



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DEL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE
HORTENSIAS (*Hydrangea spp. L.*) EN TRES SUSTRATOS Y
TRES DOSIS DE FITOREGULADORES, EN EL VIVERO
MUNICIPAL DE LATACUNGA 2025”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera Agrónoma

Autora: Defaz Anchatuña Lisseth
Estefania

Tutor:
Chancusig Francisco Hernán

Co tutor:
Musu Juan Pablo

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero 2025


i

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Defaz Anchatuña Lisseth Estefanía, con cédula de ciudadanía No. 0550567507, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DEL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE HORTENSIAS (*Hydrangea spp. L.*) EN TRES SUSTRATOS Y TRES DOSIS DE FITOREGULADORES, EN EL VIVERO MUNICIPAL DE LATACUNGA 2025”**, siendo el Ingeniero Mg. Francisco Hernán Chancusig, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 20 de febrero del 2025


Lisseth Estefanía Defaz Anchatuña
Estudiante
CC: 0550567507

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **DEFAZ ANCHATUÑA LISSETH ESTEFANIA** identificada con cédula de ciudadanía **0550567507** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE** y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguiente

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**EVALUACIÓN DEL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE HORTENSIAS (*Hydrangea spp. L.*) EN TRES SUSTRATOS Y TRES DOSIS DE FITOREGULADORES, EN EL VIVERO MUNICIPAL DE LATACUNGA 2025**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: octubre 2020 – marzo 2021

Finalización de la carrera: octubre 2024 – marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 12 de diciembre del 2024

Tutor: Ing. Francisco Hernán Chancusig Mg.

Tema: “**EVALUACIÓN DEL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE HORTENSIAS (*Hydrangea spp. L.*) EN TRES SUSTRATOS Y TRES DOSIS DE FITOREGULADORES, EN EL VIVERO MUNICIPAL DE LATACUNGA 2025**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonio

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato; serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 20 días del mes de febrero del 2025.


Lisseth Estefanía Defaz Anchatuña
LA CEDENTE


Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

EVALUACIÓN DEL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE HORTENSIAS (*Hydrangea spp.* L.) EN TRES SUSTRATOS Y TRES DOSIS DE FITOREGULADORES, EN EL VIVERO MUNICIPAL DE LATACUNGA 2025”, de Defaz Anchatuña Lisseth Estefania de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 20 de febrero del 2025



Ing. Francisco Hernán Chancusig Mg.
C.C: 0501883920
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Defáz Anchatuña Lisseth Estefania con el título de Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN DEL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE HORTENSIAS (*Hydrangea spp. L.*) EN TRES SUSTRATOS Y TRES DOSIS DE FITOREGULADORES, EN EL VIVERO MUNICIPAL DE LATACUNGA 2025”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 20 de febrero del 2025

Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite, Mg.
C.C: 0502409725
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Alexandra Isabel Tapia Borja, Mg.
C.C: 0502661754
LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Cristian Santiago Jiménez Jacome, Mg.
C.C: 0501946263
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto. En primer lugar, agradezco a Dios y a la Virgen de las Mercedes por bendecirme y permitirme culminar con la formación de mis estudios.

Mi más profundo agradecimiento a mi tutor de proyecto, el Ing. Francisco Hernán Chancusig. Su experiencia, comprensión y guía constante, me han motivado a alcanzar alturas que nunca imagine, gratitud por su inmenso apoyo durante este viaje. Gracias infinitas a mi madre, por su amor incondicional y su apoyo moral. Su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles, ha sido el pilar fundamental de este logro. También expreso mi gratitud a mis hermanos: Andrés, María José y Doménica, quienes supieron brindarme su tiempo para escucharme y apoyarme, y a mi abuelito José y tío Eddy, quienes han estado cuando más los necesitaba. Sin ustedes, este logro no habría sido posible, su amor y sacrificio han sido la luz que guio mi camino en este viaje académico.

Finalmente, un sincero agradecimiento a mi enamorado Sebastián, quien ha estado conmigo en los momentos de estrés y alegría durante este largo y retador camino, su apoyo, confianza, soporte y cariño han sido invaluable. Gracias por ser mi punto de apoyo.

Liseth Estefania Defaz Anchatuña

DEDICATORIA

A mi valiente madre. Este logro académico es un reflejo del inalcanzable esfuerzo que ha invertido para brindarme una

educación sólida. Cada sacrificio que has hecho, cada día de trabajo duro y cada decisión que ha tomado en mi nombre es el fundamento de mi éxito.

Este proyecto es un tributo a ti, mi fuente de fortaleza y amor, a través de tus enseñanzas y cariño, has dejado una huella imborrable en mi vida, y mi éxito académico es un reflejo de tu inquebrantable dedicación. Te amo con todo mi corazón y este proyecto es mi modesta forma de agradecerte por todo lo que has hecho por mí.

Liseth Estefania Defaz Anchatuña

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DEL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE HORTENSIAS (*Hydrangea spp.* L.) EN TRES SUSTRATOS Y TRES DOSIS DE FITOREGULADORES, EN EL VIVERO MUNICIPAL DE LATACUNGA 2025”.

Autor:

Defaz Anchatuña Liseth Estefania

RESUMEN

La propagación de hortensias (*Hydrangea spp. L.*) mediante esquejes es un tema que afecta la producción ornamental en el vivero municipal del cantón Latacunga, al no contar con un protocolo su rendimiento y calidad de plantas se ha visto afectado.

La presente investigación evaluó el enraizamiento de esquejes de esta especie en tres sustratos y tres dosis de fitoreguladores, en el Vivero Municipal de Latacunga situado en la parroquia Belisario Quevedo, provincia de Cotopaxi, se plantearon objetivos específicos como evaluar el mejor sustrato, establecer el mejor fitoregulador y determinar la dosis óptima para el enraizamiento. Se utilizó un arreglo factorial 3*3*4 implementado en un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones obteniendo un total de 36 tratamientos, el análisis funcional se evaluó mediante la Prueba de Tukey al 5%. Las variables evaluadas fueron; porcentaje de sobrevivencia, longitud radicular, masa radicular, número de hojas, diámetro de tallo, y número de plantas vivas. Mediante la interpretación de resultados se identificó que el T16 (sustrato propio + Hormonagro 1 (ANA 0,40%) + 2g/l) presentó los mejores resultados en función de las variables de sistema radicular; el mejor porcentaje de sobrevivencia de 100%, mejor longitud radicular con una media de 11,87cm, y mayor masa radicular con una media de 6,36gr. Se concluyó que es posible obtener plantas sanas y vigorosas listas para su trasplante a los 120 días después de la aplicación de ácido naftalenacético, con características ideales de masa radicular entre 2,18 – 6,36gr, y longitud de 9,89 – 11,87cm. El uso de ácido naftalenacético en diferentes dosis favoreció la emisión de raíces y la sobrevivencia de los esquejes de hortensias.

Palabras clave: *Hydrangea spp.*, Fitoreguladores, esquejes, enraizamiento, ácido naftalenacético.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: "EVALUATION OF ROOTING OF HYDRANGE CUTTINGS (*Hydrangea spp. L.*) IN THREE SUBSTRATES AND THREE DOSES OF PHYTOREGULATORS, AT THE MUNICIPAL VIVARIUM OF LATACUNGA 2025".

Author:

Defaz Anchatuña Lisseth Estefania

ABSTRACT

The propagation of hydrangeas (*Hydrangea spp. L.*) by cuttings is an issue that affects the ornamental production in the municipal nursery of Latacunga canton, not having a protocol its performance and quality of plants has been affected.

This research evaluated the rooting of cuttings of this species in three substrates and three doses of phyto regulators, at the Municipal Vivarium of Latacunga located in the parish Belisario Quevedo, province of Cotopaxi, specific objectives were set as to evaluate the best substrate, establish the best phyto regulator and determine the optimal dose for rooting. A 3*3*4 factorial

arrangement was used, implemented in a randomized complete block design (DBCA) with three replications, obtaining a total of 36 treatments. The functional analysis was evaluated using Tukey's test at 5%. The variables evaluated were: survival percentage, root length, root mass, number of leaves, stem diameter, and number of live plants. Through the interpretation of the results it was identified that T16 (sustrato propio + Hormonagro 1 (ANA 0.40%) + 2g/l) presented the best results in terms of the root system variables; the best survival percentage of 100%, the best root length with an average of 11.87cm, and the greatest root mass with an average of 6.36gr. It was concluded that it is possible to obtain healthy and vigorous plants ready for transplanting 120 days after the application of naphthalenetic acid, with ideal characteristics of root mass between 2.18 - 6.36gr, and length of 9.89 - 11.87cm. The use of naphthaleneacetic acid at different doses favored root emission and survival of hydrangea cuttings.

Key words: Hydrangea spp., Phytohormones, cuttings, rooting, naphthaleneacetic acid.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvii
ÍNDICE DE IMÁGENES	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
1. INFORMACIÓN GENERAL.	1
2. JUSTIFICACIÓN	3

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	3
3.1. <i>Beneficiarios directos</i>	3
3.2. <i>Beneficiarios indirectos.</i>	4
4. PROBLEMÁTICA.	4
5. OBJETIVOS	4
5.1. <i>Objetivo General</i>	4
5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA	7

7.1.	<i>Cultivo de la Hortensia (Hydrangea spp.)</i>	7
7.2.	<i>Características del cultivo</i>	8
7.3.	<i>Requerimientos edafoclimáticos</i>	8
7.4.	<i>Reproducción de la hortensia</i>	8
7.4.1.	Reproducción asexual de la hortensia	9
7.4.2.	Técnica de propagación vegetativa	9
7.5.	<i>Sustratos</i>	11
7.6.	<i>Sustratos utilizados en la investigación</i>	11
7.6.1.	Arena	12
7.6.2.	Pomina	12
7.6.3.	Cascarilla de arroz	12
7.6.4.	Abono orgánico (estiércol vacuno)	12
7.6.5.	Tierra negra	13
7.6.6.	Nutriabono (sustrato comercial)	13
7.7.	<i>Fitohormonas Enraizantes</i>	14
7.7.1.	Auxinas	14
7.7.2.	Giberelinas	15
7.7.3.	Citoquininas	16
7.8.	<i>Fitohormonas comerciales utilizadas en la investigación</i>	16
7.8.1.	Hormonagro 1	16
7.8.2.	Phyto Root	16
7.8.3.	Neptunum	17
8.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	17

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	18
9.1. <i>Ubicación del ensayo</i>	18
9.1.1. Características del área de estudio	18
9.1.2. Características meteorológicas en el invernadero	18
9.2.1. Experimental	19
9.3.1. Observación Directa	19
9.3.2. Análisis estadístico	19
9.4. <i>Materiales y equipos</i>	19
9.11.1. Limpieza del área de estudio	24
9.11.2. Preparación de sustratos	24
9.11.3. Enfundado de sustratos	24
9.11.4. Identificación	24
9.11.5. Selección de esquejes	24
9.11.6. Preparación de los enraizantes	25
9.11.7. Aplicación de tratamientos	25
9.11.8. Siembra de esquejes	25
9.11.9. Riego	25
9.11.10. Manejo fitotécnico	25
9.11.11. Toma de datos	26
9.11.12. Método destructivo	26
9.11.13. Tabulación de datos	26
9.12. <i>Variables a Evaluar</i>	26
9.12.1. Porcentaje de sobrevivencia	26
9.12.2. Longitud radicular	26
9.12.3. Masa radicular	27
9.12.4. Número de hojas	27
9.12.5. Diámetro de tallo	27

9.12.6.	Número de plantas vivas	27
10.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
10.1.	<i>Porcentaje de sobrevivencia</i>	28
10.1.1.	Prueba de Tukey al 5% para Factor A en la variable Porcentaje de sobrevivencia	29
10.1.2.	Prueba de Tukey al 5% para Factor B en la variable Porcentaje de sobrevivencia	30
10.1.3.	Prueba de Tukey al 5% para la interacción A x C en la variable Porcentaje de sobrevivencia a los 30DDA.	31
10.1.4.	Prueba de Tukey al 5% para interacción B x C en la variable Porcentaje de sobrevivencia a los 30DDA.	32
10.2.	<i>Longitud radicular</i>	33
10.2.1.	Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Longitud radicular a los 60 y 90DDA.	34
10.2.2.	Prueba de Tukey al 5% para Factor A en la variable Longitud radicular	35
10.2.3.	Prueba de Tukey al 5% para Factor B en la variable Longitud radicular	36
10.2.4.	Prueba de Tukey al 5% para el Factor C en la variable Longitud radicular a los 90 DDA.	37
10.2.5.	Prueba de Tukey al 5% para interacción A x B en la variable Longitud radicular a los 30 y 90 DDA	38
10.2.6.	Prueba de Tukey al 5% para interacción A x C en la variable Longitud radicular a los 90 DDA.	39
10.2.7.	Prueba de Tukey al 5% para interacción B x C en la variable Longitud radicular a los 90 DDA.	40
10.3.	<i>Masa radicular</i>	40
10.3.1.	Promedios para Tratamientos en la variable Masa radicular	41
10.3.2.	Prueba de Tukey al 5% para Factor A en la variable Masa radicular a los 30 y 60 DDA.	42
10.3.3.	Prueba de Tukey al 5% para Interacción A x C en la variable	

Masa radicular a los 30 DDA.	43
<i>10.4. Número de hojas</i>	44
10.4.1. Análisis de varianza para la variable Número de hojas	45
10.4.2. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Número de hojas	45
10.4.3. Prueba de Tukey al 5% para Factor A en la variable Número de hojas a los 30 DDA.	46
10.4.4. Prueba de Tukey al 5% para A x B en la variable Número de 90DDA.	47
10.4.5. Prueba de Tukey al 5% para A x C en la variable Número de hojas a los 90DDA.	47
<i>10.5. Diámetro de tallo</i>	48
10.5.1. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Diámetro de tallo a los 30 y 90 DDA.	49
10.5.2. Prueba de Tukey al 5% para Factor A en la variable Diámetro de tallo	50
10.5.3. Prueba de Tukey al 5% para A x C en la variable Diámetro de tallo a los 30 DDA	51
<i>10.6. Número de Plantas vivas</i>	51
10.6.1. Prueba de Tukey al 5% para Factor B en la variable Número de plantas vivas	52
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
<i>11.1. Conclusiones</i>	53
<i>11.2. Recomendaciones</i>	53
12. BIBLIOGRAFÍA	54
13. ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS	Tabla 1. Actividades por objetivo	¡Error! Marcador no definido.
	Tabla 2. Clasificación taxonómica de la Hortensia (Hydrangea spp.)	7
	Tabla 3. Composición química del Nutriabono	14
	Tabla 4. Operacionalización de las variables	17
	Tabla 5. Sustratos utilizados en el ensayo	21
	Tabla 6. Enraizantes aplicados en el ensayo	21
	Tabla 7. Dosis de enraizantes aplicados en el ensayo	21
	Tabla 8. Descripción de los Tratamientos	21
	Tabla 9. Esquema del Análisis de Varianza	23
	Tabla 10. Características de la unidad experimental	23
	Tabla 11. ADEVA para la variable Porcentaje de Supervivencia	28
	Tabla 12. ADEVA para la variable Longitud radicular	33
	Tabla 13. ADEVA para la variable Masa radicular	41
	Tabla 14. Promedios para Tratamientos en la variable Masa radicular	41
	Tabla 15. ADEVA para la variable Número de hojas	44
	Tabla 16. ADEVA para la variable Diámetro de tallo	48
	Tabla 17. ADEVA para la variable Número de Plantas vivas	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Prueba Tukey al 5% en tratamientos para porcentaje de sobrevivencia a los 30 DDA.	29
Gráfico 2. Prueba Tukey al 5% para Factor A en la variable Porcentaje de sobrevivencia 30 DDA.	30
Gráfico 3. Prueba de Tukey al 5% para Factor B en la variable Porcentaje de sobrevivencia a los 30 DDA.	31
Gráfico 4. Prueba Tukey al 5% para Interacción A x C en la variable Porcentaje de sobrevivencia a los 30 DDA.	32
Gráfico 5. Prueba Tukey al 5% para Interacción B x C en la variable Porcentaje de sobrevivencia a los 30 DDA.	33
Gráfico 6. Prueba Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Longitud radicular a los 60 y 90 DDA.	35
Gráfico 7. Prueba Tukey al 5% para Factor A en la variable Longitud radicular los 30 y 90 DDA.	36
Gráfico 8. Prueba Tukey para Factor B en la variable Longitud radicular a los 60 y 90 DDA.	37
Gráfico 9. Prueba Tukey al 5% para Factor C en la variable Longitud radicular los 90 DDA.	38
Gráfico 10. Prueba Tukey al 5% para Interacción A x B en la variable Longitud radicular	39
Gráfico 11. Prueba Tukey al 5% para Interacción A x C en la variable Longitud radicular a los 90 DDA.	40
Gráfico 12. Prueba Tukey al 5% para Interacción B x C en la variable Longitud radicular a los 90 DDA.	40
Gráfico 13. Prueba Tukey al 5% para Factor A en la variable Masa radicular los 30 y 60 DDA.	43
Gráfico 14. Prueba Tukey al 5% para A x C en la variable masa radicular los 30 DDA.	44

Gráfico 15. Prueba Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Número de hojas a los 90 DDA.	46
Gráfico 16. Prueba Tukey al 5% para Factor A en la variable Número de hojas a los 30 DDA.	46
Gráfico 17. Prueba Tukey al 5% para A x B en la variable Número de hojas a los 90 DDA.	47
Gráfico 18. Prueba Tukey al 5% para Factor C en la variable Número de hojas a los 90 DDA.	48
Gráfico 19. Promedios para Tratamientos en la variable Diámetro de tallo	49
Gráfico 20. Prueba Tukey al 5% para Factor A en la variable Diámetro de tallo los 30 y 90 DDA.	50
Gráfico 21. Prueba Tukey al 5% para A x B en la variable Diámetro de tallo los 30 DDA.	51
Gráfico 22. Prueba Tukey al 5% para Factor B en la variable Número de plantas vivas	52

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación del área de investigación	18
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja de vida del estudiante	59
Anexo 2. Hoja de vida del tutor	59
Anexo 3. Datos de las variables	59
Anexo 4. Aval del traductor	59

1. INFORMACIÓN GENERAL.

Título

“Evaluación del enraizamiento de esquejes de hortensias (*Hydrangea spp.* L.) en tres sustratos y tres dosis de fitoreguladores, en el vivero municipal de Latacunga 2025”.

Fecha de inicio: agosto 2024 **Fecha**

de finalización: febrero 2025.

Lugar de ejecución.

Illuchi, Belisario Quevedo, Latacunga, Cotopaxi, Zona 3, Vivero Municipal de Latacunga

Institución que auspicia.

Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad académica que auspicia.

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia.

Carrera de Ingeniería Agronómica.

Equipo de trabajo

Responsable del proyecto: Defaz Anchatuña Lisseth Estefania **Tutor:**

Ing. Francisco Hernán Chancusig Mg.

Co tutor: Ing. Juan Pablo Muso

Lector 1: Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite Mg.

Lector 2: Ing. Alexandra Isabel Tapia Borja Mg.

Lector 3: Ing. Cristian Santiago Jiménez Jácome Mg.

Coordinador del proyecto

Nombre: Defaz Anchatuña Lisseth Estefania

CC: 0550567507

Correo electrónico: lisseth.defaz7507@utc.edu.ec

Área de conocimiento

Agricultura, Silvicultura y Pesca – Producción agropecuaria

Línea de investigación

Análisis, conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales.

Línea de vinculación de la carrera:

Gestión de los recursos naturales, biodiversidad, biotecnológica y gestión para el desarrollo humano y social.

Convenio:

El trabajo de investigación se sustenta en el convenio de colaboración interinstitucional UTC - Vivero Municipal de Latacunga.

2. JUSTIFICACIÓN

La industria de producción de especies ornamentales en nuestro país está regida por la rosa, pero la hortensia (*Hydrangea spp.*) es una de las especies más llamativas debido a su belleza y el tamaño de las inflorescencias ocupando un importante lugar en el mercado nacional e internacional, cultivándose en provincias como Pichincha, Cotopaxi y Azuay (Martínez-Pérez, Martínez-Puc, & Cetzal, 2017).

La reproducción de esta planta es asexual mediante el enraizamiento de esquejes semileñosos siempre y cuando los mismos tengan las características adecuadas como el grado de lignificación, la cantidad de reservas y diferenciación de tejidos, también es importante conocer las características del sustrato a utilizar considerando sus propiedades físicas y químicas, capacidad de retención de agua y porosidad, contenido nutricional y CIC (capacidad de intercambio catiónico) y el uso de hormonas de enraizamiento en cantidades altas como IBA, AIA, ANA, etc. (Torres Morán et al., 2023).

Al mejorar la eficiencia en la propagación de hortensias, se puede aumentar la producción y calidad de estas plantas ornamentales, se puede fomentar la competitividad del vivero en el mercado local, lo que podría tener un impacto positivo en la economía local (González-Bedoya, 2023). Al identificar las condiciones para el enraizamiento de hortensias mediante esquejes, los productores y viveros locales podrán mejorar su eficiencia y productividad, y así los consumidores beneficiarse de una mayor disponibilidad y variedad de hortensias de alta calidad (Barrera, 2022).

Por los antecedentes mencionados anteriormente, se propone en la investigación dar una alternativa a la propagación de hortensias (*Hydrangea spp.*) el uso imprescindible de la aplicación de fitoreguladores como enraizantes y el uso de sustratos inocuos, donde se espera generar crecimiento radicular en los esquejes de hortensias (*Hydrangea spp.*) para mejorar el proceso de producción en el Vivero Municipal de Latacunga.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos del proyecto son la Universidad Técnica de Cotopaxi y los trabajadores y técnicos del Vivero Municipal de Latacunga.

3.2. Beneficiarios indirectos.

Los beneficiarios indirectos de este proyecto son todos los floricultores y viveristas de la provincia de Cotopaxi y de todo el Ecuador que se dediquen a la producción de hortensias (*Hydrangea spp.*).

4. PROBLEMÁTICA.

La propagación de hortensias (*Hydrangea spp.*), se realiza principalmente a través de métodos vegetativos, como son los esquejes, debido a la inestabilidad de las semillas, esto se debe a que las semillas de hortensias no suelen producir plantas idénticas a la planta madre, especialmente en el caso de híbridos, y tienen dificultad de germinar ya que requieren condiciones específicas de temperatura y humedad (Rincón-Baron, Echeverri, Cuaran, & Cardona-B, 2020).

También, es importante desde el punto de vista comercial debido a que se requiere seleccionar un método idóneo que permita la obtención de material vegetativo a un bajo costo de producción, en un menor tiempo y con alta calidad.

Por lo que se hace necesario recurrir a métodos de propagación vegetativa con el uso de hormonas de enraizamiento que contribuyen a acelerar el proceso y mantener las características deseables de las plantas madres como mantener intacto el genotipo, conservar la resistencia a plagas y enfermedades y maximizar el rendimiento (Díaz García et al., 2011).

Una de las problemáticas en cuanto a los sustratos es la mala selección del mismo o de los materiales que se seleccionan para su elaboración, pudiendo provocar un crecimiento lento por la falta o demasiada compactación, baja retención de humedad; además, el ataque de enfermedades en un sustrato inadecuado puede causar la mortalidad de la totalidad del material vegetal que se está propagando (Martínez-Monter et al., 2022).

Sin embargo, la propagación de hortensias (*Hydrangea spp.*) en el Vivero Municipal de Latacunga es afectada por el bajo rendimiento y calidad de las plantas que han sido enraizadas, esto debido a que no existe un protocolo establecido en el proceso de enraizamiento de esquejes; por lo tanto, se busca una nueva alternativa con el uso de sustratos, fitoreguladores y dosis en la propagación vegetativa de hortensias (*Hydrangea spp.*).

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

- Evaluar el enraizamiento de esquejes de hortensias (*Hydrangea spp. L.*) en tres sustratos y tres dosis de fitoreguladores en el vivero municipal de Latacunga.

5.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el mejor sustrato para el enraizamiento de esquejes de hortensias (*Hydrangea spp. L.*).
- Establecer el mejor fitoregulador para el enraizamiento de esquejes de hortensias (*Hydrangea spp. L.*).

- Determinar la mejor dosis para el enraizamiento de esquejes de hortensias (*Hydrangea spp.* L.).

6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades por objetivo.

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultados
Evaluar el mejor sustrato para el enraizamiento de esquejes de hortensias (<i>Hydrangea spp.</i> L.)	Preparación de los sustratos para su evaluación. Se utilizó un sustrato esqueje en cada sustrato de acuerdo a (Nutriabono) y dos sustratos elaborados (propio y municipal)	Una vez aplicado el fitoregulador en el sustrato se siembra el esqueje en cada comercial la disposición de los tratamientos. Se evaluó el sustrato que presentó menor mortalidad de esquejes y mayor masa radicular.	Identificar el mejor sustrato que presente mayor porcentaje de sobrevivencia de esquejes y mayor masa radicular.
Establecer el mejor fitoregulador para el enraizamiento de esquejes de hortensias (<i>Hydrangea spp.</i> L.)	Se seleccionó tres fitoreguladores comerciales con diferente carga de fitohormonas. Se aplicó el fitoregulador de acuerdo a la disposición de los tratamientos	Aplicación de los fitoreguladores de acuerdo a la disposición de los tratamientos	Identificar el mejor fitoregulador que presente mayor porcentaje de sobrevivencia de esquejes y mayor masa radicular
Determinar la dosis idónea para el enraizamiento de esquejes de hortensias (<i>Hydrangea spp.</i> L.).	Preparación de las dosis de los fitoreguladores en 0,5; 1 y 2 cc-g por cada litro de agua	Las dosis evaluadas están presentes en cada tratamiento. La aplicación de las dosis se realizó a cada esqueje de acuerdo a la disposición de cada tratamiento	Identificar la dosis ideal que genere mayor masa radicular

Elaborado por: Defaz, L. (2025)

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

7.1. Cultivo de la Hortensia (*Hydrangea spp.*)

7.1.1. Origen

Echeverry (2022) indica que la Hortensia pertenece al género *Hydrangea*, originaria del Japón, Yoshida et al. (2020) asevera también que la Hortensia es originaria de Japón y del Este de Asia, siendo una flor compuesta por sépalos de color azul originalmente, aunque algunos obtentores han logrado obtener algunos rangos de color diferentes.

7.1.2. Características botánicas y taxonomía

Las características morfológicas de la Hortensia (*Hydrangea spp.*) son cuestionables debido a las expresiones morfobiológicas afectadas por las condiciones ambientales donde son cultivadas (Pecchioli et al., 2013).

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la Hortensia (Hydrangea spp.)

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Cornales
Familia:	Hydrangeaceae
Tribu:	<i>Hydrangeeae</i>
Género:	<i>Hydrangea</i>

Fuente: (Hirota et al., 2022)

La hortensia es una planta herbácea, cuya altura va desde los 0,50 m hasta los 1,5 m, los tallos se forman a partir de una roseta basal donde macolla, sus tallos cilíndricos, leñosos, que alcanzan alturas sobre los 1,52 m. Las hojas son dentadas y opuestas en la mayoría de las especies, en algunas variedades las formas de las hojas pueden ser lobuladas, ovales, acuminadas y alargadas, se encuentran el número de 3 hojas por cada nudo. Las flores se ubican en una inflorescencia siendo una cima terminal umbeliforme, compuesta de diferentes ejes que soportan las flores individuales, lo que comúnmente se conoce como flores son en realidad son sépalos de color, pueden ser de diferentes tonalidades como el blanco, crema, rojo, rosa, azul (Valencia, 2021).

7.2. Características del cultivo

Valencia (2021), menciona que el ciclo fenológico de la Hortensia (*Hydrangea spp.*) es de 32 semanas donde se realiza la poda al finalizar el ciclo, podando totalmente hasta la roseta basal para la generación de nuevos tallos.

Las labores culturales se realizan una semana después de la poda que consiste en el riego mediante sistema de goteo y ubicar las mallas de soporte para los tallos desde la semana 11 a la semana 28; en la semana 10 se realiza la actividad de selección y deshoje de tallos con mayor fertilidad, dejando entre 12 – 14 tallos para evitar la competencia de nutrientes, el raleo se realiza en la semana 18 donde se eliminan los brotes nuevos y se deshoja la parte inferior del tallo para mejorar la aireación. (Valencia, 2021).

7.3. Requerimientos edafoclimáticos

La hortensia es una planta que se adapta al clima templado, con un rango de temperatura de 18 a 20 °C en el día y de 11 a 15 °C en la noche (Ibañez, 2020). Zambrano (2021), manifiesta que se debe tener cuidado con la hortensia si la temperatura es inferior a 4°C, debido a que no soporta bajas temperaturas ocasionando problemas en la calidad.

Ballester y Sebastia (2017), menciona que para una iniciación floral rápida las condiciones son de día corto; es decir, 8 horas de luminosidad, mientras que con un fotoperiodo de 14 horas se puede retrasar la iniciación floral; además, menciona que para obtener brotes vigorosos que den lugar a grandes inflorescencias se debe mantener una intensidad luminosa sobre los 20 mil lux. El sustrato debe tener un buen drenaje con una buena retención de humedad, exigente en aporte de materia orgánica y el pH del suelo afecta directamente a la coloración de la inflorescencia, donde un pH de 4,5 a 5,0 se torna la inflorescencia de color azulado, con un rango de 6,0 a 6,5 cambia a una tonalidad rosa (Zambrano, 2021).

7.4. Reproducción de la hortensia

La *H. macrophylla* presenta en parte una gran cantidad de flores estériles, lo que indudablemente limita la producción de semillas. Sin embargo, los tallos de *Hydrangea* producen fácilmente raíces adventicias y su propagación se logra fácilmente a través de esquejes de tallos y acodos aéreos (Serviss et al., 2016).

7.4.1. Reproducción asexual de la hortensia

Díaz García et al, (2011) menciona que la forma de propagación más empleada en el cultivo de la hortensia, está dado por estacas y esquejes, que se desarrollan y brotan con facilidad, siempre

que se disponga de la humedad, temperatura y luz apropiadas. Además, este método de propagación asegura la uniformidad genética de los cultivos.

Acosta (2022) indica que los esquejes es la forma principal de reproducir hortensias, donde se corta una pequeña rama o tallo de una planta madre para plantarla y genere un nuevo individuo con características iguales a su progenitor.

Esta reproducción se realiza por medio de mitosis, la propagación asexual facilita la fijación, selección y multiplicación de genotipos. El cultivo de tejidos y el cultivo de meristemas para erradicar patógenos constituye de otras aplicaciones prácticas de la reproducción asexual (Villa, 2016).

7.4.2. Técnica de propagación vegetativa

7.4.2.1. Esquejes o estacas

El esqueje se obtiene separando de la planta madre un segmento que contenga zonas meristemáticas (nudos y entrenudos). Estos segmentos pueden ser de tallos, hojas que colocadas en condiciones favorables forman un nuevo individuo con características iguales a la planta madre. Las raíces desarrolladas a partir de segmentos de tallo, hoja o tejidos de yema se las conoce como raíces adventicias. Para la obtención de esquejes se debe seleccionar el material procedente de plantas jóvenes, este tipo de plantas tienen más probabilidad de enraizar porque se encuentran en plena etapa de crecimiento. Es necesario regar las plantas madres antes de realizar esquejes, para que el tejido este turgente. La higiene es esencial para evitar riesgo de contaminación por enfermedades, por ello, las herramientas deben esterilizarse y mantenerse afiladas evitando dañar las células de las plantas durante el corte (Torres, 2014)

El tiempo que tarda en enraizar un esqueje depende de la especie, del tipo de esquejes, de la edad del tallo, de la forma de su preparación y de las condiciones de temperatura y humedad. Por lo general los esquejes foliares enraízan en unas tres semanas, mientras que los leñosos y semileñosos se demoran hasta cinco meses. El clima es muy importante para el desarrollo de los esquejes, en regiones frías es importante proporcionar un ambiente controlado, ya que el enraizamiento suele ser lento e impredecible, por ello, es necesario calentar las capas inferiores alcanzando los 15 a 25 °C, pero la temperatura ambiental debe ser más baja, para ayudar al desarrollo de las raíces y evitar favorecer el desarrollo del follaje, por esta razón recomiendan el uso de camas calientes. En cambio, en climas templados, el enraizamiento de los esquejes puede ser en el exterior a la sombra y en una tierra preparada, (Torres, 2020).

7.4.2.1.1. Tipos de esquejes

- **Esquejes de tallo:** Se corta un trozo de tallos tiernos y semi-leñosos de 10-15 cm de una planta sana, debe tener al menos 2-3 nudos, preferible que no tenga flores, ya que

consumen energía que se podría utilizar para el enraizamiento (Aránzazu-Prada & Arizpe, 2008).

- **Esquejes apicales:** Se corta la punta de un tallo joven, incluyendo hojas superiores de 10-15 cm, las puntas de los tallos suelen tener un mayor potencial de crecimiento y enraizamiento (Aránzazu-Prada & Arizpe, 2008).
- **Esquejes de tallo intermedio:** Se obtiene de la parte media de un tallo semi-leñoso, sin incluir la punta ni la base, con una longitud de 10-15cm, debe tener al menos 2-3 nudos, dejando de 1-2 hojas, este tipo de esqueje es útil cuando se quiere aprovechar el máximo a una rama larga (Aránzazu-Prada & Arizpe, 2008).
- **Esquejes de hoja con tallo:** Es el tipo de esqueje menos común, se corta una hoja con un pequeño trozo de tallo adherido, aunque no es el método mas eficaz, puede funcionar en algunos casos.

7.4.2.2. Acodo

- **Acodo simple:** Se dobla una rama flexible hacia el suelo, se entierra una parte de ella (sin separarla de la planta madre) y se asegura con una piedra o estaca.
- **Acodo aéreo:** Se realiza en ramas mas altas. Se hace un corte superficial en la rama, se aplica hormonas de enraizamiento y se envuelve con sustrato húmedo (musgo) cubierto con plástico. Una vez que aparecen las raíces, se corta la rama y se planta.

7.4.2.3. División de matas

Se utilizan en hortensias que forman matas o grupos de tallos, Se desentierra la planta y se divide en varias partes, asegurándose de que cada división tenga raíces y brotes. Luego, se replantan las divisiones (Aránzazu-Prada & Arizpe, 2008).

7.4.2.4. Propagación por hijuelos

Algunas hortensias producen hijuelos o brotes basales que pueden separarse de la planta madre una vez que tienen raíces propias. Se los puede plantar directamente en el suelo o macetas (Aránzazu-Prada & Arizpe, 2008).

7.4.2.5. Micropropagación (cultivo in vitro)

Es una técnica avanzada que se realiza en laboratorio. Se toman pequeñas porciones de tejido (meristemos) y se cultivan en un medio estéril con nutrientes y hormonas para generar nuevas plantas. Es común en producción comercial a gran escala (Aránzazu-Prada & Arizpe, 2008).

7.5. Sustratos

Roveda et al., (2006) define al sustrato como cualquier material usado como soporte para cultivar plantas o germinar semillas. Hay una variedad de materiales que pueden emplearse como sustratos, entre los que sobresalen los sustratos que consisten en combinaciones en diversos porcentajes de suelo, turba, arena, compost, vermiculita, perlita, fibra de coco, entre otros. Estos sustratos pueden utilizarse de manera individual, o combinando uno o varios de los materiales previamente citados.

Un sustrato apropiado para la exitosa producción se basará en la correcta elección de los elementos que lo componen, en la proporción volumétrica utilizada de cada uno y en las modificaciones añadidas al mismo para potenciar sus características físicas y/o químicas. El entendimiento previo de estas propiedades facilitará la rectificación de cualquier atributo de la mezcla que pueda ser inadecuado para la dispersión y crecimiento del fruto (Bernal Carrazana et al., 2019).

Para cumplir con el suministro de agua y aire, los sustratos deben poseer una porosidad mayor a 85% y capacidad de retención de agua, aunado a un drenaje rápido y una aireación entre 10 y 30%, por lo que es necesario realizar mezclas con materiales inorgánicos para obtener mejores condiciones de crecimiento para la planta (Morales y Casanova, 2015).

La producción de plantas en viveros muestra diferentes dificultades frente al sustrato adecuado para alcanzar el óptimo desarrollo de las plántulas, de esta manera el sustrato debe cumplir con ciertas propiedades físicas y químicas, y otras características que permitan el fácil acceso y manejo dentro del vivero. La necesidad de optimizar los rendimientos en el vivero ha impulsado el uso de materiales que permitan ser económicamente viables y accesibles para cualquier especie, de tal modo se generan alternativas distintas al suelo originario, puesto que se generan problemas sanitarios y fertilidad, transporte del material, limitaciones o condiciones del sitio y la capacidad en las instalaciones del vivero (Sánchez Quintero, 2017).

7.6. Sustratos utilizados en la investigación

Para la elaboración de los sustratos se utilizaron varios materiales en diferente proporción:

7.6.1. Arena

Estos materiales son procedentes de canteras naturales, su composición depende del origen de las rocas de donde provienen, estas son utilizadas en la elaboración de sustratos por su granulometría muy variable, teniendo características de baja porosidad, la ventaja de estos materiales es su fácil acceso, poseen una estructura muy estable (Luna-Fletes et al., 2023). De

acuerdo a Handreck y Black (2002), mencionan que la arena es útil para mantener la estructura del sustrato, especialmente en mezclas que contienen materiales orgánicos que tienden a descomponerse y compactarse. Por lo que la arena es un componente clave en las mezclas de sustratos debido a que mejora la aireación favoreciendo la oxigenación de las raíces, y debido a su porosidad mejora el drenaje así evitando encharcamiento y reduciendo el riesgo de enfermedades radiculares causadas por el exceso de humedad.

7.6.2. Pomina

Son materiales de origen volcánico utilizados sin someterlos a ningún tipo de tratamiento, proceso o manipulación en la elaboración de sustratos, en su composición encontramos sílice, alúmina y óxidos de hierro, también contiene calcio, magnesio, fósforo y algunos oligoelementos. Las granulometrías son muy variables y, por la misma razón, las propiedades físicas de estos materiales cambian en función de sus composiciones granulométricas (López Pérez, 2019).

7.6.3. Cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz es un sustrato orgánico con una baja tasa de descomposición, posee un alto contenido de silicio, es liviano con una densidad aparente entre 0,090 y 0,22 g/ml, tiene alta porosidad y baja capacidad de retención de humedad, su conductividad hidráulica es elevada, su pH es neutro, mientras, que la conductividad eléctrica (CE) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) son bajas. Es un material rico en potasio (3.000 a 3.500 mg/L) y fósforo (80 a 120 mg/L) y pobre en nitrógeno (menos de 100 mg/L) (López Pérez, 2019).

7.6.4. Abono orgánico (estiércol vacuno)

Los abonos orgánicos se encuentran dentro de los sustratos más utilizados en la producción de plántulas en vivero, con compuestos orgánicos como detritos y humus del suelo, residuos de árboles (cascaras, fibras y acículas), estiércol y suelo de maleza, dado que poseen macro y micronutrientes asociados a los requerimientos iniciales de las plántulas por su estructura, porosidad, interacción biótica e infiltración, entre otros (Sánchez Quintero, 2017).

Gómez (2020), destaca que el estiércol compostado es una fuente sostenible de nutrientes para la agricultura orgánica, debido a que es rico en nitrógeno, fosforo y potasio, tiene la capacidad de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Aumenta la porosidad del suelo, lo que mejora la aireación y drenajes, reduce la compactación y facilita el crecimiento de las raíces, por lo tanto, ayuda a mejorar la estructura del suelo.

7.6.5. Tierra negra

Pérez (2021), menciona que las propiedades más relevantes de la tierra negra son: textura franco-arcillosa, rica en materia orgánica y nutrientes esenciales (N, P, K), contiene microorganismos beneficiosos, alta capacidad de retención de agua, considera un pH cercano a neutro (6,5-7,5) y primordialmente es un recurso natural y renovable.

7.6.6. Nutriabono (sustrato comercial)

Enmienda biológica 100% natural y ecológica. Compost maduro elaborado a base de desechos vegetales. Antes del proceso de ensacado final, se realiza el inóculo de 4 especies de hongos benéficos para la agricultura. Previene plagas y enfermedades, gracias a los mecanismos de acción de: *Trichoderma* sp. (1×10^9 UFC/g), *Pecilomyces lilacinus* (1×10^9 UFC/g), *Beauveria bassiana* (1×10^9 UFC/g) y *Lecanicillium lecani* (1×10^9 UFC/g), mejorando la sanidad y resistencia de su cultivo. El alto contenido de nutrientes y materia orgánica garantizan mejoras y la recuperación de las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas de suelos desgastados y asegura la resistencia a sequías (Abonoagro, 2024).

Tabla 3. Composición química del Nutriabono

Elemento	Cantidad (%)	Elemento	Cantidad (%)
Materia orgánica	55,64	Hierro	0,1948
Nitrógeno	2,20	Cobre	0,0072
Fósforo	1,84	Manganeso	0,0301
Potasio	2,03	Zinc	0,0192
Calcio	8,19	Ácidos húmicos	32,8
Magnesio	0,9601	Ácidos fúlvicos	17,2

Fuente: (Abonoagro, 2024).

Las propiedades que presenta el producto Nutriabono, tiene un color café oscuro, pH de 6,5 a 7,1 a 20 °C, la densidad relativa es de 6,9 a 20 °C, humedad del 15%, su textura es suelta y granulosa, su tipo de formulación es abono orgánico limpio con microorganismos en estado latente (Abonoagro, 2024).

7.7. Fitohormonas Enraizantes

Un enraizante es un producto utilizado para ayudar a la formación de raíces, también se utiliza como potenciador para la emisión de nuevas raíces en esquejes y estacas favoreciendo el crecimiento celular (Quiroz, 2021).

Al hablar de fitohormonas, Alcántara Cortés et al., (2019) menciona que es un compuesto que se producen el interior de la planta, donde en bajas concentraciones cumple la función de cambiar y controlar los patrones de crecimiento vegetal.

Los reguladores vegetales en cambio, son compuestos que se han sintetizado químicamente o han sido obtenidos de otros organismos, que son más potentes que los mismos en estado natural, siendo una de las principales herramientas con la capacidad de controlar el crecimiento y la actividad bioquímica de los vegetales (Alcántara Cortés et al., 2019).

Carrera Maridueña et al., (2022) menciona que existen varias sustancias vegetales que actúan en el crecimiento y la iniciación de raíces adventicias, dentro de ellas se puede citar a las auxinas, citoquininas y giberelinas.

7.7.1. Auxinas

Son un tipo de fitohormonas que tienen la capacidad de dirigir e intervenir en la división, elongación y diferenciación celular, se encuentran distribuidas en las células y tejidos vegetales. Además, esta hormona es capaz de inducir la producción de diferentes raíces adventicias sobre

los tejidos de hojas y tallos recién cortados. Dentro de este grupo se encuentra el ácido indolacético (AIA) que se produce de forma general, y las auxinas producidas de manera sintética son el ácido indolbutírico (IBA), y el ácido naftalenacético (ANA), que ayudan a la estimulación en la formación y desarrollo de raíces cuando son aplicadas en la base de esquejes (Carrera Maridueña et al., 2022).

7.7.1.1. Ácido indol acético (AIA)

Es una auxina natural que se sintetiza primordialmente en los meristemos apicales de los tallos y en las hojas jóvenes, estimula la formación de raíces adventicias en esquejes aumentando la tasa de éxito en el enraizamiento de plantas leñosas y herbáceas (Carrera Maridueña et al., 2022).

Su mecanismo de acción promueve la actividad del meristemo en la base del esqueje, promoviendo la formación de células nuevas que darán origen a las raíces (Carrera Maridueña et al., (2022).

7.7.1.2. Ácido indol butírico (IBA)

El IBA promueve la formación de raíces adventicias en esquejes a través de mecanismos fisiológicos y bioquímicos; induce la proliferación de células en la zona del cambium vascular y los tejidos parenquimáticos, lo conduce a la formación de estructuras precursoras de raíces, activa genes específicos que codifican proteínas involucradas en la formación de raíces, como las quinasas y las enzimas de biosíntesis de pared celular. El IBA puede inhibir el crecimiento de brotes laterales, redirigiendo los recursos hacia la formación de raíces (Carrera Maridueña et al., (2022).

7.7.1.3. Ácido naftalenacético (ANA)

El ANA actúa como una hormona reguladora del crecimiento, influyendo en varios procesos fisiológicos que conducen a la formación de raíces adventicias en los esquejes. Su mecanismo de acción promueve la actividad mitótica en las células del tejido vascular, lo que facilita la formación de meristemos radiculares (tejidos embrionarios que dan origen a las raíces). El ANA activa la expresión de genes relacionados con la síntesis de enzimas y proteínas necesarias para el desarrollo de raíces. Además, favorece la movilización y acumulación de carbohidratos en la base del esqueje, proporcionando energía para el proceso de enraizamiento (Carrera Maridueña et al., (2022).

7.7.2. Giberelinas

Estas fitohormonas en los vegetales están involucradas en el desarrollo de tejidos cuyo crecimiento es constante, como lo pueden ser la elongación de raíces, hojas jóvenes, y floración. Por lo tanto, las giberelinas se dan de manera endógena en el proceso de germinación y desarrollo apical en las plantas. Una hormona importante es el ácido giberélico (GA3) que permite estimular la elongación celular de las plantas en condiciones de luz y oscuridad, (Alcántara et al., 2019).

7.7.3. Citoquininas

Estas fitohormonas se producen en la punta de la raíz y se transportan por la xilema vegetal hacia las demás partes de las plantas, además cumplen un papel muy importante en el aumento de la producción de brotes vegetales, (Alcántara et al., 2019).

7.8. Fitohormonas comerciales utilizadas en la investigación

7.8.1. Hormonagro 1

De acuerdo a la página de Colinagro (2023) indica que es un regulador fisiológico, cuya formulación es un polvo para espolvoreo (DP), siendo un polvo blanco ligeramente amarillo o gris, inestable a la luz, cuyo ingrediente activo es Ácido alfa Naftalenacético (ANA) al 0,40%. Se recomienda emplearlo para la propagación asexual por medio de estacas, para el enraizamiento de acodos y esquejes, siendo un poderoso estimulante que permite la formación de un sistema radicular en las plantas (Colinagro, 2023).

Se emplea mediante la impregnación de la base de esquejes o estacas ligeramente con el producto, se puede emplear en solución para aspersiones foliares o a las estacas a razón de 20 – 30 gramos por cada 20 litros de agua (Colinagro, 2023).

7.8.2. Phyto Root

Es un fitoregulador radical, especialmente diseñado para inducir y estimular la emisión de nuevas raíces, así como su ramificación y crecimiento, también favorece el engrosamiento de tallos, posee un balance perfecto de hormonas auxínicas, aminoácidos, fósforo, vitaminas, haciendo del producto el mejor y la única alternativa para generar un sistema radicular abundante y vigoroso (PhytoNutrimentos de México, 2020).

El Phyto Root presenta entre sus componentes: ácido indolbutírico (0,25 %), ácido naftalenacético (0,20 %), citocininas (10 ppm), aminoácidos (2,00%), fósforo (2,20%),

cianocobalamina (0,02%); tiene una apariencia líquida de color amarillo, con una pureza del 99,9%, pH entre 3,36 a 3,76, la densidad es de 0,997 – 1,037 g/ml, la temperatura óptima de aplicación es entre 20 y 25 °C. los efectos generados por el producto son la estimulación de la formación, crecimiento y ramificación de pelos radicales, presentado un mayor sistema radical, favorece el desarrollo de raíces laterales vigoroso (PhytoNutrimentos de México, 2020).

7.8.3. Neptunum

Neptunum es un fisionutriente orgánico 100% natural, formulado para todo tipo de cultivos. Elaborado con extractos de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*, *Laminaria* y *Sargassum*) y aminoácidos esenciales, este fertilizante mejora la salud y el vigor de las plantas. Enriquecido con reguladores de crecimiento como auxinas y citoquininas, promueve el desarrollo de raíces, la floración y el rendimiento de los cultivos. Además, proporciona nitrógeno, fósforo y potasio, esenciales para un crecimiento óptimo. Este bioestimulante potencia el metabolismo, mejora la tolerancia al estrés y optimiza la absorción de nutrientes, convirtiéndose en una herramienta clave para la agricultura moderna (AnnQuímica, 2024).

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

8.1. Hipótesis nula

Ho: El tipo de sustrato, fitoregulador y la dosis no promueven el enraizamiento de esquejes de hortensias (*Hydrangea spp*).

8.2. Hipótesis alternativa

Ha: El tipo de sustrato, fitoregulador y la dosis promueven el enraizamiento de esquejes de hortensias (*Hydrangea spp*).

8.3. Operacionalización de variables

Tabla 4. Operacionalización de las variables

Variables	Indicadores	Índice/unidad medida
VD Enraizamiento de esquejes de hortensia (<i>Hydrangea spp.</i>)	Sobrevivencia	%
	Longitud radicular	cm
	Masa radicular	gr
	Número de hojas	unidad
	Diámetro de tallo	mm
	Número de plantas vivas	unidad

VI	Sustratos	Sobrevivencia	%
	Fitoreguladores	Longitud radicular	cm
	Dosis	Masa radicular	gr
		Número de hojas	unidad
		Diámetro de tallo	mm
		Número de plantas vivas	unidad

Elaborado por: Defaz, L. (2025)

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1. Ubicación del ensayo

La presente investigación se desarrolló en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia Belisario Quevedo, Vivero Municipal de Latacunga.



Imagen 1. Ubicación del área de investigación

Fuente: Google Earth

Elaborado por: Defaz, L. (2025)

9.1.1. Características del área de estudio

Provincia:	Cotopaxi
Cantón:	Latacunga
Parroquia:	Belisario Quevedo
Latitud:	0° 58' 58" S
Longitud:	78° 35' 28" O
Altitud:	2873 msnm

9.1.2. Características meteorológicas en el invernadero

Temperatura media:	18-24°C
Temperatura máxima:	30°C
Temperatura mínima:	10-15°C
Humedad relativa:	60-80%

Fuente: INAMHI Ecuador

9.2. Tipo de investigación

9.2.1. Experimental

Según Guevara et al. (2020) manifiesta que la investigación con enfoque experimental consiste en someter a un objeto o un grupo de individuos en determinadas condiciones, tratamientos para observar los efectos o reacciones producidas.

En la presente investigación la propuesta fue manipular algunas variables para controlar el efecto en las mencionadas variables y obtener los resultados requeridos.

9.2.2. Hipotético – Deductivo

Para este método es importante plantear hipótesis a base de los datos disponibles, para luego llegar a una conclusión luego de realizar una deducción realizada a través de la experimentación.

Es importante porque este método, en la propuesta realizada debido a que se plantea la hipótesis del uso de fitoreguladores para generar masa radicular en esquejes de hortensias.

9.3. Técnicas de Investigación

9.3.1. Observación Directa

La observación directa se refiere a la descripción de una situación donde el observador es físicamente exhibido y en persona maneja lo que sucede en el experimento (Hernández et al., 2014). Durante el ensayo se utilizó esta técnica para evaluar cada uno de los tratamientos propuestos.

9.3.2. Análisis estadístico

El análisis estadístico emplea técnicas estadísticas para interpretar los datos obtenidos en el ensayo, permitiendo la toma de decisiones o la explicación de los condicionantes que determinan la ocurrencia de algún fenómeno (Hernández y otros, 2014). Para el análisis estadístico de los datos se empleó el software estadístico Infostat v 17.0.

9.4. Materiales y equipos

Material vegetativo

- Esquejes de hortensias (*Hydrangea spp.*)

Fitoreguladores

- Hormonagro 1
- Phytroot
- Neptunum

Sustratos

- Nutriabono
- Tierra negra
- Pomina
- Arena
- Abono orgánico (estiércol de vaca)
- Cascarilla de arroz

Invernadero

- Fundas plásticas de polietileno 6*8
- Bomba de fumigación
- Manguera
- Guantes
- Tijera de podar Felco 2
- Etiquetas
- Palillos
- Cubetas
- Balanza
- Cinta métrica
- Calibrador pie de rey
- Cuaderno
- Lápiz
- Computadora
- Impresora

Fungicida

- Propamocarb

9.5. Factores en estudio

Factor A. Sustratos

Tabla 5. Sustratos utilizados en el ensayo

N°	Código	Descripción
1	S1	Champiñonaza (Nutriabono)
2	S2	Sustrato propio (30% tierra negra; 30% arena; 30% abono orgánico; 10% pomina)
3	S3	Sustrato municipio (30% tierra negra; 30% abono orgánico; 40% cascarilla arroz)

Elaborado por: Defaz, L. (2025)

Factor B. Enraizantes

Tabla 6. Enraizantes aplicados en el ensayo

N°	Código	Descripción
1	E1	Hormonagro 1
2	E2	Phyto Root
3	E3	Neptunum

Elaborado por: Defaz, L. (2025)

Factor C. Dosis

Tabla 7. Dosis de enraizantes aplicados en el ensayo

N°	Código	Descripción
1	D1	0 g – cc/l
2	D2	0,5 g – cc/l
3	D3	1,0 g – cc/l
4	D4	2,0 g – cc/l

Elaborado por: Defaz, L. (2025)

9.6. Tratamientos

Al realizar la interacción de los factores en estudio se obtuvieron 36 tratamientos, donde se combina el sustrato, el enraizante y su dosis, utilizados en la investigación; a continuación, se presenta la tabla de tratamientos con su respectiva descripción.

Tabla 8. Descripción de los Tratamientos

Tratamientos	Código	Descripción
t1	S1 E1 D1	Nutriabono + Hormonagro + 0 g/l

t2	S1 E1 D2	Nutriabono + Hormonagro + 0,5 g/l
t3	S1 E1 D3	Nutriabono + Hormonagro + 1 g/l
t4	S1 E1 D4	Nutriabono + Hormonagro + 2 g/l
t5	S1 E2 D1	Nutriabono + Phyto root + 0 cc/l
t6	S1 E2 D2	Nutriabono + Phyto root + 0,5 cc/l
t7	S1 E2 D3	Nutriabono + Phyto root + 1 cc/l
t8	S1 E2 D4	Nutriabono + Phyto root + 2 cc/l
t9	S1 E3 D1	Nutriabono + Neptunum + 0 cc/l
t10	S1 E3 D2	Nutriabono + Neptunum + 0,5 cc/l
t11	S1 E3 D3	Nutriabono + Neptunum + 1 cc/l
t12	S1 E3 D4	Nutriabono + Neptunum + 2 cc/l
t13	S2 E1 D1	sustrato propio + Hormonagro + 0 g/l
t14	S2 E1 D2	sustrato propio + Hormonagro + 0,5 g/l
t15	S2 E1 D3	sustrato propio + Hormonagro + 1 g/l
t16	S2 E1 D4	sustrato propio + Hormonagro + 2 g/l
t17	S2 E2 D1	sustrato propio + Phyto root + 0 cc/l
t18	S2 E2 D2	sustrato propio + Phyto root + 0,5 cc/l
t19	S2 E2 D3	sustrato propio + Phyto root + 1 cc/l
t20	S2 E2 D4	sustrato propio + Phyto root + 2 cc/l
t21	S2 E3 D1	sustrato propio + Neptunum + 0 cc/l
t22	S2 E3 D2	sustrato propio + Neptunum + 0,5 cc/l
t23	S2 E3 D3	sustrato propio + Neptunum + 1 cc/l
t24	S2 E3 D4	sustrato propio + Neptunum + 2 cc/l
t25	S3 E1 D1	sustrato municipal + Hormonagro + 0 g/l
t26	S3 E1 D2	sustrato municipal + Hormonagro + 0,5 g/l
t27	S3 E1 D3	sustrato municipal + Hormonagro + 1 g/l
t28	S3 E1 D4	sustrato municipal + Hormonagro + 2 g/l
t29	S3 E2 D1	sustrato municipal + root + 0 cc/l
t30	S3 E2 D2	sustrato municipal + root + 0,5 cc/l
t31	S3 E2 D3	sustrato municipal + root + 1 cc/l
t32	S3 E2 D4	sustrato municipal + root + 2 cc/l
t33	S3 E3 D1	sustrato municipal + Neptunum + 0 cc/l
t34	S3 E3 D2	sustrato municipal + Neptunum + 0,5 cc/l
t35	S3 E3 D3	sustrato municipal + Neptunum + 1 cc/l
t36	S3 E3 D4	sustrato municipal + Neptunum + 2 cc/l

9.7. Diseño Experimental

Se utilizó un arreglo factorial de $3 \times 3 \times 4$ implementado en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

9.8. Análisis estadístico

Tabla 9. Esquema del Análisis de Varianza

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Total	107
Repeticiones	2
Tratamientos	35
Factor A (Sustratos)	2
Factor B (Enraizantes)	2
Factor C (Dosis)	3
A x B	8
A x C	11
B x C	11
A x B x C	35
Error	70

Elaborado por: Defaz, L. (2025)

9.9. Análisis funcional

Para el análisis funcional se utilizó la prueba de Tukey al 5%, tanto para tratamientos, sustratos, enraizantes, dosis e interacciones correspondientes a los factores.

9.10. Unidad experimental

Para la unidad experimental se utilizaron un total de 10 plantas para cada tratamiento, con un total de 360 plantas por cada repetición.

Tabla 10. Características de la unidad experimental

Descripción	Cantidad
Área total del ensayo:	150 m ²
Número de repeticiones	3
Largo de la platabanda	4,00 m
Ancho de la platabanda	1,00 m
Número total de plantas:	1080
Número de plantas por repetición:	360
Número de plantas por tratamiento:	10

Elaborado por: Defaz, L. (2025)

9.11. Manejo del experimento

9.11.1. Limpieza del área de estudio

Se procedió a limpiar cualquier tipo de residuo del área y se desinfectó con una capa fina de óxido de calcio con la finalidad de eliminar cualquier contaminante.

9.11.2. Preparación de sustratos

Para la preparación de los sustratos, se procedió a adquirir el sustrato comercial Nutriabono. El sustrato propio fue elaborado mediante la mezcla de tierra negra (30%), arena (30%), abono orgánico (30%) y pomina (10%), de acuerdo a la recomendación de Loján et al. (2023). Mientras que el sustrato elaborado por el Vivero Municipal, se mantuvo para realizar las comparaciones del caso al evaluar el enraizamiento de los esquejes, este se compuso de 30% tierra negra; 30% abono orgánico y 40% cascarilla arroz.

9.11.3. Enfundado de sustratos

Una vez elaborado los sustratos se procedió a realizar el llenado de las fundas, éstas fueron fundas negras de polietileno de tamaño 6 x 8 las cuales se llenaron con cada uno de los sustratos mencionados anteriormente. El llenado fue hasta el 80% de la capacidad de las fundas.

9.11.4. Identificación

Se emplearon etiquetas para la identificación de cada tratamiento y repetición.

9.11.5. Selección de esquejes

Los esquejes se seleccionaron de plantas madres de Hortensias (*Hydrangea spp.*) de dos años de edad proporcionadas por el Vivero municipal de Latacunga se seleccionaron esquejes sanos y sin problemas fisiológicos en un número de 1080 esquejes para ser tratados de acuerdo a la propuesta de la investigación. Las características de los esquejes deben ser: esqueje de tallo intermedio semi-leñoso, diámetro de tallo mayor a 0,5 cm y una longitud de 8 a 10 cm, que presenten de 2-3 nudos, del cual se generará las raicillas. Se realizó un corte transversal, con tijeras de podar desinfectadas con alcohol al 70% y se dejó un par de hojas por cada esqueje, posteriormente se separaron en grupos de 10 y se mantuvieron en fundas de papel hasta su trasplante.

9.11.6. Preparación de los enraizantes

Para la preparación de los enraizantes se procedió a obtener cada uno de los productos comerciales utilizados, siendo el Hormonagro 1 que es un producto sólido y el Phyto root y Neptunum productos líquidos. Se procedió a conseguir 12 botes de 5 litros para preparar la solución enraizante, cada frasco se etiquetó con el nombre y la dosis utilizada de acuerdo a la tabla 6 y 7.

9.11.7. Aplicación de tratamientos

Una vez las fundas llenas con los sustratos indicados anteriormente y preparadas las soluciones enraizantes, se tomó diez esquejes y se colocaron en cada una de las soluciones enraizantes por 30 segundos y se separaron para etiquetarlas.

9.11.8. Siembra de esquejes

Una vez que los esquejes fueron sumergidos en las soluciones enraizantes se procedió a sembrar en las fundas con sustrato previamente etiquetadas para iniciar con el respectivo manejo agronómico.

9.11.9. Riego

Después de la siembra se procedió a regar de acuerdo a la capacidad de campo de los sustratos, con una regadera y también con un aspersor facilitado por el Vivero Municipal, frecuentemente se regó los días lunes, miércoles y viernes en horas de la mañana.

9.11.10. Manejo fitotécnico

Se procedió a revisar la presencia de plagas insectiles o fúngicas, para lo cual se procedió a aplicar un insecticida y un fungicida para su control.

Se aplicó un fungicida sistémico a base de Propamocarb (700g/l), perteneciente a la familia de los Carbamatos a una dosis de 0,5 ml por cada litro de agua.

9.11.11. Toma de datos

La toma de datos se realizó cada 30, 60 y 90 días y se procedió a registrar en un cuaderno de campo cada una de las variables a evaluar. El registro se basó en la medición y la observación directa de los fenómenos a investigar.

9.11.12. Método destructivo

De acuerdo a (Gómez, 2013), el método destructivo es una técnica utilizada en investigación agrícola, fitopatología y fisiología vegetal que implica la recolección y destrucción de muestras de tejido vegetal para su análisis. Este método se utiliza para analizar composición química, estado nutricional, biomasa, contenido de agua, presencia de patógenos y crecimiento y desarrollo de parámetros como altura, diámetro del tallo, longitud de raíces, peso de masa radicular, etc.

9.11.13. Tabulación de datos

Para la tabulación de los datos se procedió a estructurar tablas en Microsoft Excel donde se ordenaron y registraron los datos para cada una de las variables a evaluar.

Los datos se ingresaron y analizaron estadísticamente utilizando el software Infostat versión estudiantil 2017, donde se obtuvieron los análisis estadísticos para realizar la discusión de los resultados obtenidos.

9.12. Variables a Evaluar

9.12.1. Porcentaje de sobrevivencia

Se evaluó a los 30 días después de la siembra, se contó el número de esquejes vivos y el número de esquejes muertos. Los datos recolectados fueron transformados a porcentaje de acuerdo a la siguiente fórmula según (Vera, 2021):

$$\% \text{ sobrevivencia} = \frac{\# \text{ plantas muertas}}{\# \text{ plantas vivas}} \times 100$$

9.12.2. Longitud radicular

La longitud radicular se evaluó tomando una planta de cada tratamiento y midiendo el crecimiento radicular desde la parte enraizada hasta el ápice terminal de la raíz, con un flexómetro cada 30 días, los datos se registraron en el libro de campo y se presentaron como promedios para 30, 60 y 90 DDA (días después de la aplicación).

9.12.3. Masa radicular

Para evaluar la masa radicular se procedió a evaluar de manera destructiva colocando una cubeta con agua removiendo todo el sustrato, se tomó una planta de cada tratamiento y se retiró con una tijera de podar solamente la parte radicular y proceder a registrar el peso sin restos de sustrato, los datos se registraron en el libro de campo para 30, 60 y 90 días después de la aplicación.

9.12.4. Número de hojas

El número de hojas fueron evaluados mediante observación científica, donde se contó el número inicial de hojas presentes en el esqueje, se procedió a contar nuevamente el número de hojas de 5 plantas al azar, los datos se registraron en el libro de campo para 30, 60 y 90 días después de la aplicación.

9.12.5. Diámetro de tallo

Se utilizó un pie de rey para tomar los datos de diámetro de tallo cada 30 días de 5 plantas al azar de cada tratamiento, los datos se registraron en el libro de campo para 30, 60 y 90 días después de la aplicación.

9.12.6. Número de plantas vivas

Para esta variable se procedió a contar el número total de plantas vivas por cada tratamiento, los datos fueron registrados a los 120 días después de la aplicación.

10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1. Porcentaje de sobrevivencia

En la tabla 11 se observa el ADEVA para el porcentaje de sobrevivencia a los 30 días después de la aplicación (DDA), donde hubo significancia estadística para tratamientos en la siembra de los esquejes; además, para el factor A (sustratos), factor B (Enraizantes), para la interacción entre los factores A (sustratos) x C (dosis) y B (enraizantes) x C (dosis), de la misma manera hubo significación estadística, pero para el resto de fuentes de variación no existe significancia. El coeficiente de variación fue de 17,40 y el promedio general fue de 84,72 %.

Tabla 11. ADEVA para la variable Porcentaje de Sobrevivencia

F.V.	gl	30 DDA			
		CM	F	p-valor	
TRATAMIENTOS	35	766,43	3,53	<0,0001	*
REPETICIÓN	2	25,00	0,12	0,8915	
FACTOR A	2	3733,33	17,17	8,54E-07	*
FACTOR B	2	2858,33	13,15	1,42E-05	*
FACTOR C	3	225,62	1,04	0,381	NS
A x B	4	266,67	1,23	0,307	NS
A x C	6	617,28	2,84	0,016	*
B x C	6	834,88	3,84	0,002	*
A x B x C	12	265,43	1,22	0,287	NS
Error	70	217,38			
Total	107				
CV		17,40			
PROMEDIO (%)		84,72			

La prueba de Tukey al 5% para porcentaje de sobrevivencia a los 30 DDA en tratamientos presentó tres rangos de significación estadística (gráfico 1), en el grupo A se encuentra el T16 (sustrato propio + hormonagro + 2 g/l); T 28 (sustrato municipal + hormonagro + 2 g/l), con una media de 100% de esquejes sobrevivientes, sin embargo, el T6 (Nutriabono + Phytroot + 0,5 cc/l) ocupó el tercer rango con un promedio de 46,7 % de esquejes sobrevivientes. Khudhur y Omer (2015) menciona que la formación de raíces adventicias es un proceso inducido y regulado por factores endógenos ambientales, como la temperatura, luz, hormonas (especialmente las auxinas), azúcares, sales minerales y otras moléculas, esto influye en el porcentaje de sobrevivencia de esquejes, debido a la generación y formación de raicillas que son las encargadas de tomar los nutrientes necesarios para mantener firmes y vivos a los esquejes de hortensia.

Tinco Mamani (2024) manifiesta que al utilizar enraizantes a base de (ANA) obtuvo un porcentaje de sobrevivencia de estacas de *Ficus spp.* del 89,87 %, mientras que los promedios alcanzados fueron del 100% utilizando productos a base de (ANA), aumentando lo mencionado por el autor.

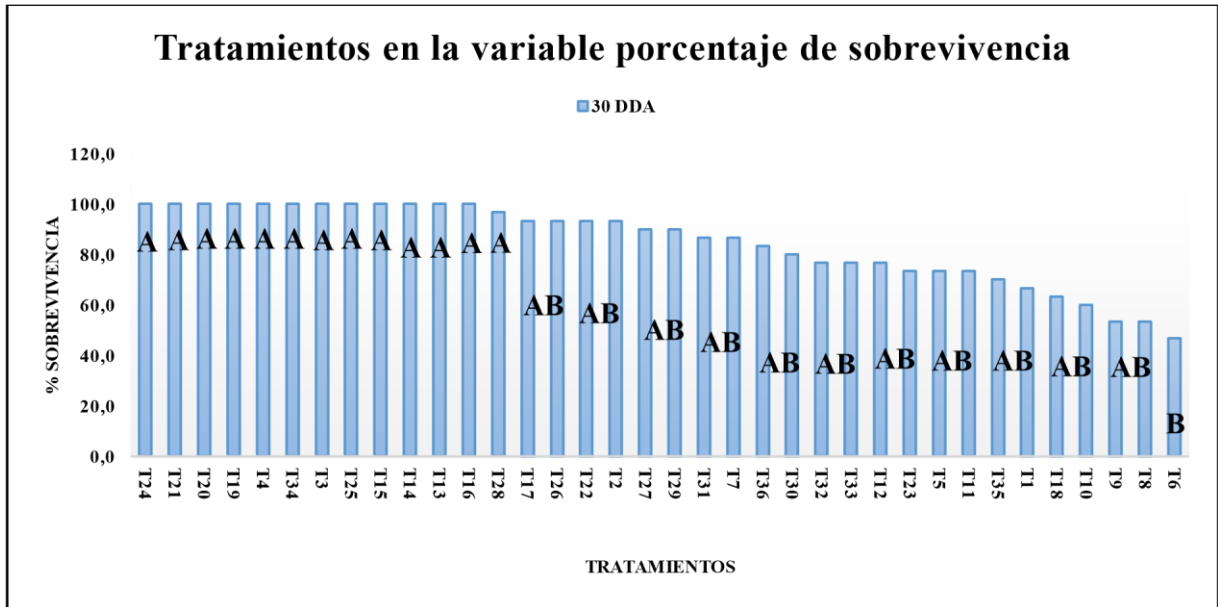


Gráfico 1. Prueba Tukey al 5% en tratamientos para porcentaje de sobrevivencia Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.1.1. Prueba de Tukey al 5% para Factor A en la variable Porcentaje de sobrevivencia

La prueba de Tukey al 5% informa dos rangos de significación estadística (gráfico 2) para el factor A (sustratos) a los 30DDA; el S2 (30% tierra negra; 30% arena; 30% abono orgánico; 10% pomina) con promedios de 93,61% se ubicó en el primer rango, junto al S3 (30% tierra negra; 30% abono orgánico; 40% cascarilla de arroz), obtuvo un promedio de 86,94% y el S1 (Nutriabono) se ubicó en el último rango con promedios de 73,61%.

Carrera Maridueña et al., (2022) destaca que el uso del sustrato a base de arena y cascarilla de arroz presentó el promedio más alto de sobrevivencia de esquejes con un 41,7 %, sin embargo, el sustrato elaborado con arena, pomina, materia orgánica y tierra negra, fue superior con un promedio de 93,61 %, superando el valor obtenido por el autor.

La respuesta del uso del sustrato se debe a sus componentes; como la pomina que debido a su contenido de Calcio mantiene la estructura del sustrato, permitiendo la aireación y el drenaje, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las raíces. El abono orgánico contiene macro

nutrientes (N, P, K), mejorando las propiedades físicas y químicas del sustrato, reduciendo su compactación y así facilitando el crecimiento de las raíces.

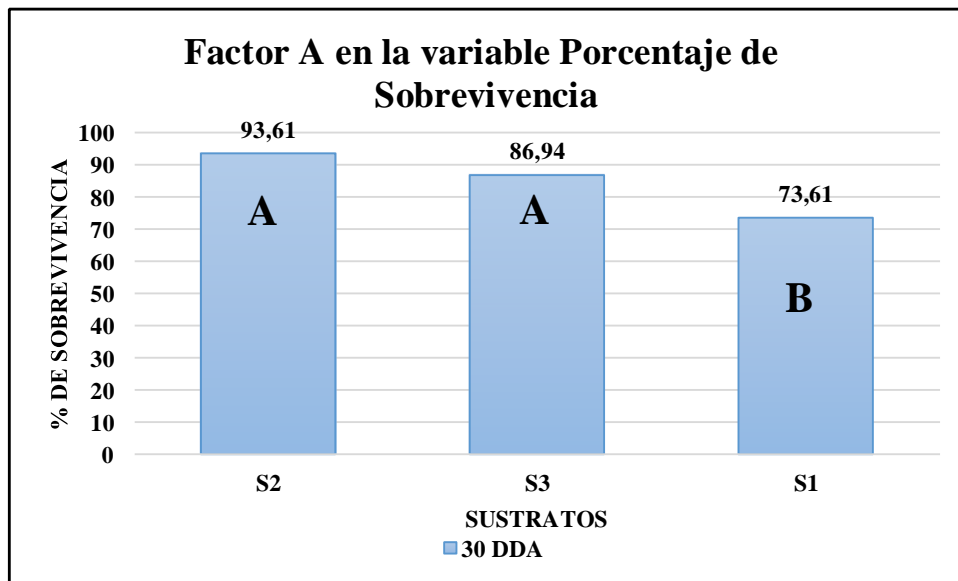


Gráfico 2. Prueba Tukey al 5% para Factor A en la variable Porcentaje de supervivencia

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.1.2. Prueba de Tukey al 5% para Factor B en la variable Porcentaje de supervivencia

La prueba Tukey al 5% presenta dos rangos de significación estadística (gráfico 3), para el factor B (enraizantes) a los 30 DDA; donde el E1 (Hormonagro 1) a base de ANA (0,40 %), se ubica en el primer rango de significación con promedios de 95,0 %, el segundo rango de significación fue compartido por los productos Neptunum con promedios de 80,00 % de supervivencia y Phyto Root con 79,2 % de supervivencia.

El mayor porcentaje de supervivencia de los esquejes se debe a que el (ANA) promueve la actividad mitótica en las células del tejido vascular, lo que facilita la formación de tejidos embrionarios que dan origen a las raíces, los resultados que obtuvo Prieto-Ruíz et al., (2022) al utilizar la hormona (ANA) presenta promedios de 32,8 % de supervivencia de esquejes al enraizar estaquillas de *Cupressus macrocarpa*, sin embargo, los resultados obtenidos en la investigación llegaron a aumentar al 95% con la misma hormona con un 0.40% de ácido naftalenacético (ANA).

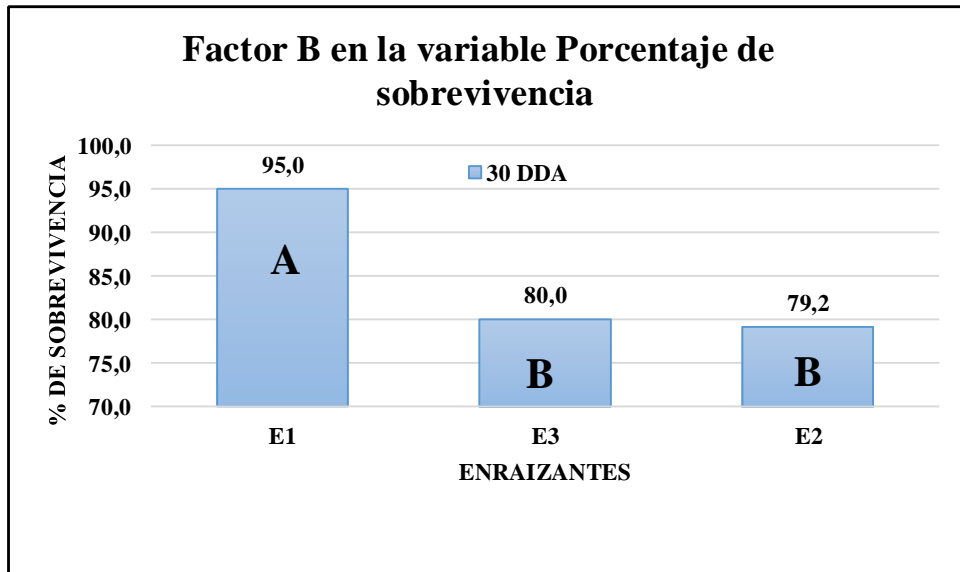


Gráfico 3. Prueba de Tukey al 5% para Factor B en la variable Porcentaje de sobrevivencia

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.1.3. Prueba de Tukey al 5% para la interacción A x C en la variable Porcentaje de sobrevivencia

La prueba de Tukey al 5% presenta siete rangos de significación estadística en la interacción entre los factores; A (sustratos) * factor C (dosis) (gráfico 4), donde el S2 (30% tierra negra; 30% arena; 30% abono orgánico; 10% pomina) con la dosis D4 (2,0 g – cc/l) ocupó el primer rango de significación con promedio de 100 % de sobrevivencia mientras que el S1 (Nutriabono) junto a la dosis D1 (0 g – cc/l) ocupó el último rango y lugar con promedio de 64,4 % de sobrevivencia de esquejes.

En la investigación presentada por Monroy et al., (2024), llegó a promediar un 100% de sobrevivencia en estacas de *Ficus carica*, utilizando ácido naftalenacético a una dosis de 2 gramos por litro de agua, siendo similar a los promedios obtenidos al utilizar la misma dosis de ácido naftalenacético con un promedio de 100% de sobrevivencia.

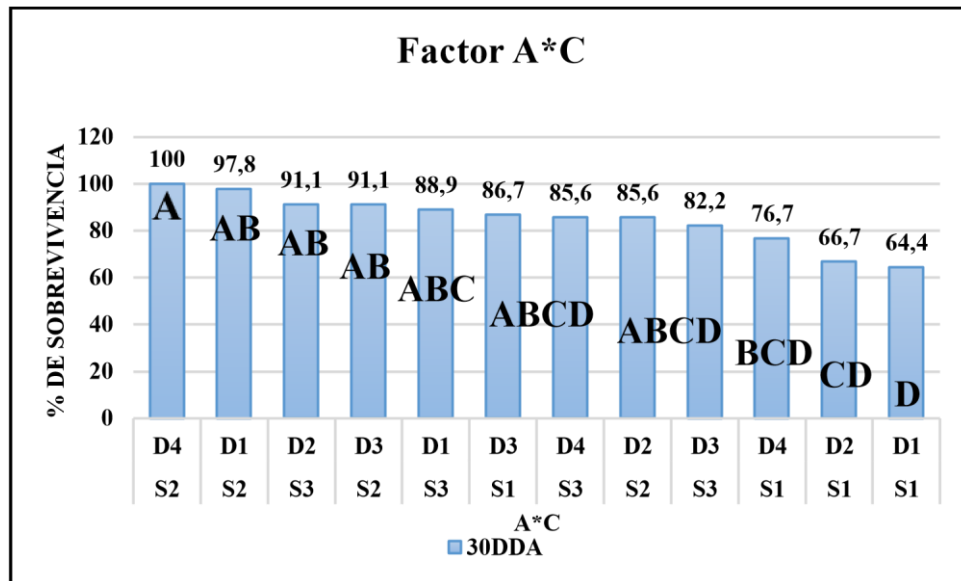


Gráfico 4. Prueba Tukey al 5% para Interacción A x C en la variable Porcentaje de sobrevivencia

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.1.4. Prueba de Tukey al 5% para interacción B x C en la variable Porcentaje de sobrevivencia

La prueba de Tukey al 5% presenta cinco rangos de significación estadística en la interacción de los factores B (enraizantes) * factor C (dosis) (grafica 5), donde comparten el primer rango el enraizante E1 (Hormonagro 1) con la dosis D4 (2,0 g – cc/l) con promedios de 98,89 % de sobrevivencia de esquejes, E1 (Hormonagro 1) con la dosis D3 (1,0 g – cc/l) con promedios de 98,67 % de sobrevivencia; E1 (Hormonagro 1) con la dosis D2 (0,5 g – cc/l) con promedios de 95,56 % de sobrevivencia de esquejes, el último rango fue para E2 (Phyto Root) con la dosis D2 (0,5 g – cc/l) con promedios de 63,33 %; en el porcentaje de sobrevivencia de esquejes.

Alvarado y Munzón (2020) mencionan que las principales materias activas hormonales son el ANA (Ácido naftalenacético), IBA (Ácido indolbutírico) y AIA (ácido indolacético) que funcionan con dosificaciones muy bajas al 0,2 y 0,5 % regulando el crecimiento vegetal y favoreciendo la multiplicación celular. En nuestro país el producto más utilizado es ANA para la propagación asexual, el autor manifiesta que el porcentaje de prendimiento de una especie de *Ficus* fue de 54,17% utilizando ácido naftalenacetico y acido indol butírico, mientras que en la investigación propuesta se llegó al 98,9% con el uso de ácido naftalenacético.

El enraizado de estacas propuesto por Bautista-Ojeda et al., (2022) utilizando ANA a una dosis de 2gr en estacas de *Pinus patula*, obtuvo un rango de sobrevivencia del 99,8% al 97,4%; similar a los datos obtenidos donde el uso de ANA en dosis de 0.5; 1 y 2 g/l, se obtuvo promedios en un rango de 98,89% a 95,56%; coincidiendo en lo reportado con el autor.

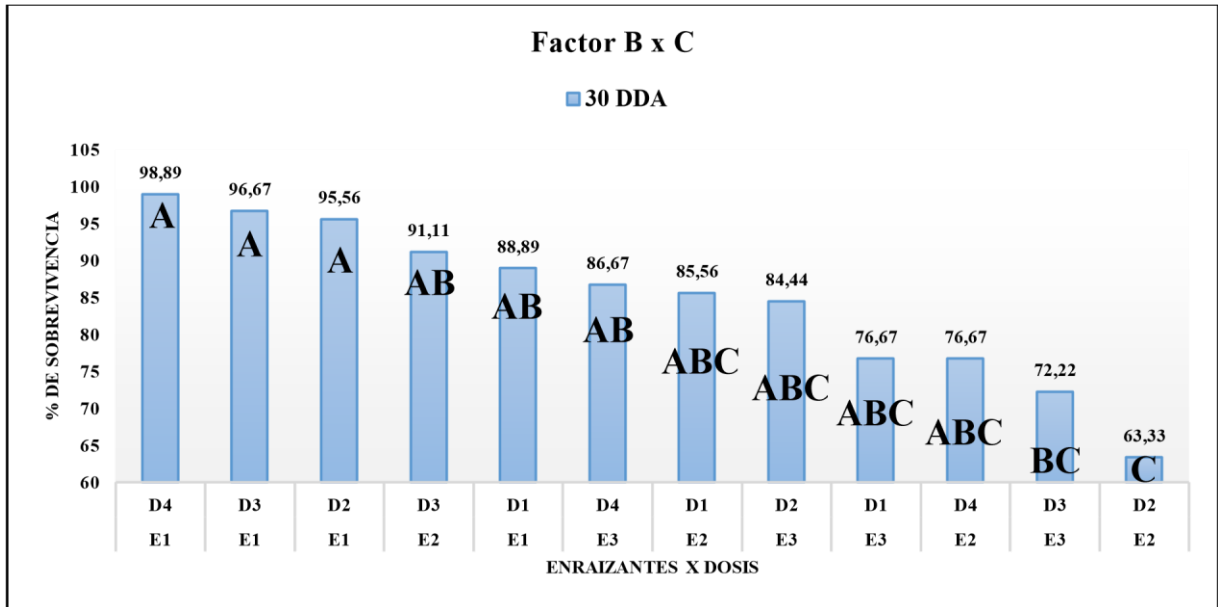


Gráfico 5. Prueba Tukey al 5% para Interacción B x C en la variable Porcentaje de sobrevivencia
 Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.2. Longitud radicular

En la tabla 12 se observa el ADEVA de la variable longitud radicular para los 30, 60 y 90 DDA, donde hubo significancia estadística para tratamientos para los 60 y 90 DDA, para el factor A (sustratos) hubo significación estadística para los 30 y 90 DDA, el factor B (Enraizantes) tuvo significación estadística para los 60 y 90 DDA, para el factor C (dosis) la significación estadística estuvo representada solo en los 90 DDA, para la interacción entre los factores A (sustratos) x B (enraizantes) hubo significación en los 30 y 90 DDA y las interacciones A (sustratos) x factor C (dosis) y B (enraizantes) x C (dosis), tuvieron significación estadística solamente en los 90 DDA, el resto de fuentes de variación no fueron significantes a $p < 0,05$. Los coeficientes de variación fueron de 22,16 para 30 DDA; 20,01 para 60 DDA y 26,84 para 90 DDA; los promedios generales fueron de 2,30 cm para 30 DDA; 4,27 cm para 60 DDA y 7,92 para el mes de 90 DDA.

Tabla 12. ADEVA para la variable Longitud radicular

F.V.	gl	30 DDA			60 DDA			90 DDA		
		CM	F	p-valor	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor

Tratamientos	35	2,22	1,54	0,063	NS	5,47	1,87	0,012	*	14,18	3,13	<0,0001 *
Repetición	2	1,17	0,81	0,449		5,54	1,90	0,012		9,90	2,19	0,002700
Factor A	2	13,35	9,27	0,00027	*	4,10	1,40	0,252	NS	89,00	19,69	1,64E-07 *
Factor B	2	3,00	2,08	0,132	NS	42,97	14,72	<0,0001	*	2763,95	611,49	4,71E-45 *
Factor C	3	3,46	2,40	0,075	NS	2,44	0,84	0,479	NS	186,32	41,22	1,85E-15 *
A x B	4	4,48	3,11	0,0205	*	1,17	0,40	0,808	NS	286,52	63,39	1,53E-22 *
A x C	6	0,91	0,63	0,704	NS	5,37	1,84	0,104	NS	665,49	147,23	1,16E-37 *
B x C	6	0,90	0,63	0,710	NS	3,50	1,20	0,317	NS	766,42	169,56	1,18E-39 *
A x B x C	12	0,49	0,34	0,979	NS	3,14	1,08	0,394	NS	282,04	62,40	1,77 NS
Error	70	1,44				2,92				4,52		
Total	107											
CV	22,16	20,01	26,84	PROMEDIO (cm)			2,30	4,27	7,92			

10.2.1. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Longitud radicular

La prueba de Tukey al 5% para tratamientos se observa en el (gráfico 6), que a los 60 DDA hubo tres rangos de significación, donde el primer rango fue ocupado por T33 (sustrato municipal + Neptunum + 0 cc/l) y por el tratamiento T22 (sustrato propio + Neptunum + 0,5 cc/l) con un promedio de 7,43 cm en la variable longitud radicular, los tratamientos que ocuparon el segundo rango de significación se repartieron en una rango de 6,10 cm hasta 2,13 cm; siendo el último rango para el tratamiento T6 (Nutriabono + Phyto root + 0,5 cc/l) con un promedio de 1,37 cm.

Para los 90 DDA los tratamientos que ocuparon el primer rango de significación fueron T16 (sustrato propio + Hormonagro 1 + 2 gr/l) con un promedio de 11,87 cm, T29 (sustrato municipal + Phyto Root + 0 cc) con 11,03 cm de promedio, T21 (sustrato propio + Neptunum + 0 cc) con 10,67 cm, y T33 (sustrato municipal + Neptunum + 0 cc/l) con 10,30 cm de promedio. Igualmente, el resto de tratamientos se ubicaron en un rango de 9,87 cm a 5,17 cm, mientras que nuevamente el tratamiento T6 (Nutriabono + Phyto root + 0,5 cc/l) ocupó el último rango y el último lugar con un promedio de 3,17 cm.

Alvarado y Munzón (2020) presentó al tratamiento con un sustrato a base de tierra negra y arena junto a un abono orgánico con una longitud de raíces de 13,42 cm, donde menciona que la longitud radical puede estar influenciada por el tipo de sustrato que se utiliza para el enraizamiento, estos valores presentados son similares a los obtenidos en la investigación ya que el T16 (sustrato propio + Hormonagro 1 + 2gr/l) obtuvo un promedio de 11,87cm siendo similar a lo mencionado por el autor.

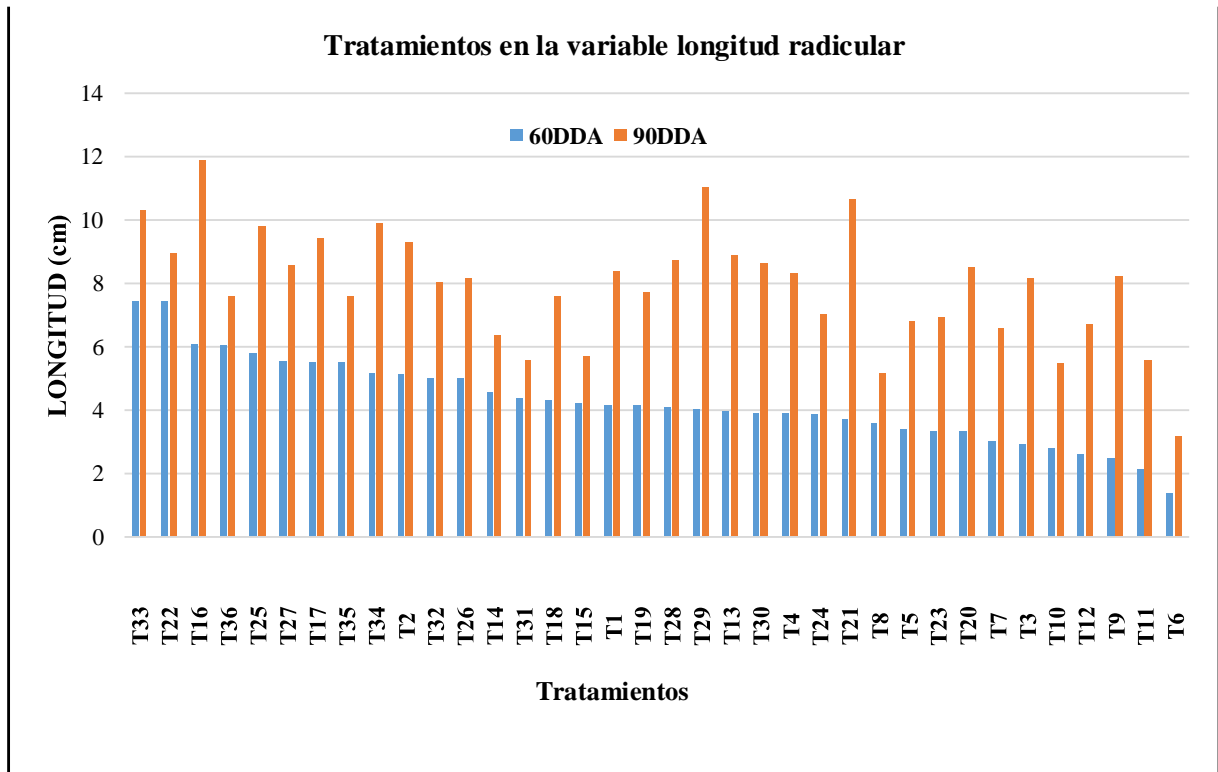


Gráfico 6. Prueba Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Longitud radicular a los 60 y 90 DDA.

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.2.2. Prueba de Tukey al 5% para Factor A en la variable Longitud radicular

La Prueba de Tukey al 5% realizada al factor A (sustratos) a los 30 DDA presenta dos rangos de significación (gráfico 7), donde el primer rango fue para el S2 (30% tierra negra; 30% arena; 30% abono orgánico; 10% pomina) con un promedio de longitud radicular de 2,94 cm, seguido del S3 (30% tierra negra; 30% arena; 30% abono orgánico; 10% pomina) ubicado en el segundo rango de significación con 2,24 cm junto al S1 (Nutriabono) con un promedio de 1,73 cm. A los 90 DDA obtuvo tres rangos de significación ocupando el primer rango fue para el S2 (30% tierra negra; 30% arena; 30% abono orgánico; 10% pomina) con un promedio de 9,18 cm, el segundo rango de significación fue para el S3 (30% tierra negra; 30% abono orgánico; 40% cascarilla arroz) con 7,78 cm de promedio y el último rango fue para el S1 (Nutriabono) con 6,82 cm en longitud radicular.

Martínez-Monter et al., (2022) manifiesta que el sustrato a base de materia orgánica y cascajo presenta una consistencia suelta y disgregable, que promueve una alta capacidad de retención de humedad, donde la longitud de raíces primarias llegó a 15,3 cm y raíces secundarias a 2,9 cm; mientras que en la investigación se obtuvieron promedios de 2,94 cm a los 30 DDA y de 9,18 cm a los 90 DDA.

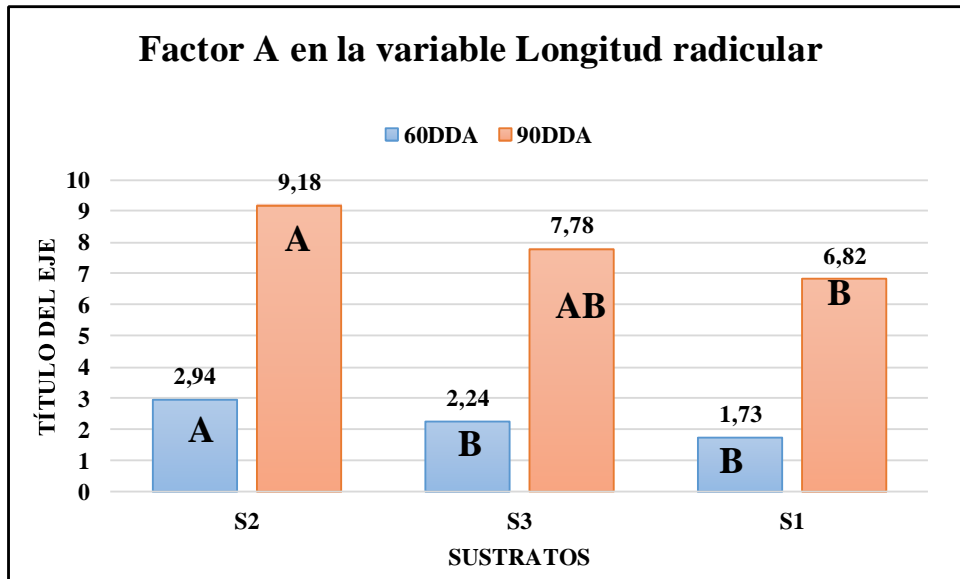


Gráfico 7. Prueba Tukey al 5% para Factor A en la variable Longitud radicular a los 30 y 90DDA.

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.2.3. Prueba de Tukey al 5% para Factor B en la variable Longitud radicular

La prueba de Tukey al 5% que se realizó al factor B (enraizantes) presentó tres rangos de significación (gráfico 8), para 60 y 90 DDA donde el enraizante Hormonagro 1 se ubicó en el primer rango de significación con promedios de 4,47 cm en 60 DDA y 7,99 cm en 90 DDA, seguido del enraizante Neptunum en el segundo rango de significación con 4,37 cm en 60 DDA y 7,91 cm en 90 DDA y en el último rango se ubicó al enraizante Phyto Root con promedio de 3,98 cm en 60 DDA y 7,87 cm en 90 DDA.

Monroy et al., (2024) obtuvo promedios de longitud radicular en un rango de 5,4 cm a 9,3 cm al utilizar ANA en estacas de *Ficus carica*, estos valores son similares a los obtenidos en la investigación, utilizando como hormona al ANA con promedios que van desde 4,47 cm a 7,99 cm.

El utilizar fitohormonas enraizantes comerciales, favorecen a la emisión de raíces, en este caso Ramos et al., (2014) afirma que el uso de estas hormonas incrementa la supervivencia de los esquejes, el número de raíces, la aplicación de una dosis de 1g/l mostró diferencias significativas en las variables evaluadas, en la investigación se puede corroborar los resultados mencionados con los productos comerciales utilizados.

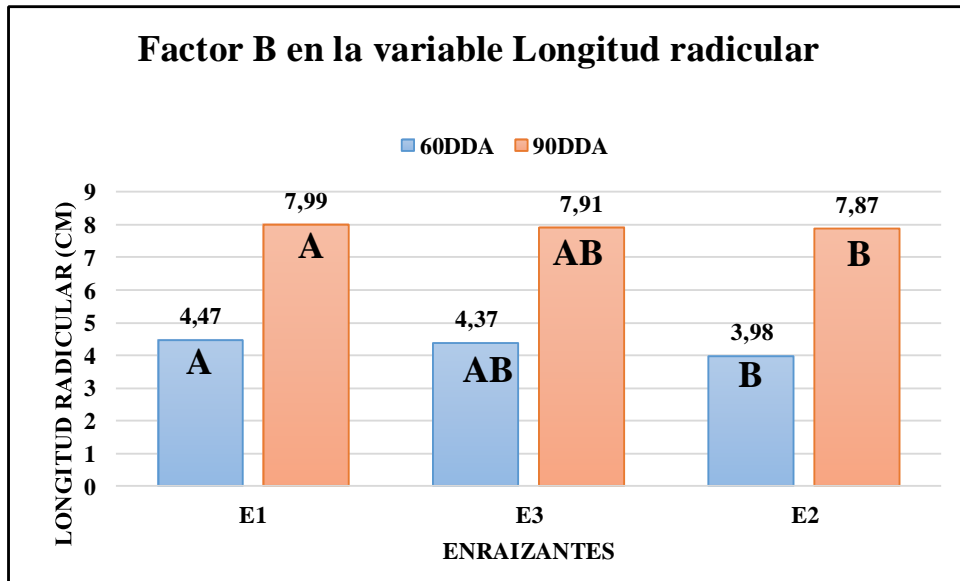


Gráfico 8. Prueba Tukey para Factor B en la variable Longitud radicular a los 60 y 90DDA.

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.2.4. Prueba de Tukey al 5% para el Factor C en la variable Longitud radicular a los 90 DDA.

La Prueba de Tukey al 5% que se realizó al factor C (dosis) que se presenta (gráfico 9), para los 90 DDA, presenta tres rangos de significación donde la dosis D1 (0 g – cc/l) se ubicó en el primer rango con una longitud radicular de 9,28 cm; seguido por las dosis D3 (1,0 g – cc/l) y D2 (0,5 g – cc/l) en el segundo rango de significación con promedios de 7,63 cm y 7,50 cm respectivamente; finalmente en el último rango fue para la dosis D4 (2,0 g – cc/l) con un valor promedio de 7,30 cm.

La dosis D1 (0 g – cc/l) obtuvieron los promedios más altos en comparación con las dosis restantes, indicando que los esquejes que no se aplicaron los enraizantes llegaron a generar una longitud radicular superior.

Al obtener como resultado una dosis 0, puede ser debido a que la concentración fue la inadecuada, sin embargo, los sustratos juegan un papel fundamental en el enraizamiento, debido a sus características como retención de humedad, aporte de nutrientes, equilibrio entre aireación, drenaje creando un ambiente ideal para el enraizamiento.

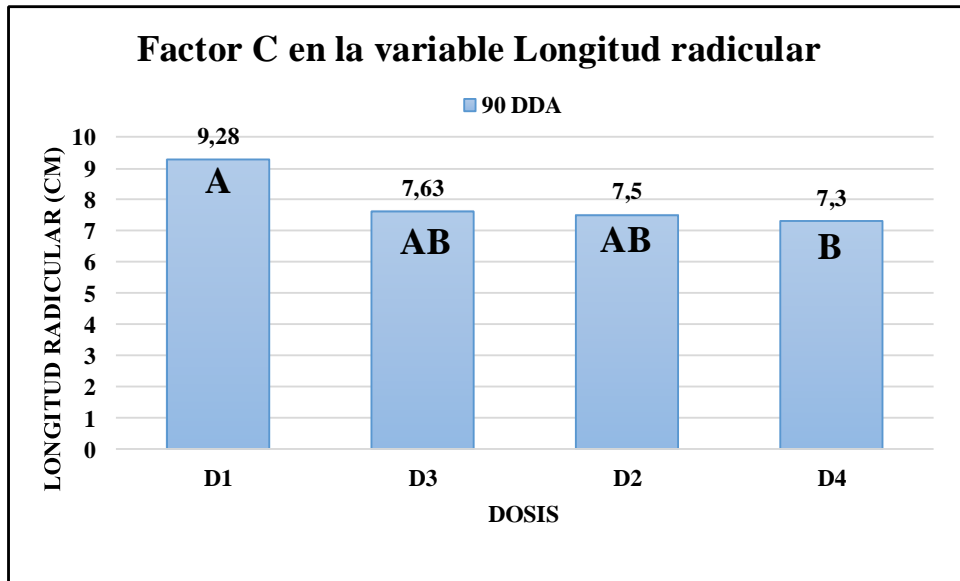


Gráfico 9. Prueba Tukey al 5% para Factor C en la variable Longitud radicular a los 90DDA.

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.2.5. Prueba de Tukey al 5% para interacción A x B en la variable Longitud radicular a los 30 y 90 DDA

La Prueba de Tukey al 5% para la interacción de los factores A (sustratos) * B (enraizantes) (gráfico 10), a los 30 DDA, presenta el primer rango de significación fue para el S3 (30% tierra negra + 30% abono orgánico + 40% cascarilla de arroz) junto al E3 (Neptunum) alcanzando un promedio de 3,87 cm de longitud radicular, mientras que el S1 (Nutriabono) junto al mismo enraizante se ubicó en el último rango de significación con un promedio de 1,28 cm.

En cambio, para los 90 DDA se observa tres rangos de significación, donde el S2 (30% tierra negra + 30% arena+ 30% abono orgánico + 10% pomina) y el E1 (Hormonagro 1) alcanzaron el primer rango con un promedio de 9,89 cm y, el último rango fue para el S1 (Nutriabono) junto al mismo enraizante con un promedio de 5,43 cm en longitud radicular.

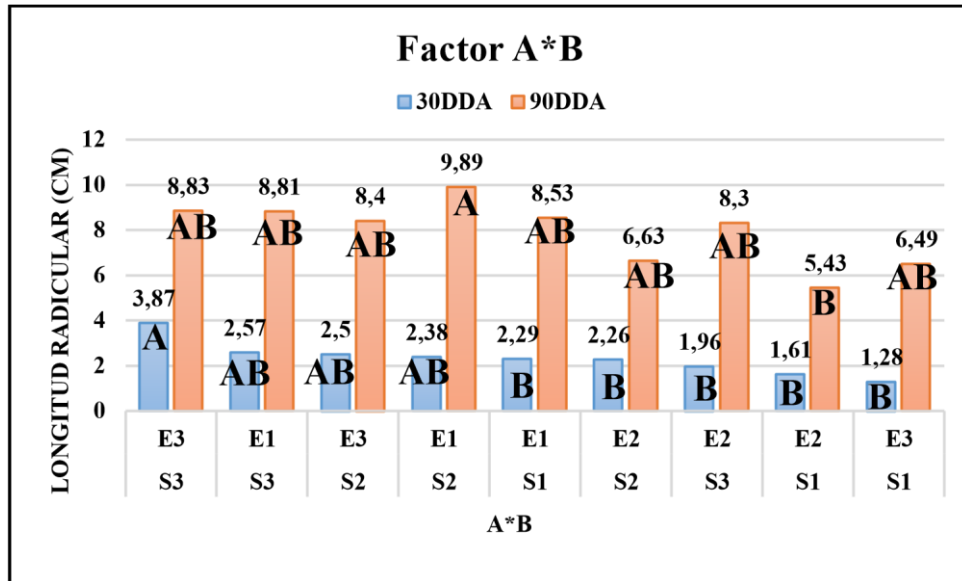


Gráfico 10. Prueba Tukey al 5% para Interacción A x B en la variable Longitud radicular

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.2.6. Prueba de Tukey al 5% para interacción A x C en la variable Longitud radicular

La prueba Tukey al 5% en la interacción de los factores A (sustratos) * factor C (dosis) a los 90 DDA presento tres rangos de significación (gráfico 11), siendo ocupado el primer rango por el S2 (30% tierra negra + 30% arena + 30% abono orgánico + 10% pomina) junto a la dosis D4 (2 g – cc/l) con un promedio de 10,38 cm; en el segundo rango se ubicaron el resto de interacciones obteniendo una longitud radicular en un rango de 9,66 cm hasta 6,73 cm, y el último rango lo ocupó el S1 (Nutriabono) junto a la dosis D2 (0,5 g – cc/l) con un promedio de 5,97 cm de longitud.

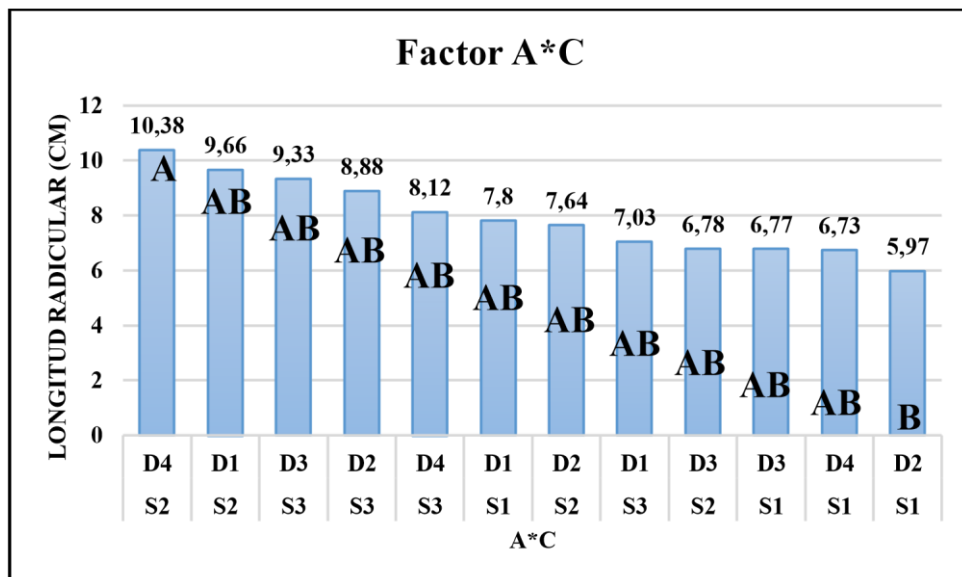


Gráfico 11. Prueba Tukey al 5% para Interacción A x C en la variable Longitud radicular a los 90DDA.

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.2.7. Prueba de Tukey al 5% para interacción B x C en la variable Longitud radicular a los 90 DDA.

La Prueba de Tukey al 5% realizada a la interacción de los factores B (enraizantes) * Factor C (dosis) para los 90 DDA presentó tres rangos de significación (gráfico 12), el primer rango fue ocupado por el E1 (Hormonagro 1) junto a la dosis D4 (2 g – cc/l) con un promedio de 9,72 cm; en el segundo rango se ubicaron el resto de interacciones obteniendo una longitud radicular en un rango de 9,08 cm hasta 6,70 cm, y el último rango lo ocupó el E2 (Phyto Root) junto a la dosis D2 (0,5 g – cc/l) con un promedio de 6,47 cm en la variable longitud radicular.

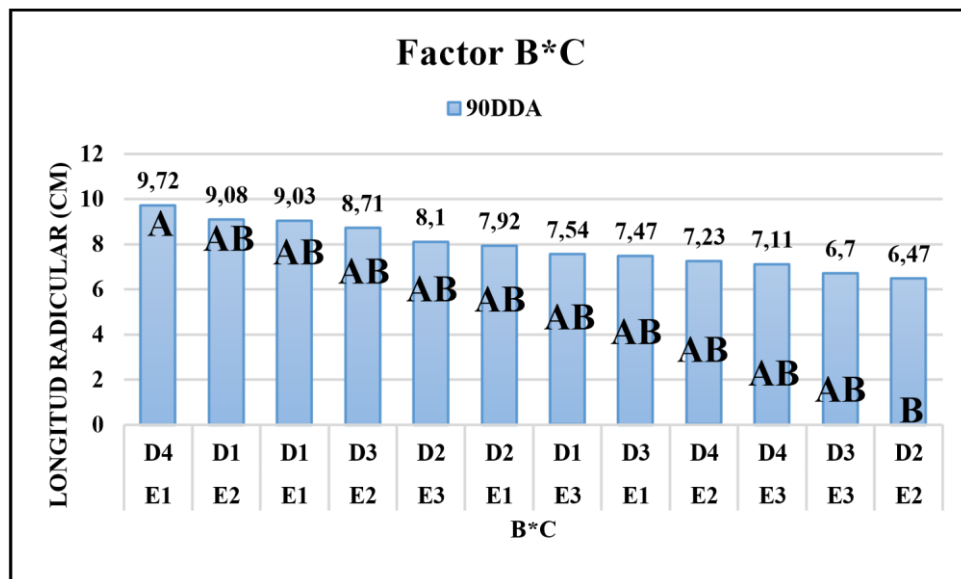


Gráfico 12. Prueba Tukey al 5% para Interacción B x C en la variable Longitud radicular a los 90DDA.

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.3. Masa radicular

En la tabla 13 se observa el ADEVA para la variable masa radicular a los 30, 60 y 90DDA, se observa que hubo significación estadística únicamente para el factor A (sustratos) a los 30 y 60 DDA, y para la interacción entre los factores A (sustratos) x factor C (dosis) solamente para los 30 DDA. Las fuentes de variación tratamientos, factor B (enraizantes), factor C (dosis), interacción B x C y la interacción A x B x C no presentaron significación estadística para ninguno de los periodos evaluados. Los coeficientes de variación fueron de 18,01 % para 30 DDA; 22,31 % para 60 DDA y 22,12 % para 90 DDA; mientras que los promedios generales fueron de 1,04 g; 1,39 g y 4,03 g para los periodos anteriormente citados.

Tabla 13. ADEVA para la variable Masa radicular

F.V.	gl	30 DDA				60 DDA				90 DDA			
		CM	F	p-valor		CM	F	p-valor		CM	F	p-valor	
Tratamientos	35	0,85	1,30	0,18	NS	0,97	1,30	0,176	NS	2,26	0,78	0,78	NS
Repetición	2	1,90	2,91	0,06		0,02	0,02	0,980		4,01	1,39	0,25	
Factor A	2	3,38	5,20	0,00784	*	3,38	4,51	0,014	*	6,33	2,20	0,119	NS
Factor B	2	0,29	0,45	0,642	NS	0,29	0,39	0,681	NS	1,39	0,48	0,619	NS
Factor C	3	0,40	0,62	0,607	NS	0,40	0,53	0,661	NS	1,19	0,41	0,744	NS
A x B	4	0,32	0,49	0,7414	NS	0,32	0,43	0,789	NS	2,32	0,81	0,526	NS
A x C	6	1,88	2,89	0,014	*	1,88	2,51	0,300	NS	2,15	0,75	0,614	NS
B x C	6	0,16	0,25	0,959	NS	0,16	0,21	0,971	NS	2,00	0,69	0,655	NS
A x B x C	12	0,64	0,98	0,472	NS	0,64	0,85	0,597	NS	2,16	0,75	0,698	NS
Error	70	0,65				0,75				2,88			
Total	107												
CV		18,01				22,31				22,12			
PROMEDIO (g)		1,04				1,39				4,03			

10.3.1. Promedios para Tratamientos en la variable Masa radicular

En la tabla 14 se observan los promedios alcanzados por los tratamientos evaluados en la investigación, se indica que no hubo significación estadística para las medias de cada uno de los tratamientos; sin embargo, se presenta los valores alcanzados por cada uno de los períodos evaluados, se observa un crecimiento ascendente en el valor promedio de la masa radicular, el tratamiento con el mayor valor fue T31 que alcanzó un promedio de 2,07 g a los 30 DDA; el T29 con un promedio de 3,27 g a los 60 DDA; y el T22 con un promedio de 6,36 g para los 90 DDA evaluados.

Tabla 14. Promedios para Tratamientos en la variable Masa radicular

TRATAMIENTOS	30 DDA	60 DDA	90 DDA
	<u>Medias</u>	<u>Medias</u>	<u>Medias</u>
T1	0,69	1,04	2,94
T2	1,13	1,83	5,05
T3	0,88	1,15	3,80

T4	0,88	0,95	3,82
T5	0,69	0,94	3,02
T6	0,91	1,02	2,19
T7	0,74	0,93	4,76
T8	0,74	1,50	3,35
T9	0,62	0,59	4,00
T10	0,36	1,52	4,39
T11	1,22	1,03	3,52
T12	0,27	0,79	2,80
T13	1,93	1,75	4,94
T14	0,93	1,37	3,03
T15	0,80	1,66	3,84
T16	0,94	1,41	6,36
T17	1,43	2,66	4,45
T18	1,10	1,25	4,54
T19	0,70	1,04	4,63
T20	1,91	0,97	3,53
T21	1,94	1,93	5,28
T22	1,72	2,52	4,61
T23	0,43	1,58	3,96
T24	1,35	1,34	4,47
T25	0,63	1,25	3,11
T26	1,17	1,22	3,48
T27	0,73	1,10	3,24
T28	0,94	1,19	4,28
T29	0,37	3,27	3,02
T30	0,98	1,09	5,60
T31	2,07	2,52	4,36
T32	0,82	0,71	4,58
T33	1,30	0,77	3,51
T34	1,18	1,48	4,18
T35	0,81	1,52	3,85
T36	0,83	2,39	4,51

10.3.2. Prueba de Tukey al 5% para Factor A en la variable Masa radicular a los 30 y 60 DDA.

La Prueba de Tukey al 5% para el factor A (sustratos) en la variable masa radicular presento tres rangos de significación estadística (gráfico 13), donde a los 30 y 60 DDA, el S2 (30% tierra

negra; 30% arena; 30% abono orgánico; 10% pomina) ocupó el primer rango de significación con promedios de 1,37 y 1,52gr respectivamente; además, el S3 (tierra negra 30% + abono orgánico 30% + 40% cascarilla de arroz) comparte el primer rango de significación a los 60 DDA con un promedio de masa radicular de 1,54; el último rango de significación fue para el S1(Nutriabono) que promedió 0,76gr a los 30 DDA y 1,11gr a los 60 DDA.

La elección adecuada del sustrato es crucial para el crecimiento y desarrollo de las plantas y puede influir en la calidad y cantidad de la producción, según Lazcano-Bello et al., (2021) presentó promedios de peso de raíz con valores promedio de 0,49 y 0,37 g al utilizar sustratos con pomina y tierra negra para el cultivo de jitomate, comparando con los resultados obtenidos, el peso de raíz de hortensia llego a 1,52 g, siendo superior a los presentado por el autor.

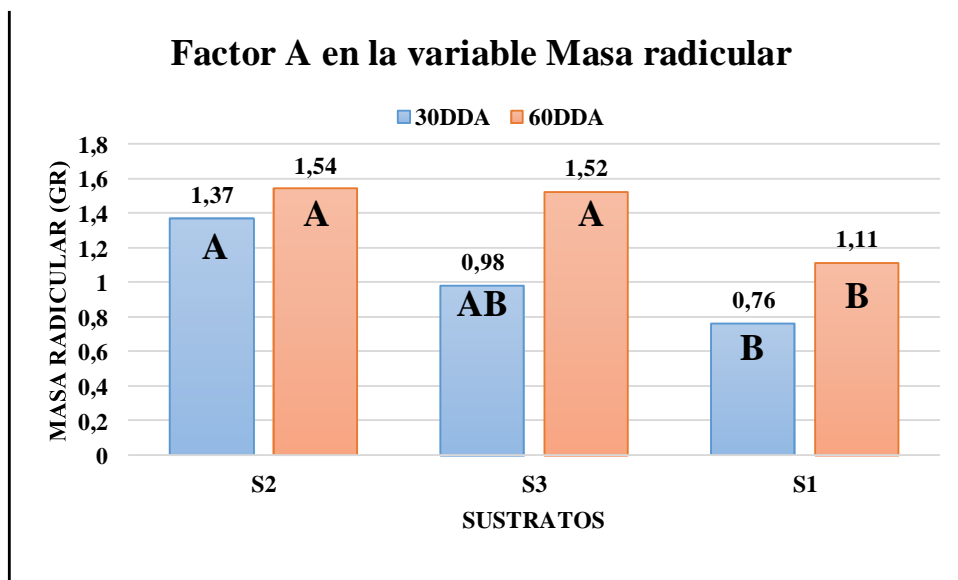


Gráfico 13. Prueba Tukey al 5% para Factor A en la variable Masa radicular a los 30 y 60DDA.

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.3.3. Prueba de Tukey al 5% para Interacción A x C en la variable Masa radicular a los 30 DDA.

La Prueba de Tukey al 5% realizada a la interacción de los factores A (sustratos) * factor C (dosis) para los 30 DDA (gráfico 14), presentó tres rangos de significación, el primer rango fue ocupado por el S2 (30% tierra negra; 30% arena; 30% abono orgánico; 10% pomina) junto a la dosis D4 (2 g – cc/l) con un promedio de 2,18 g; en el segundo rango se ubicaron el resto de

interacciones obteniendo un rango de 1,40 g hasta 0,86 g, y el último rango fue ocupado por el S1 (Nutriabono) y la dosis D4 (2 g – cc/l) con un promedio de 0,63 g en la variable masa radicular.

Alvarado y Munzón (2020) reporta que obtuvo una media de 10,75 g lo que promueve que los resultados del desarrollo radicular de los esquejes propagados asexualmente van a depender de las combinaciones de enraizantes y de los sustratos.

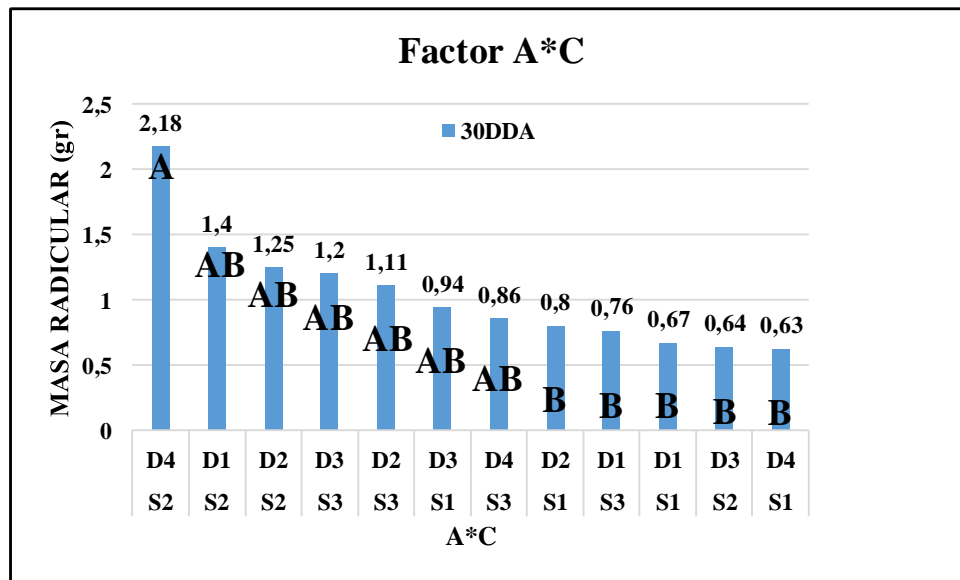


Gráfico 14. Prueba Tukey al 5% para A x C en la variable masa radicular a los 30DDA. Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.4. Número de hojas

En la tabla 15 se observa el ADEVA para la variable número de hojas a los 30,60 y 90DDA, se observa a los 30DDA significación estadística únicamente el factor A (sustratos), sin embargo, a los 90 DDA hubo significación estadística para tratamientos y las interacciones entre los factores A (sustratos) x factor B (enraizantes) y A (sustratos) x C (dosis) el resto de fuentes de variación no presentaron significación estadística. Los coeficientes de variación fueron de 14,87 % para 30 DDA; 17,92 % para 60 DDA y 15,73 % para 90 DDA; mientras que los promedios generales fueron de 4,98; 5,29 y 9,41 para los períodos anteriormente citados.

10.4.1. Análisis de varianza para la variable Número de hojas

Tabla 15. ADEVA para la variable Número de hojas

F.V.	30 DDA				60 DDA				90 DDA				
	gl	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor			
Tratamientos	35	4,13	1,37	0,132	NS	3,36	0,83	0,717	NS	12,12	2,07	0,0049	*
Repetición	2	8,06	2,67	0,076		0,68	0,17	0,846		9,01	1,54	0,22	
Factor A	2	9,90	3,28	0,044	*	7,79	1,94	0,152	NS	13,12	2,24	0,114	NS

Factor B	2	0,40	0,13	0,876	NS	2,81	0,70	0,501	NS	3,51	0,60	0,552	NS
Factor C	3	1,64	0,54	0,654	NS	1,81	0,45	0,718	NS	5,51	0,94	0,426	NS
A x B	4	3,30	1,09	0,367	NS	5,58	1,39	0,247	NS	20,70	3,53	0,011	*
A x C	6	4,35	1,44	0,212	NS	4,59	1,14	0,348	NS	26,22	4,47	0,001	*
B x C	6	3,26	1,08	0,383	NS	3,21	0,80	0,574	NS	8,87	1,51	0,186	NS
A x B x C	12	5,02	1,66	0,095	NS	1,81	0,45	0,936	NS	6,75	1,15	0,335	NS
Error	70	3,02				4,02				5,86			
Total	107												
CV		14,87				17,92				15,73			
PROMEDIO		4,98				5,29				9,41			

10.4.2. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Número de hojas

La Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable número de hojas para los 90 DDA, presenta tres rangos estadísticos (gráfico 15), donde el T18 (sustrato propio + Phyto root + 0,5cc/l) el promedio más alto con 16,67 hojas ocupando el primer rango de significación, el segundo rango de significación lo ocupan varios tratamientos que se ubicaron en rango de promedios de 13,33 hasta 9,00 hojas y finalmente, el último rango lo ocuparon varios tratamientos, donde el promedio más bajo fue para T6 (Nutriabono + Phyto root + 0,5 cc) con 6,00 hojas.

El número de hojas es un indicador valioso en cuanto a la calidad de plantas, para LazcanoBello et al., (2021), uno de los nutrientes importantes es el nitrógeno al ser parte de la molécula de clorofila y componente principal de proteínas, se encuentra en la lista de ingredientes de los productos comerciales que se utilizaron en la investigación.

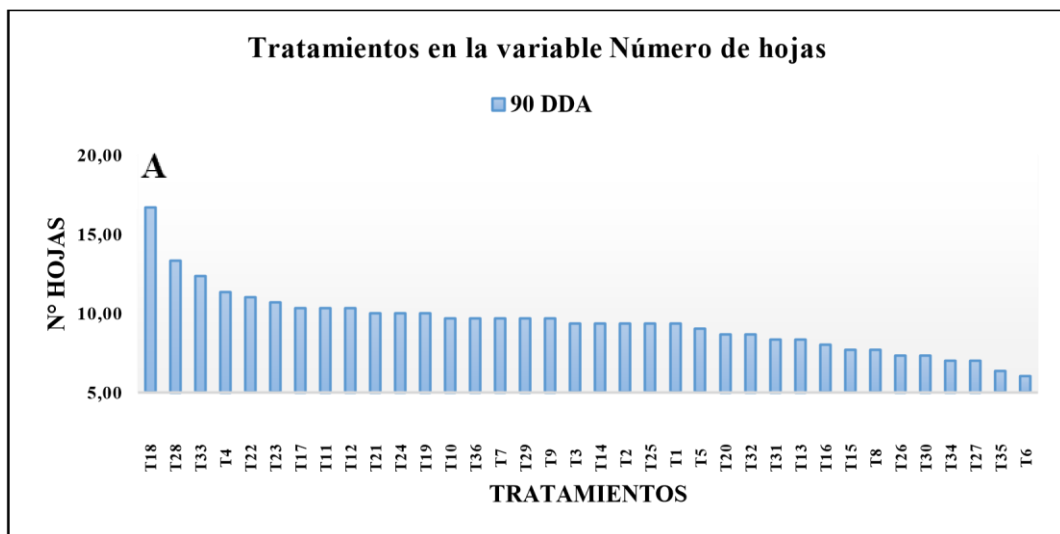


Gráfico 15. Prueba Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Número de hojas a los 90 DDA.

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.4.3. Prueba de Tukey al 5% para Factor A en la variable Número de hojas a los 30 DDA.

La Prueba de Tukey al 5% realizada para el factor A (sustratos) a los 30 DDA (grafica 16) presentó tres rangos de significación, el primer rango fue ocupado por el S2 (30% tierra negra; 30% arena; 30% abono orgánico; 10% pomina) con un promedio de 5,56; en el segundo rango se ubicó el S3 (30% tierra negra; 30% abono orgánico; 40% cascarilla arroz) con un promedio de 4,86, y el último rango lo ocupó el S1 (Nutriabono) con un promedio de 4,53 hojas.

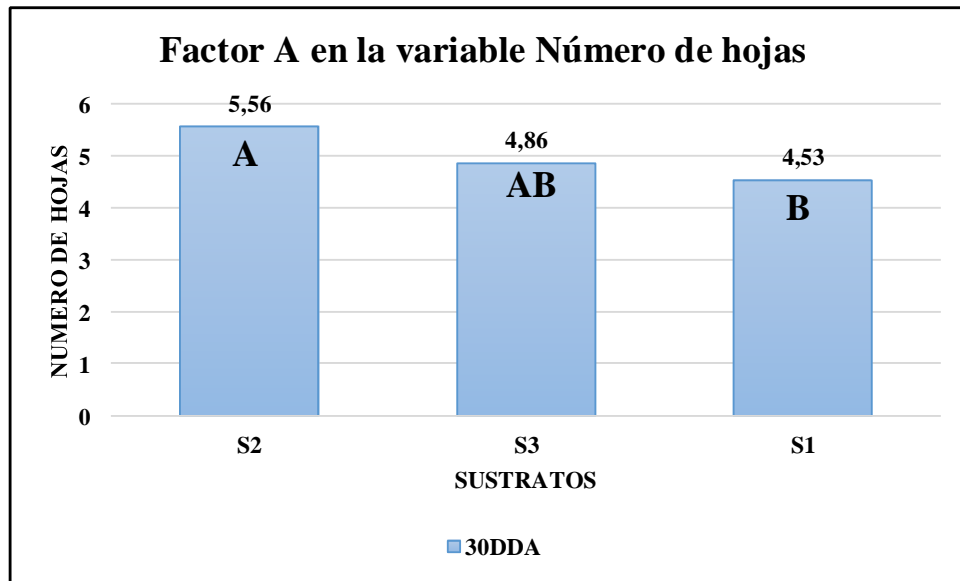


Gráfico 16. Prueba Tukey al 5% para Factor A en la variable Número de hojas a los 30DDA.

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.4.4. Prueba de Tukey al 5% para A x B en la variable Número de hojas a los 90DDA.

La Prueba de Tukey al 5% realizada a la interacción de los factores A (sustratos) * factor B (enraizantes) a los 90 DDA (gráfico 17), presentó tres rangos de significación, el primer rango fue ocupado por el S2 (30% tierra negra; 30% arena; 30% abono orgánico; 10% pomina) junto al E2 (Phyto root) con un promedio de 11,42 hojas; en el segundo rango se ubicaron el resto de interacciones obteniendo un rango de 10,42 hasta 8,33 hojas, y el último rango fue ocupado por el S1 (Nutriabono) y el E2 (Phyto Root) con un promedio de 8,08 hojas.

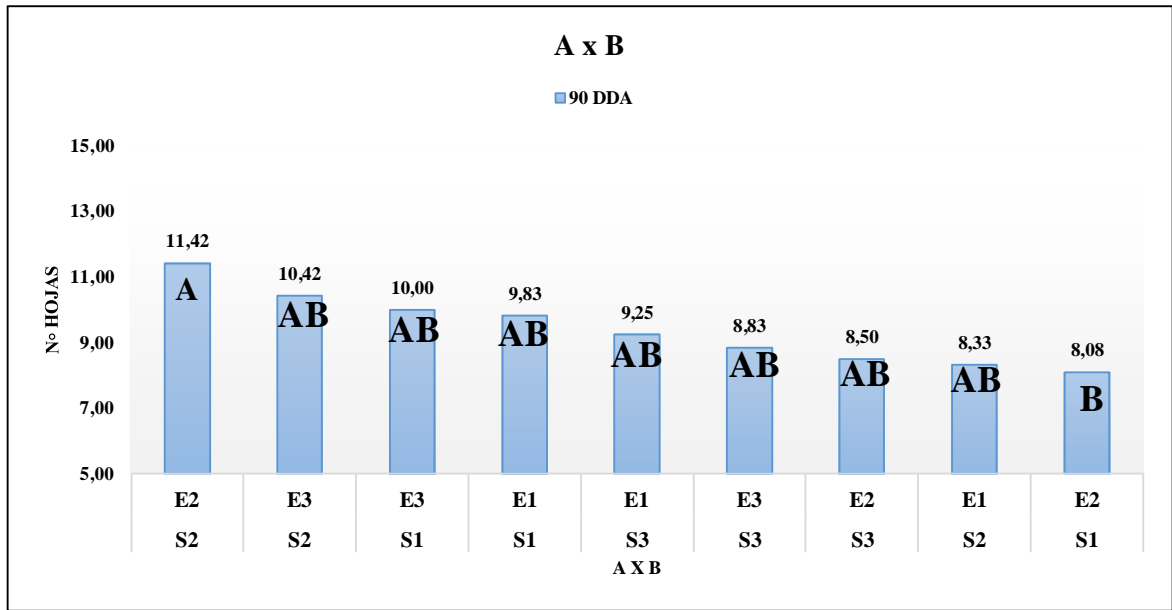


Gráfico 17. Prueba Tukey al 5% para A x B en la variable Número de hojas a los 90DDA.

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.4.5. Prueba de Tukey al 5% para A x C en la variable Número de hojas a los 90DDA.

La Prueba de Tukey al 5% realizada a la interacción de los factores A (sustratos) * factor C (dosis) a los 90 DDA (gráfico 18), presentó tres rangos de significación, el primer rango fue ocupado por el S2 (30% tierra negra; 30% arena; 30% abono orgánico; 10% pomina) junto a la dosis D2 (0,5 g – cc/l) con un promedio de 12,33 hojas; en el segundo rango se ubicaron el resto de interacciones obteniendo un rango de 10,56 hasta 8,89 hojas y el último rango fue ocupado por S3 (30% tierra negra + 30% abono orgánico + 40% cascarilla de arroz) y la dosis D2 (0,5 g – cc/l) con un promedio de 7,22 hojas.

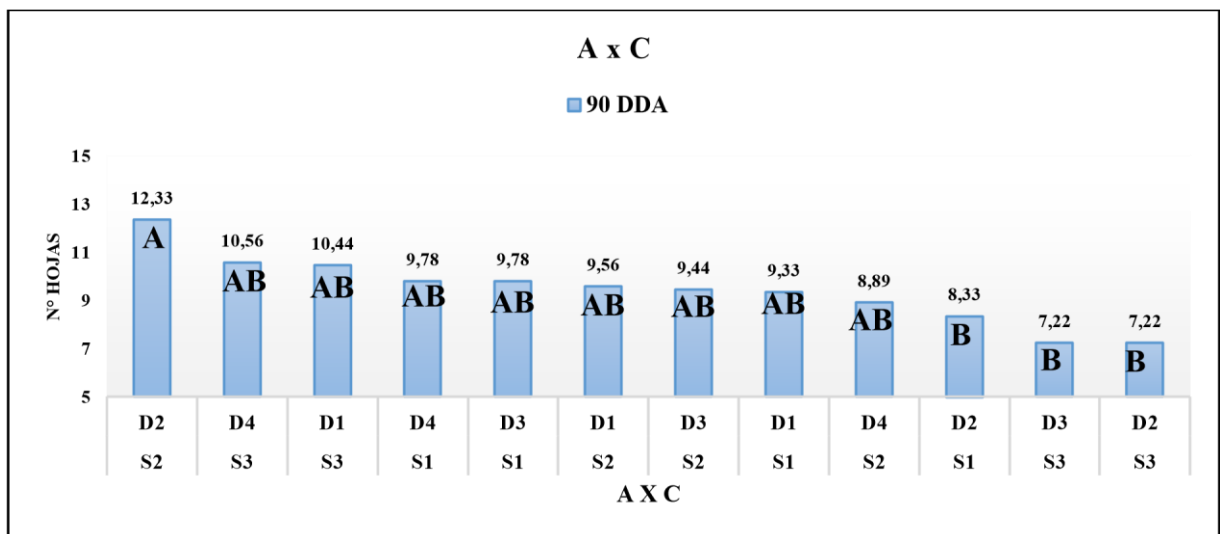


Gráfico 18. Prueba Tukey al 5% para Factor C en la variable Número de hojas a los 90DDA.

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.5. Diámetro de tallo

En la tabla 16 se observa el ADEVA de la variable diámetro de tallo para 30, 60 y 90 DDA, donde hubo significancia estadística para tratamientos solamente para los 30 y 90 DDA, para el factor A (sustratos) hubo significación estadística para los 30 y 90 DDA y para la interacción A (sustratos) x factor C (dosis) la significación estadística solamente hubo a los 30 DDA, el resto de fuentes de variación no fueron significantes a $p < 0,05$. Los coeficientes de variación fueron de 17,44 para 30 DDA; 16,26 para 60 DDA y 15,91 para 90 DDA; los promedios generales fueron de 4,23 mm para 30 DDA; 4,55 mm para 60 DDA y 6,38 mm para 90 DDA.

Tabla 16. ADEVA para la variable Diámetro de tallo

F.V.	gl	30 DDA				60 DDA				90 DDA			
		CM	F	p-valor	*	CM	F	p-valor	*	CM	F	p-valor	*
Tratamientos	35	2,35	1,75	0,024	*	1,49	0,55	0,974	NS	4,50	1,65	0,0388	*
Repetición	2	0,27	0,20	0,817		2,04	0,75	0,477		0,60	0,22	0,80	
Factor A	2	4,79	3,57	0,033	*	4,80	1,76	0,179	NS	18,07	6,59	0,002	*
Factor B	2	0,66	0,49	0,613	NS	0,68	0,25	0,779	NS	8,29	3,03	0,055	NS
Factor C	3	1,12	0,84	0,479	NS	2,08	0,76	0,518	NS	0,11	0,04	0,989	NS
A x B	4	2,56	1,91	0,118	NS	2,43	0,89	0,473	NS	1,04	0,38	0,823	NS
A x C	6	5,45	4,07	0,001	*	0,93	0,34	0,912	NS	4,20	1,53	0,180	NS
B x C	6	1,95	1,46	0,206	NS	1,24	0,46	0,838	NS	4,77	1,74	0,124	NS
A x B x C	12	1,11	0,83	0,621	NS	1,01	0,37	0,969	NS	3,87	1,41	0,181	NS
Error	70	1,34				2,72				2,74			
Total	107												
CV		17,4				16,26				15,91			
PROMEDIO (cm)		4,23				4,55				6,38			

10.5.1. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Diámetro de tallo a los 30 y 90 DDA.

La Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable diámetro de tallo para los 90 DDA (grafica 19) presento tres rangos de significación donde el tratamiento que ocupó el primer rango de significación fueron T16 (sustrato propio + Hormonagro 1 + 2 gr/l) con un promedio de 9,17 mm. Igualmente, el resto de tratamientos se ubicaron en un rango de 9,00 mm a 5,00 mm, mientras que el tratamiento T6 (Nutriabono + Phyto root + 0,5 cc/l) ocupó el último rango y el último lugar con un promedio de 3,83 mm para la variable diámetro de tallo.

A los 30DDA el tratamiento que ocupó el primer rango de significación fue el T13 (sustrato propio + Hormonagro 1 + 0 g/l)

Ballinas (2023) reporta que obtuvo un mayor grosor de tallos en plántulas que fueron sometidas a una dosis de ácido naftalenacito de 25 y 50 ppm, sabiendo que estas hormonas están

relacionadas a la elongación y división celular, llegando a un diámetro de 6,53 mm y un promedio menor de 4,87 mm; coincidiendo con los datos obtenidos donde el diámetro de tallo con el valor más alto llegó a 6,50 mm a los 30 DDA, coincidiendo con lo reportado por el autor.

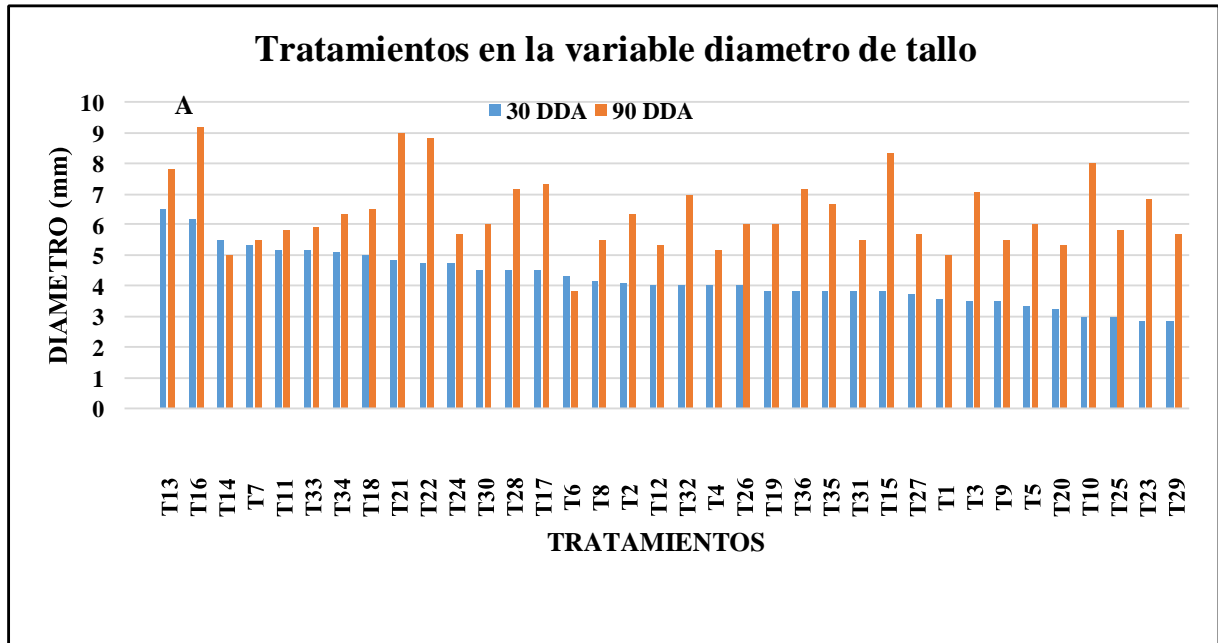


Gráfico 19. Promedios para Tratamientos en la variable Diámetro de tallo Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.5.2. Prueba de Tukey al 5% para Factor A en la variable Diámetro de tallo

La Prueba de Tukey al 5% realizada para el factor A (sustratos) para los 30 DDA (gráfico 20) presentó tres rangos de significación, el primer rango fue ocupado por el S2 (30% tierra negra; 30% arena; 30% abono orgánico; 10% pomina) con un promedio de 4,65 mm; en el segundo rango se ubicó el S3 (30% tierra negra; 30% abono orgánico; 40% cascarilla arroz) con un promedio de 4,03 mm; y, el último rango lo ocupó el S1 (Nutriabono) con un promedio de 4,00 mm. A los 90 DDA (grafica 20), hubo tres rangos de significación, el primer rango fue ocupado por el S2 (30% tierra negra; 30% arena; 30% abono orgánico; 10% pomina) con un promedio de 7,15 mm; en el segundo rango se ubicó el S3 (30% tierra negra; 30% abono orgánico; 40% cascarilla arroz) con un promedio de 6,24 mm; y, el último rango lo ocupó el S1(Nutriabono) con un promedio de 5,76 mm.

Sánchez Quintero (2017) reporta que tuvo diferencias significativas al utilizar diferentes sustratos, donde a los 77DDA obtuvo un promedio de 2,70 mm; el sustrato utilizado estuvo conformado por 20% de corteza de pino molida, 20% de compost y 60% de suelo de la región,

evidenciando que el sustrato elaborado con materiales orgánicos actúa directamente en el crecimiento de las plantas.

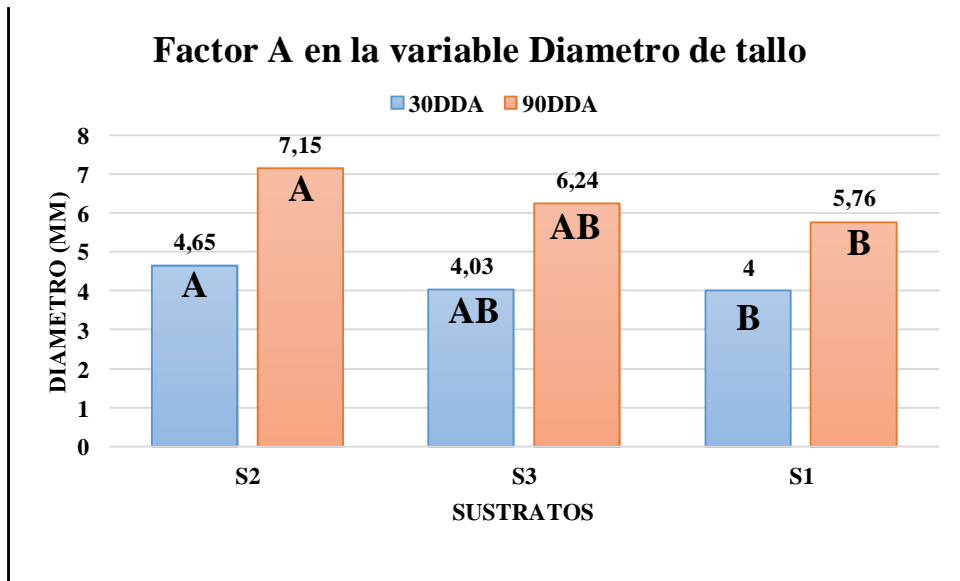


Gráfico 20. Prueba Tukey al 5% para Factor A en la variable Diámetro de tallo a los 30 y 90DDA. Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.5.3. Prueba de Tukey al 5% para A x C en la variable Diámetro de tallo a los 30 DDA

La Prueba de Tukey al 5% realizada a la interacción de los factores A (sustratos) * factor C (dosis) para los 30 DDA (grafica 21), presentó tres rangos de significación, el primer rango fue ocupado por el S2 (30% tierra negra; 30% arena; 30% abono orgánico; 10% pomina) junto a la dosis D1 (0 g – cc/l) con un promedio de 5,72 mm; en el segundo rango se ubicaron el resto de interacciones obteniendo un rango de 5,08 mm hasta 4,06 mm y el último rango fue ocupado por el S1 (Nutriabono) y dosis D1(0 cc-g/l) con un promedio de 3,47 mm.

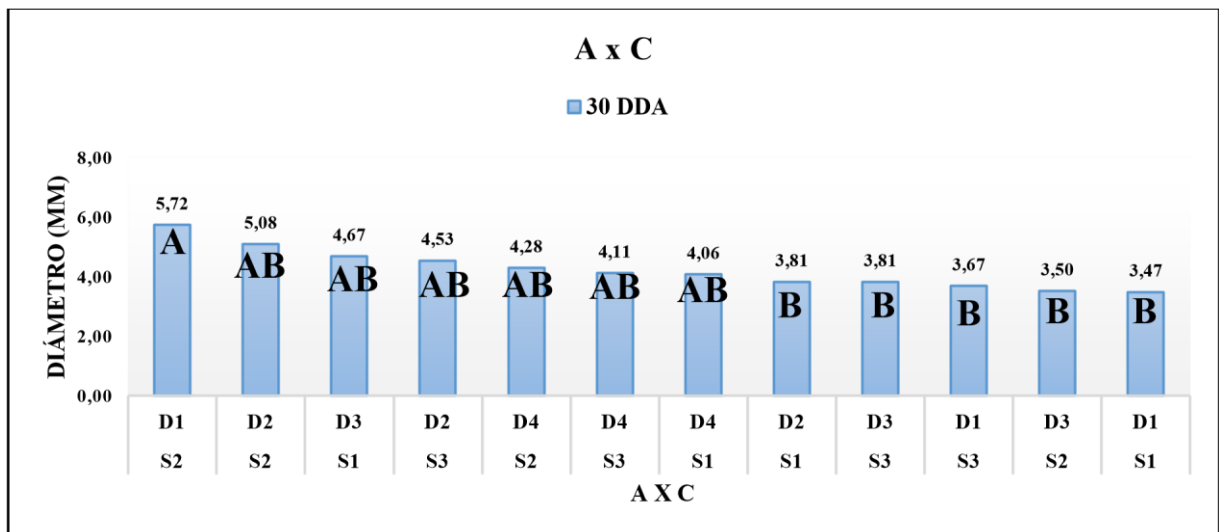


Gráfico 21. Prueba Tukey al 5% para A x B en la variable Diámetro de tallo a los 30DDA.

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

10.6. Número de Plantas vivas

En la tabla 17 se observa el ADEVA de la variable número de plantas vivas a los 120 DDA, donde hubo significancia estadística únicamente para el Factor B (enraizantes). El resto de fuentes de variación no fueron significantes a $p < 0,05$. El coeficiente de variación fue de 29,1 y el promedio general llegó a 5,66 aproximado a 7 plantas vivas.

Tabla 17. ADEVA para la variable Número de Plantas vivas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	3,95
Tratamientos	138,32	35	1,46	0,0903	ns	
Repetición	0,30	2	0,15	0,05	0,9468	
Factor A	13,13	2	6,56	2,42	0,0963	ns
Factor B	43,91	2	21,95	8,10	0,0007	*
Factor C	5,06	3	1,69	0,62	0,6021	ns
A x B	2,54	4	0,63	0,23	0,9192	ns
A x C	29,24	6	4,87	1,80	0,1122	ns
B x C	11,57	6	1,93	0,71	0,6409	ns
A x B x C	32,87	12	2,74	1,01	0,4485	ns
Error	189,70	70	2,71			
	Total		328,32	107		
CV	29,1					
PROMEDIO	5,66					

10.6.1. Prueba de Tukey al 5% para Factor B en la variable Número de plantas vivas

La prueba de Tukey al 5% realizada al factor B (enraizantes) donde a los 120 DDA, se contabilizó el número de plantas vivas, hubo dos rangos de significación donde el primer rango fue para el producto Hormonagro 1 con un promedio de 6,56 plantas vivas, seguido de Neptunum con 5,28 y al final Phyto Root con 5,14. Los dos últimos productos ocuparon el segundo rango de significación.

Se reporta que a los 120 días se obtienen plantas listas para ser trasplantadas a campo, con los tratamientos evaluados observamos que del 100% de plantas evaluadas, se obtuvo 65,6 % de plantas vivas listas para su trasplante.

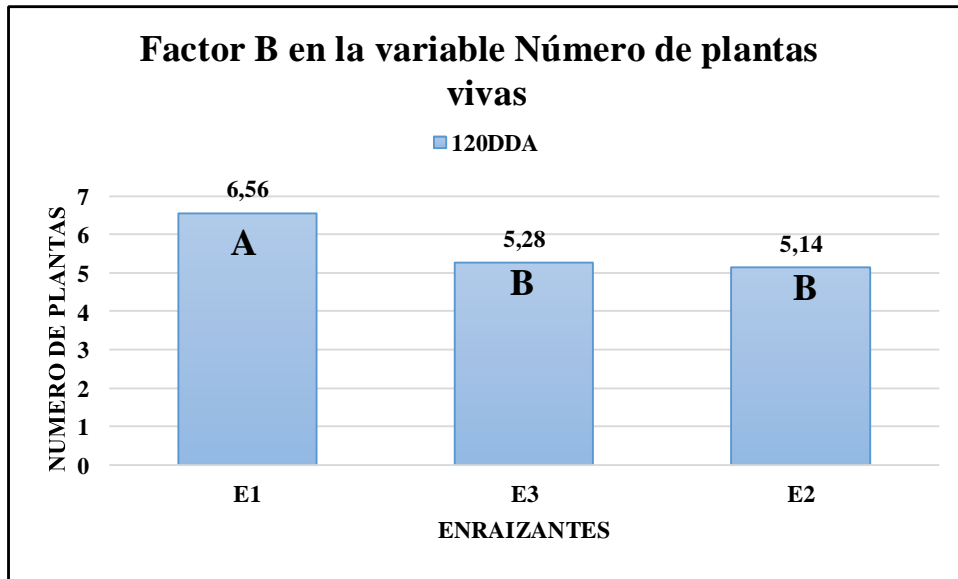


Gráfico 22. Prueba Tukey al 5% para Factor B en la variable Número de plantas vivas

Elaborador por: Defaz, L. (2025)

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. Conclusiones

- Se concluye que el mejor sustrato para el enraizamiento de esquejes de hortensias en el vivero municipal de Latacunga, es una mezcla compuesta por 30% tierra negra + 30% arena + 30% abono orgánico + 10% pomina, ya que proporciona las condiciones óptimas de drenaje, retención de humedad y nutrientes. Además, el uso del fitoregulador Hormonagro 1 al (0,40%) en una dosis de 2g/l demostró ser el más efectivo en el enraizamiento y desarrollo vegetativo debido a su alto contenido de ácido naftalenacético que promueve la actividad mitótica en las células de tejido vascular, lo que facilita la formación de meristemas radiculares dando origen a la producción de raíces adventicias, siendo el T16 (sustrato propio + Hormonagro 1(ANA 0,40%) + 2gr/l) quien ocupó los primeros rangos de significación en las variables relacionadas al sistema radicular; porcentaje de sobrevivencia con una media del 100%, longitud radicular con una media de 11,87cm, y masa radicular con una media de 6,36gr. Esto indica que la combinación de un sustrato adecuado con un fitoregulador en la dosis correcta es crucial para el éxito del enraizamiento en esquejes.
- Se concluyó que es posible obtener plantas sanas y vigorosas listas para su trasplante a los 120 días después de la aplicación de ácido naftalenacético, con características ideales de masa radicular entre 2,18 – 6,36gr, y longitud de 9,89 – 11,87cm.

11.2. Recomendaciones

- Se recomienda a los productores de hortensias y viveristas trabajar de acuerdo a la combinación entre el sustrato elaborado por 30% tierra negra + 30% arena + 30% abono orgánico + 10% pomina y con la hormona ácido naftalenacético a una dosis de 2gr/l de agua, ya que esta combinación presentó los mejores resultados en el proyecto, siendo crucial para el éxito del enraizamiento en esquejes
- Se recomienda el uso de esquejes intermedios semi-leñosos de plantas jóvenes, debido a que se encuentran en plena etapa de crecimiento lo que acelera el proceso de formación de raíces adventicias.
- Se recomienda tomar en cuenta variables como color de raíz, índice de ramificaciones de raíz, peso seco de raíz, profundidad de raíz, entre otras, para que la investigación sea más precisa y se pueda obtener resultados más detallados sobre el enraizamiento de esquejes de hortensias con el uso de sustratos, fitoregulador y dosis.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Abonoagro. (2024). *Nutriabono - Abonoagro*. <https://abonoagro.com/nutriabono/>
- Acosta, M. B. (2022). *Cómo reproducir hortensias - Guía práctica*. Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/como-reproducir-hortensias-3421.html>
- Alcántara Cortés, J., Acero Godoy, J., Alcántara Cortés, J., & Sánchez Mora, R. (2019). Main hormonal regulators and their interactions in plant growth. *Nova Scientia*, 17(32), 109–129.
- Alonso Martínez, P. (2015). Diseño de áreas verdes con criterios ecológicos. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, 101. <https://doi.org/10.20868/ciur.2015.101.3188>
- Alvarado, A., & Munzón, M. (2020). Evaluación de la efectividad de gel de sábila y agua de coco como enraizantes naturales en diferentes sustratos para propagación asexual de árboles de ficus benjamina. *Agronomía Costarricense*, 44(1), 65–77. <https://doi.org/https://doi.org/10.15517/RAC.V44I1.40002>
- AnnQuímica. (2024). *Neptunum*. <https://annquimica.com/neptunum-2/>
- Asuncion, E., Villa, J., Hernández, E., Lopez, E., & Alvarez, J. (2021). Función, identificación e importancia de fitohormonas: una revisión. *Bioteología Vegetal*, 21(4), 178–192. <https://orcid.org/0000-0002-0379-5588>
- Ballester, J., & Sebastia, S. (2017). *Forzado de floración en Hydrangeas*. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort%2FHort_1997_19_13_18.pdf

- Ballinas, D. (2023). *Efecto con la aplicación de auxinas y giberelinas en tomate (Solanum lycopersicum L.) en diferentes materiales genéticos, dosis y desarrollo* [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro].
[http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/49325/K68755 Ballinas Cruz%2C Dení.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/49325/K68755%20Ballinas%20Cruz%20Deni.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bautista-Ojeda, G. I., Vargas-Hernández, J. J., Jiménez-Casas, M., & López-Peralta, M. C. G. (2022). Plant management and IBA application in rooting of *Pinus patula* cuttings. *Madera y Bosques*, 28(1), 1–11. <https://doi.org/10.21829/myb.2022.2812060>
- Bernal Carrazana, Y., Hernández Rodríguez, C. E., Rios Albuerno, C., & Torres Cordovés, L. (2019). Combinaciones y proporciones de sustratos en la producción de posturas de Acerola por esquejes Combinations and proportions of substrates in the production of Acerola plantlets by cuttings. *Centro Agrícola*, 46(2), 30–37. <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Carrera Maridueña, B., CurrilloJadan, N., Villa Muñoz, W., & Avilés Zea, Á. (2022). Reproducción asexual del laurel (*Cordia alliodora*) bajo la aplicación de dos enraizantes y dos sustratos. *ProSciences*, 6(45), 16–22.
<https://doi.org/https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss45>
- Colinagro. (2023). *Hormonagro 1*. <https://www.colinagro.com/hormonagro-1/>
- Díaz García, J. J., Navarro Alzate, R., Gaviria Gutiérrez, B. M., Jurado Betancur, X., & Cardona Ochoa, M. L. (2011). Propagación in vitro de la hortensia (*Hydrangea macrophylla* thunb. Ex J.A.Murr. Ser) para la producción de esquejes. *Revista Universidad Católica de Oriente*, 31, 13–20.
- Domingo, R., Téllez, D., Hernández, M., & De la Cruz, E. (2015). Evaluación de cinco sustratos para la obtención de plantas de la especie *Jatropha curcas*. *Artículo Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 2(2), 169–184. www.ecorfan.org/bolivia
- Durango Ballesteros Eder, & Humanez Álvarez Alicia. (2017). Enraizamiento de esquejes de Caña Agria (*Cheilocostus speciosus*. J.Koenig). *Revista Colombiana de Biotecnología*, XIX(2), 133–139.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/70395/pdf>
- Echeverry, L. (2022). Hortensias para hombres futuros: un camino hacia la sostenibilidad. *Universitas Científica*, 40–43.
- Gómez, L. (2013). *Respuesta a la alcalinidad en agua de riego con aplicaciones suplementarias de calcio en Lisianthus (Eustoma grandiflorum (Raf.) Shinn.)*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa

- (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO: Revista Científica de La Investigación y El Conocimiento*, 4(3), 163–173. [https://doi.org/0.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/0.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Gutiérrez, A., Orden, L., Postemsky, P., Iocoli, G., Mockel, G., & Marinangeli, P. (2022). Agrowaste compost as a component of substrates for ornamental plants. *Horticultura Argentina*, 41(104), 7–18.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta Edic). McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A.
- Hirota, S. K., Yahara, T., Fuse, K., Sato, H., Tagane, S., Fujii, S., Minamitani, T., & Suyama, Y. (2022). Molecular phylogeny and taxonomy of the *Hydrangea serrata* complex (Hydrangeaceae) in western Japan, including a new subspecies of *H. acuminata* from Yakushima. *PhytoKeys*, 188, 49–71. <https://doi.org/10.3897/PHYTOKEYS.188.64259>
- Ibañez, M. (2020). *Influencia del Aluminio y el Fósforo en la biosíntesis de antocianinas y calidad en Hortensia (Hydrangea macrophylla)*. Colegio de Postgraduados.
- Khudhur, S. A., & Omer, T. J. (2015). Effect of NAA and IAA on Stem Cuttings of *Dalbergia Sissoo* (Roxb). *Journal of Biology and Life Science*, 6(2), 208. <https://doi.org/10.5296/jbls.v6i2.7445>
- Lazcano-Bello, M. I., Sandoval-Castro, E., Tornero-Campante, M. A., Hernández-Hernández, B. N., Ocampo-Fletes, I., Díaz-Ruíz, R., Lazcano-Bello, M. I., Sandoval-Castro, E., Tornero-Campante, M. A., Hernández-Hernández, B. N., Ocampo-Fletes, I., & Díaz-Ruíz, R. (2021). Evaluación de sustratos, solución nutritiva y enraizador en producción de plántulas de jitomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(1), 61–76. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V12I1.2450>
- Loján, M., Holguín, G., & Romero, J. (2023). Manual Viveros Forestales. In *Ministerio de Agricultura y Ganadería* (Vol. 1). http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_06.pdf
- López Pérez, E. G. (2019). *Evaluación de dos sustratos para la producción de tres cultivares de tomate Cherry (Lycopersicum esculentum Mill) Var. Cerasiforme (Dunal) en Invernadero*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Luna-Fletes, J. A., Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, Á., Chan-Cupul, W., Luna-Esquivel, G., García-Paredes, J. D., Aguilar-Benítez, G., Palemón-Alberto, F., Mancilla-Villa, O. R., Luna-Fletes, J. A., Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, Á., Chan-Cupul, W., Luna-Esquivel, G., García-Paredes, J. D., Aguilar-Benítez, G., Palemón-Alberto, F., & Mancilla-Villa, O. R.

- (2023). Biofertilizantes y sustratos orgánico-minerales en el cultivo de chile habanero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(2), 137–146. <https://doi.org/10.35196/RFM.2023.2.137>
- Martínez-Monter, J. P., García-López, E., Castillo-Martínez, A., Romero-Santos, R. D., Fajardo-Franco, M. L., Ortega-Acosta, S. Á., & Palemón-Alberto, F. (2022). Sustratos orgánicos en el desarrollo de raíces en esquejes de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews). *Acta Agrícola y Pecuaria*, 8(1). <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081014>
- Meza, M. del C., Velázquez, L., & Larrucea, A. (2017). Recuperación de áreas verdes urbanas. La importancia del diagnóstico fitosanitario para la intervención. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 1(22), 1–14. <https://legadodearquitecturaydiseno.uaemex.mx/article/view/11448%0A>
- Monroy, I., Villegas, A., Peña, C., Barrientos, A., Ruíz, L., & Castro, S. (2024). pH, dilución y concentraciones de alcohol de AIB en el enraizamiento de *Ficus carica*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(4), 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v15i4.3224>
- Morales-Maldonado, E. R., & Casanova-Lugo, F. (2015). Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2), 365. <https://doi.org/10.15517/am.v26i2.19331>
- Pecchioli, S., Lazzereschi, S., Nesi, B., Antonetti, M., Grassotti, A., & Salazar-Orozco, G. (2013). Morphological characterization of a hydrangea spp. collection. *Acta Horticulturae*, 1000, 99–106. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2013.1000.11>
- PhytoNutrimentos de México. (2020). *Phyto Root*. https://pnm.com.mx/wpcontent/uploads/2020/12/FT_PhytoRoot.pdf
- Prieto-Ruíz, J. Á., Pérez-Luna, A., Manríquez-Santillán, M. Á., Hernández-Díaz, J. C., Montiel-Antuna, E., & Soto-Cervantes, J. A. (2022). Survival and root growth of tender and lignified lemon cypress cuttings with different substrates and rooting agents. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(73), 155–174. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i73.1220>
- Quiroz, L. (2021). *Análisis de efectividad de los diferentes tipos de enraizantes naturales para la agricultura*. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Ramos, L., Arozarena, N., Lescaile, J., Castañeda, E., Lozano, S., & Rodríguez, G. (2014). Dosis de pectimorf® para enraizamiento de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 21(6)2, 133–139. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263128353002>

- Roveda, G., Diaz, C., Tamayo, A., & Navas, G. (2006). Sustratos Y Solarización. *Uso y Manejo de Biofertilizantes En El Cultivos*, 20–23.
- Sánchez Quintero, S. N. (2017). *Sustratos, tamaño de recipiente y ambiente de cultivo en el crecimiento inicial de Cariniana pyriformis Miers* [Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34056>
- Serviss, B., Peck, J., & Maddox, V. (2016). Hydrangea macrophylla (Hydrangeaceae) adventive in the Arkansas flora. *Phytoneuron*, 66(October), 1–6. <http://www.phytoneuron.net/2016Phytoneuron/66PhytoN-HydrangeaArkansas.pdf>
- Tinco Mamani, E. (2024). Propagation of fig (Ficus caricaL.) cuttings under natural rooting at different submergence times. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 11(1), 47–56. <https://doi.org/https://orcid.org/0000-0003-1042-5726>
- Torres Morán, M. I., Velasco Ramírez, A., Velasco Ramírez, A. P., Torres Morán, J. P., & García Sahagún, M. L. (2023). Evaluación del efecto rizogénico de productos orgánicos en dos tipos de sustrato en esquejes de hortensias (Hydrangea macrophylla). *E-Cucba*, 10(20), 174–180. <https://doi.org/10.32870/ecucba.vi20.310>
- Valencia, K. (2021). *Caracterización del desarrollo fenológico de la Hortensia*. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/19678/7/ValenciaKely_2021_AnálisisFenológicoHydrangea.pdf
- Villanueva, A., Albildo, A., Hidalgo, J., Ramos, C., & Lezama, P. (2023). Root mass of Lactuca sativa (Asteraceae) cv . Ariel and cv . Rosanna grown in three different substrates. *Arnaldoa*, 30(2), 221–232.
- Xing, J., Gruda, N., Xiong, J., & Liu, W. (2019). Influence of organic substrates on nutrient accumulation and proteome changes in tomato-roots. *Scientia Horticulturae*, 252, 192–200. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2019.03.054>
- Yoshida, K., Oyama, K. I., & Kondo, T. (2020). Insight into chemical mechanisms of sepal color development and variation in hydrangea. *Proceedings of the Japan Academy Series B: Physical and Biological Sciences*, 97(2), 51–68. <https://doi.org/10.2183/pjab.97.003>
- Zambrano, J. (2021). *Evaluación del comportamiento agronómico con sombra al 40% y al 60% en el cultivo de hortensias (hydrangea spp l.) Cod. 1-2019 en invernadero en la localidad de Pastocalle NATURALES*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.