli. Hermosillo, Mexico: Universidad de Sonora.

Guangatal, C. (2022). Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*). Carrera de Agronomía. Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias

Ordóñez, C. (2017). Evaluación de humus y compost en mezclas con materiales orgánicos como sustratos alternativos para la producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* L.) en la Quinta Experimental Docente La Argelia. Obtención del Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/items/ef758fca-135f-4508-b956-b388ba85878d>

Ilbay, L. (2012). Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*). Con el propósito de: determinar el sustrato orgánico más adecuado para la producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*). Obtención del TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA. Universidad Técnica de Ambato.


INTAGRI. (2017). Uso Eficiente del Fósforo en la Agricultura. Serie Nutrición Vegetal Núm. 105. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.

Yara. (2018). ¡La oportunidad más temprano para influir en el rendimiento de tu cultivo!


Maher Smart Agrocontrollers. (2021). Qué es la conductividad eléctrica y su importancia en los cultivos.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA
ACTA
DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

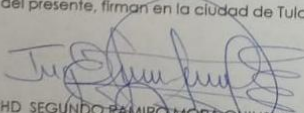
ESTUDIANTE:	García Martínez Dayana Sheccid	CÉDULA DE IDENTIDAD:	0450104849
PERIODO ACADÉMICO:	2025A		
PRESIDENTE TRIBUNAL	PHD. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL	DOCENTE TUTOR:	MSc. CARLOS DAVID HERRERA RAMIREZ
DOCENTE:	MSc NATALY TATIANA CORONEL MOSTESDEOCA		
TEMA DEL TIC:	"Evaluación de soluciones nutritivas con diferente conductividad eléctrica y sustratos sobre la producción de brócoli (Brassica Oleracea Var. Italica.) y coliflor (Brassica Oleracea Var. Botrytis L.) en el Centro Experimental San Francisco-UPEC"		

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	7,00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7,00	Fundamentar mejor la teoría, técnica
3	METODOLOGÍA	7,00	Analizar la metodología con tratamientos
4	RESULTADOS	7,00	Revisar las tablas de análisis económico, costos de producción
5	DISCUSIÓN	7,00	discutir con tratamientos
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7,00	aaumentar conclusión de objetivos
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	7,00	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	7,00	Revisar normas de redacción, faltas de ortografía y formato

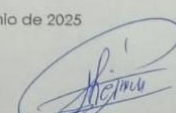
Obteniendo una nota de: **7,00** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el Informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

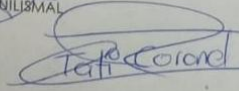
Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **viernes, 27 de junio de 2025**



PHD. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL
PRESIDENTE TRIBUNAL



MSc. CARLOS DAVID HERRERA RAMIREZ
DOCENTE TUTOR



MSc NATALY TATIANA CORONEL MOSTESDEOCA
DOCENTE

Anexo 2. Certificados del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Dayana Sheccid Garcito Martinez

Fecha de recepción del abstract: Jueves, 10 de julio de 2025

Fecha de entrega del informe: Jueves, 10 de julio de 2025

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



MA. Martha Viveros
Docente responsable del
CIDEN



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN
AND NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Dayana Sheccid Garcito Martinez				
DATE: Jueves, 10 de julio de 2025				
Topic: "Evaluación de soluciones nutritivas con diferente conductividad eléctrica y sustratos sobre la producción de brócoli (Brassica Oleracea Var.Italica.) y coliflor (Brassica Olercea Var.Botrytis L.) en el Centro Experimental San Francisco - UPEC"				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	TOTAL 9		

Anexo 3. Costos de producción proyectado a una hectárea

Tratamientos	Costo/H	Producción/Ha	Costo/plántula	Ingreso total	Utilidad neta	Costo beneficio	Costo Directo
T1	335.83	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	164.17	1.49	0.49
T2	311.28	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	188.72	1.61	0.61
T3	314.99	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	185.01	1.59	0.59
T4	321.16	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	178.84	1.56	0.56
T5	332.15	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	167.85	1.51	0.51
T6	333.98	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	166.02	1.50	0.50
T7	549.55	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	-49.55	0.91	-0.09
T8	366.36	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	133.64	1.36	0.36
T9	344.89	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	155.11	1.45	0.45
T10	343.38	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	156.62	1.46	0.46
T11	379.38	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	120.63	1.32	0.32
T12	371.65	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	128.35	1.35	0.35
T13	359.82	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	140.18	1.39	0.39
T14	562.33	10000 plántulas	\$ 0.05 ctvs	\$ 500	-62.33	0.89	-0.11

Anexo 4. Proceso Experimental



Figura 7. Preparación del Sustrato



Figura 8. Sustrato 1 y Sustrato 2



Figura 9. Relleno de bandejas con su respectivo sustrato



Figura 10. Germinación a los 8 días post siembra



Figura 11. Riego



Figura 12. Primera toma de altura



Figura 13. Formulación de C1



Figura 14. Formulación C2

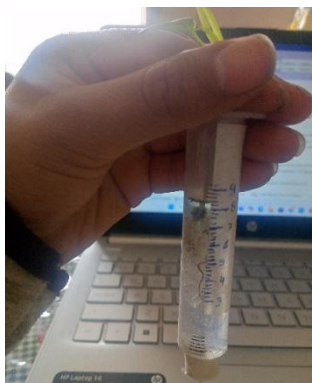


Figura 15. Toma de datos volumen de raíz



Figura 16. Toma de datos largo de raíz



Figura 17. T7 al final del ensayo



Figura 18. T14 al final del ensayo



Figura 19. Plántula de brócoli al final de la investigación



Figura 20. Plántulas de coliflor al final de la investigación

Anexo 5. Estructura de datos ingresados al Infostad para el análisis estadístico, Tabla 23.

Tabla 23. Datos del experimento

T	R	E	S	CE	GERMINACIÓN
1	3	1	1	3	0.77
1	4	1	1	3	0.83
1	2	1	1	3	0.90
1	1	1	1	3	0.92
2	2	1	1	1	0.79
2	3	1	1	1	0.79
2	1	1	1	1	0.89
2	4	1	1	1	0.93
3	2	1	1	2	0.71
3	3	1	1	2	0.80
3	1	1	1	2	0.84
3	4	1	1	2	0.94
4	1	1	2	1	0.82
4	2	1	2	1	0.85
4	3	1	2	1	0.86
4	4	1	2	1	0.88
5	2	1	2	2	0.83
5	1	1	2	2	0.84
5	3	1	2	2	0.85
5	4	1	2	2	0.90
6	2	1	2	3	0.82
6	3	1	2	3	0.89
6	4	1	2	3	0.90
6	1	1	2	3	0.91
7	3	1	3	3	0.92
7	4	1	3	3	0.92
7	2	1	3	3	0.94
7	1	1	3	3	0.98
8	4	2	1	3	0.72
8	3	2	1	3	0.83
8	1	2	1	3	0.85
8	2	2	1	3	0.90
9	1	2	1	1	0.82
9	4	2	1	1	0.86
9	3	2	1	1	0.88
9	2	2	1	1	0.95

10	4	2	1	2	0.83
10	1	2	1	2	0.86
10	3	2	1	2	0.90
10	2	2	1	2	0.92
11	2	2	2	1	0.70
11	4	2	2	1	0.79
11	1	2	2	1	0.83
11	3	2	2	1	0.87
12	3	2	2	2	0.75
12	1	2	2	2	0.76
12	4	2	2	2	0.87
12	2	2	2	2	0.89
13	4	2	2	3	0.73
13	3	2	2	3	0.82
13	1	2	2	3	0.89
13	2	2	2	3	0.93
14	2	2	3	3	0.75
14	4	2	3	3	0.77
14	1	2	3	3	0.83
14	3	2	3	3	0.83

Nota. T= Tratamientos; R= Repeticiones; E= Especies; S= Sustratos; CE= Conductividad Eléctrica.