

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



**Uso de la sábila, lenteja y sauce como enraizantes naturales en
el prendimiento de esquejes de rosas**

TESIS

para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

Autor: Br. Elias Infante Lopez

Tumbes, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



**Uso de la sábila, lenteja y sauce como enraizantes naturales en el
prendimiento de esquejes de rosas**

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Ramón García Seminario (presidente)

Mg. Víctor Manuel Saavedra Chávez (secretario)

Dr. Carlos Alberto Deza Navarrete (Vocal)

Tumbes, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



**Uso de la sábila, lenteja y sauce como enraizantes naturales en el
prendimiento de esquejes de rosas**

**Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido
y forma:**

Br. Elias infante Lopez.
AUTOR

Dr. Carlos Alberto Deza Navarrete
ASESOR

Ing. Audoro Dominguez Castillo
Co ASESOR

Tumbes, 2026



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO
SECRETARIA ACADÉMICA



"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

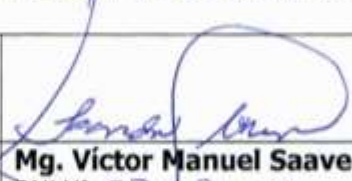
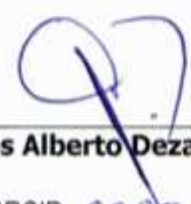
En Tumbes, a los siete días del mes de abril de dos mil veintiséis, siendo las Diez horas, con quince minutos (10:15), de la mañana, de forma presencial, se reunieron en el aula 1 de la Facultad de Ciencias Agrarias, el Jurado Calificador, designado por Resolución N° 059-2024/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, Dr. Ramón García Seminario (Presidente), Mg. Víctor Manuel Saavedra Chávez (Secretario), Dr. Carlos Alberto Deza Navarrete (Vocal), reconociendo en la misma resolución además, al Dr. Carlos Alberto Deza Navarrete, como Asesor y al Ing. Audoro Domínguez Castillo, como Co-asesor, ante la ausencia del Secretario el Dr. Jalmer Fidel Campaña Olaya, por asuntos personales, asume el Mg. Víctor Manuel Saavedra Chávez, la condición de secretario del jurado; se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, "**Uso de sábila, lenteja y sauce como enraizantes naturales en el prendimiento de esquejes de rosas**" para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bach. Elías Infante Lopez, Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 75 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara al: **Bach. ELIAS INFANTE LOPEZ**, APROBADO, por UNANIMIDAD, con el calificativo DE MUY BUENO.

Se hace conocer al sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda APTO para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las doce horas y veinte minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, 7 de abril de 2026.

 Dr. Ramón García Seminario DNI N° CODIGO ORCID <u>0000-0003-0756-0935</u> Presidente	 Mg. Víctor Manuel Saavedra Chávez DNI N° <u>02684070</u> CODIGO ORCID <u>0000-00002-320-4211</u> Secretario
 Dr. Carlos Alberto Deza Navarrete DNI N° CODIGO ORCID <u>0000-0002-3324-3741</u> Vocal	

C.C. - JURADOS (03) -ASESOR Y(CO)-INTERESADO-ARCHIVO (Decanato)
S. Acad.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada etapa de mi vida y por permitirme alcanzar una de mis metas profesionales.

A mi familia, por su amor incondicional, paciencia, comprensión y apoyo constante, quienes han sido el pilar fundamental para seguir adelante en los momentos de mayor dificultad.

A todas aquellas personas que creyeron en mí y me motivaron a no rendirme, este logro también es de ustedes.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a Dios por brindarme salud, fortaleza y sabiduría a lo largo de este proceso académico, permitiéndome culminar satisfactoriamente la presente investigación.

Mi especial gratitud a la Universidad y a la Escuela Profesional, por la formación académica y los conocimientos impartidos durante mi etapa universitaria, los cuales han sido fundamentales para mi desarrollo profesional.

Agradezco de manera particular a mi asesor de tesis, por su orientación, apoyo constante y valiosos aportes científicos que contribuyeron al adecuado desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación.

Asimismo, expreso mi agradecimiento a los docentes, quienes con sus enseñanzas, consejos y experiencia académica fortalecieron mi formación profesional.

Finalmente, agradezco a mi familia y a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, brindaron su apoyo moral, emocional y logístico durante la ejecución de esta investigación.


Dr. CARLOS ALBERTO DIEZ NAVARRETE
DNI: 18532829
Código ORCID: 0009-0002-3324-3741
Asesor de Tesis

Elias Infante Lopez

Archivo_Tesis_Infante Lopez

 Tesis

Detalles del documento

Identificador de la entrega:

tm:oid::3117:619580424

Fecha de entrega:

2 sept 2026, 9:32 GMT-5

Fecha de descarga:

2 sept 2026, 9:47 GMT-5

Nombre del archivo:

Archivo_Tesis_Infante Lopez.docx

Tamaño del archivo:

22.5 MB

49 páginas

9721 palabras

52.799 caracteres

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.


Dr. CARLOS ALBERTO ORTIZ NAVARRETE
CUI: 14512059
Código ORCID: 0000-0003-2334-0161
Asesor de Tesis

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	bdigital.unal.edu.co	1%
2	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnológica del Perú on 2025-06-30	<1%
3	Internet	es.slideshare.net	<1%
4	Trabajos del estudiante	Unidad Educativa Fiscomisional Calasanz on 2025-06-11	<1%
5	Trabajos del estudiante	Universidad Agraria del Ecuador on 2026-04-22	<1%
6	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2019-11-06	<1%
7	Trabajos del estudiante	Systems Link on 2013-02-22	<1%
8	Internet	rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com	<1%
9	Trabajos del estudiante	Escuela Superior Politécnica del Litoral on 2024-09-05	<1%
10	Trabajos del estudiante	Universidad Europea de Madrid on 2020-07-15	<1%
11	Internet	repositorio.unsch.edu.pe	<1%

12	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
13	Trabajos del estudiante	Escuela De Ingeniería De Antiquia - Columbia on 2021-03-17	<1%
14	Internet	eprints.uanl.mx	<1%
15	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe	<1%
16	Internet	repositorio.monterrico.edu.pe	<1%
17	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
18	Internet	repositorio.unas.edu.pe	<1%
19	Internet	scielo.isciii.es	<1%
20	Trabajos del estudiante	ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey on 2024-06-10	<1%
21	Internet	www.scribd.com	<1%

12	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
13	Trabajos del estudiante	Escuela De Ingeniería De Antiquia - Columbia on 2021-03-17	<1%
14	Internet	eprints.uanl.mx	<1%
15	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe	<1%
16	Internet	repositorio.monterrico.edu.pe	<1%
17	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
18	Internet	repositorio.unas.edu.pe	<1%
19	Internet	scielo.isciii.es	<1%
20	Trabajos del estudiante	ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey on 2024-06-10	<1%
21	Internet	www.scribd.com	<1%

ÍNDICE GENERAL

	Página.
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO I.....	19
INTRODUCCION	19
CAPÍTULO II.....	21
REVISION DE LITERATURA.....	21
2.1 ANTECEDENTES	21
2.1.1 INTERNACIONALES	21
2.1.2 NACIONALES	22
2.2 ASPECTOS GENERALES DE LA ROSA SP.....	23
2.2.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN:.....	23
2.2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.	23
2.2.3 IMPORTANCIA ECONÓMICA	24
2.2.4 PROPAGACIÓN ASEXUAL DE ROSAS	25
2.3 IMPORTANCIA Y FUNCIÓN DE LOS ENRAIZANTES NATURALES EN LA PROPAGACIÓN VEGETAL	26
2.4 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LA SÁBILA, EL SAUCE Y LA LENTEJA COMO ENRAIZANTES NATURALES	27
CAPÍTULO III.....	29
MATERIALES Y METODOS	29
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	29
3.2. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRATAMIENTOS Y DEL CAMPO EXPERIMENTAL	30
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	31

3.5	ESTABLECIMIENTO Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	32
3.6	OBSERVACIONES EXPERIMENTALES	35
3.6.1	ENRAIZAMIENTO	35
3.6.2	BROTAMIENTO	36
3.6.3	PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO DE LOS ESQUEJES:.....	36
	CAPÍTULO IV	37
	RESULTADOS Y DISCUSION	37
4.1	RESULTADOS.....	37
4.2	DISCUSIÓN	51
	CAPÍTULO V	54
	CAPÍTULO VI	55
	RECOMENDACIONES	55
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	56
	ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<i>Tabla 1 Prueba descriptiva para el efecto de tratamiento en número de brotes...</i>	38
Tabla 2 Prueba de Kruskal-Wallis para el efecto de tratamientos en <i>número de brotes</i>	39
Tabla 3 Prueba descriptiva para el efecto de tratamiento en longitud de brotes ..	40
Tabla 4 Prueba de Kruskal-Wallis para el efecto de tratamientos en longitud de brotes.....	41
Tabla 5 Información del factor.....	41
Tabla 6 Análisis de varianza de efectos en número de raíces	42
Tabla 7 Método de Tukey y una confianza de 95 % para bloque	43
Tabla 8 Método de Tukey y una confianza de 95 % para tratamiento	44
Tabla 9 Prueba descriptiva para el efecto de tratamientos en longitud de raíces.	44
Tabla 10 Prueba de Kruskal-Wallis para el efecto de tratamientos en longitud de raíces.....	45
Tabla 11 Prueba descriptiva para el efecto de tiempo en número de brotes	46
Tabla 12 Prueba de Kruskal-Wallis para el efecto de tiempo en número de brotes	47
Tabla 13 Prueba descriptiva para el efecto de tiempo en longitud de brotes	47
Tabla 14 Prueba de Kruskal-Wallis para el efecto del tiempo en longitud de brotes	48
Tabla 15 Prueba descriptiva para el efecto de tiempo en longitud de raíces.....	49
Tabla 16 Prueba de Kruskal-Wallis para el efecto de tiempo en longitud de raíces	50
Tabla 17 Método de Tukey y una confianza de 95 % para tiempo	51

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribución de los tratamientos en el campo experimental	30
Figura 2. Prueba de normalidad	37
Figura 3. Grafica de caja número de brotes.....	39
Figura 4. Grafica de caja de longitud de brotes	40
Figura 5. Grafica de efectos principales para número de raíces	42
Figura 6. Grafica de caja de número de raíces	43
Figura 7. Grafica de caja de longitud de raíces	45
Figura 8. Grafica de caja número de brotes.....	46
Figura 9. Grafica de caja de longitud de brotes	48
Figura 10. Grafica de caja de longitud de raíces.....	50
Figura 11. Limpieza y acondicionamiento del área destinada para el establecimiento del experimento.....	65
Figura 12. a) Preparación del sustrato (arena de río de textura fina) para el enraizamiento de esquejes y b) Desinfección del sustrato mediante aplicación de formol y cobertura con plástico.	65
Figura 13. a) Llenado de las bolsas de polietileno con sustrato desinfectado y b) distribución y ordenamiento de las unidades experimentales en el área de estudio.	66
Figura 14. a) Planta madre de rosa para la obtención de esquejes y b) Selección y desinfección de esquejes de rosa para el proceso de enraizamiento.....	66
Figura 15. Preparación de enraizantes naturales: a) sábila, b) lenteja y c) sauce	67
Figura 16. Inmersión de los esquejes de rosa en los diferentes enraizantes naturales y plantado de los esquejes tratados en bolsas.	67
Figura 17. Identificación de los tratamientos y desarrollo de las labores culturales (riego y control de malezas).....	68
Figura 18. Evaluación del enraizamiento y brotamiento de esquejes de rosa a los 30, 45 Y 60 días después del plantado de los esquejes.	68
Figura 19. Comparación visual del efecto de los tratamientos con enraizantes naturales sobre el prendimiento de esquejes de rosa: a) sauce, b) lenteja, c) sábila y d) testigo	69

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1: Promedios obtenidos por tratamiento según observación experimental.	63
Anexo 2: Comparación estadística de las variables evaluadas según tratamiento.	64
Anexo 3: Comparación estadística de las variables evaluadas según tiempo de evaluación.	64
Anexo 4: Panel fotográfico	65

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo comparar los efectos de la sábila, lenteja y sauce como enraizantes naturales en el prendimiento de esquejes de rosas, considerando las variables de enraizamiento, brotamiento y porcentaje de prendimiento. La investigación fue de tipo aplicada con diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA) con 4 tratamientos (T0 testigo, T1 sábila, T2 lenteja, T3 sauce) y 3 repeticiones, 12 unidades experimentales con 20 esquejes cada una ($n=240$). Se evaluó días al inicio de enraizamiento y brotamiento, número y longitud de raíces, número y longitud de brotes y porcentaje de prendimiento a 30, 45 y 60 días. El análisis incluyó ANOVA y Kruskal–Wallis en Minitab v22. Los resultados muestran que a 60 días se alcanzaron los mayores valores de número de raíces, longitud de raíces y mayor longitud de brotes (ANOVA tiempo $p<0.001$; Kruskal–Wallis $p<0.001$). En cuanto a los enraizantes naturales evaluados, la sábila (T1) maximizó el desarrollo radicular (mayor promedio de número de raíces; mediana de longitud ≈ 120 mm), diferenciándose del sauce y comparable al testigo y a la lenteja en conteos (Tukey: T1 en el grupo superior). La lenteja (T2) tuvo desempeño intermedio, con ligera ventaja en número de brotes, sin superar al testigo en longitud de brotes ni a la sábila en raíces. El sauce (T3) fue el menos efectivo (menores medianas en longitud de raíces y brotes, y menor número de raíces). En longitud de brotes, el testigo registró la mediana más alta, sugiriendo que, en la formulación evaluada, los enraizantes naturales evaluados no incrementaron dicha variable con respecto al tratamiento testigo. Se concluye que el uso de sábila es recomendable para maximizar la formación y elongación de raíces, la lenteja es una alternativa aceptable cuando se prioriza brotación moderada, y el sauce requiere reformulación (concentración, órgano de extracción, pH y tiempo de inmersión) antes de recomendarse.

Palabras clave: brotamiento, enraizamiento, estaca, propagación vegetativa, sustrato

ABSTRACT

The study aimed to compare the effects of aloe vera, lentil, and willow as natural rooting agents for the establishment of rose cuttings, considering rooting, sprouting, and cutting establishment percentage as response variables. The research was applied in nature and employed a Randomized Complete Block Design (RCBD) with four treatments (T0: control, T1: aloe vera, T2: lentil, and T3: willow) and three replications, comprising 12 experimental units with 20 cuttings each ($n = 240$). The variables evaluated included days to the onset of rooting and sprouting, number and length of roots, number and length of shoots, and cutting establishment percentage at 30, 45, and 60 days. The statistical analysis included ANOVA and the Kruskal–Wallis test using Minitab Statistical Software version 22. The results showed that, at 60 days, the highest values were obtained for the number of roots, root length, and shoot length (time effect: ANOVA, $p < 0.001$; Kruskal–Wallis, $p < 0.001$). Regarding the natural rooting agents evaluated, aloe vera (T1) maximized root development, showing the highest mean number of roots and a median root length of approximately 120 mm. It differed from willow and was comparable to the control and lentil treatments in root counts, with Tukey's test placing T1 in the highest statistical group. Lentil (T2) showed intermediate performance, with a slight advantage in the number of shoots; however, it did not outperform the control in shoot length or aloe vera in root development. Willow (T3) was the least effective treatment, presenting the lowest medians for root and shoot length, as well as the lowest number of roots. Regarding shoot length, the control treatment recorded the highest median, suggesting that, under the formulation evaluated, the natural rooting agents did not increase this variable compared with the untreated control. It is concluded that the use of aloe vera is recommended to maximize root formation and elongation, while lentil represents an acceptable alternative when moderate sprouting is prioritized. Willow, however, requires reformulation (including adjustments to concentration, extraction material, pH, and immersion time) before it can be recommended.

Keywords: sprouting, rooting, cutting, vegetative propagation, substrate.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

La propagación por esquejes constituye una técnica ampliamente utilizada en la horticultura ornamental debido a su rapidez, facilidad y capacidad para obtener plantas genéticamente idénticas a la planta progenitora. En el cultivo de rosas (*Rosa* sp.), esta práctica reviste especial importancia por su aplicación comercial y fidelidad varietal; sin embargo, su éxito depende en gran medida del proceso de enraizamiento, influenciado por factores fisiológicos y por la presencia de compuestos bioactivos capaces de estimular la formación de raíces adventicias.

Tradicionalmente, la propagación por esquejes ha recurrido al uso de reguladores sintéticos a base de auxinas; sin embargo, sus costos de adquisición y el manejo inadecuado pueden representar limitaciones económicas y ambientales. Frente a ello, los enraizantes naturales constituyen alternativas accesibles y sostenibles, debido a la presencia de compuestos bioactivos capaces de favorecer la rizogénesis. Entre ellos, destacan las preparaciones a base de sábila, lenteja y sauce por su disponibilidad y potencial biológico.

La sábila aporta compuestos que favorecen la cicatrización y el desarrollo radical, mientras que el sauce proporciona salicilatos y fitohormonas asociadas al enraizamiento. Las lentejas, durante su germinación, concentran reguladores del crecimiento que podrían estimular la formación de raíces. No obstante, pese a su uso empírico en viveros y jardinería, persiste un vacío de información comparativa y cuantitativa sobre su eficacia relativa en esquejes de rosas bajo condiciones controladas, así como sobre los tiempos de respuesta y la magnitud de los efectos en variables morfofisiológicas clave.

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación se justifica desde el punto de vista técnico, porque aporta criterios operativos (dosis, tiempos y respuestas esperadas) para optimizar protocolos de propagación; y desde el punto de vista ambiental, porque promueve sustitutos de bajo impacto frente a formulaciones sintéticas, alineados con la tendencia hacia insumos más seguros y sostenibles en la horticultura ornamental. A su vez, la disponibilidad de protocolos basados en insumos económicos y de fácil preparación puede mejorar la eficiencia y la rentabilidad de pequeños productores, viveros y aficionados.

El **objetivo general** de la investigación fue comparar los efectos de la sábila, lenteja y sauce utilizados como enraizantes naturales en el prendimiento de esquejes de rosas. En este contexto, se formula la siguiente pregunta como **hipótesis general** ¿La aplicación de sábila, lenteja y sauce como enraizantes naturales mejora significativamente el prendimiento de los esquejes de rosas en comparación con el testigo sin aplicación de enraizante?

Las **variables** del estudio se estructuran en torno a una variable independiente y una dependiente. La **variable independiente** corresponde al tipo de enraizante natural utilizado, con cuatro niveles: T0 (testigo, sin aplicación de enraizante), T1 (sábila), T2 (lenteja) y T3 (sauce), aplicados en forma líquida y medidos volumétricamente mediante probeta. La **variable dependiente** es el **prendimiento de esquejes de rosas**, operacionalizada en tres dimensiones: (a) *enraizamiento*—días al inicio del enraizamiento (observación), número de raíces por esqueje (conteo) y longitud de raíces (cm, pie de rey); (b) *brotamiento*—días al inicio del brotamiento (observación), número de brotes (conteo) y longitud de brotes (cm, pie de rey); y (c) *esquejes prendidos*—porcentaje de esquejes con brotes y raíces (observación/conteo).

De este modo, el estudio aspira a generar evidencia comparativa, clara y aplicable, que permita decidir con base técnica qué extracto orgánico ofrece mayor eficacia para el prendimiento de esquejes de rosas y bajo qué criterios operativos conviene emplearlos, contribuyendo a prácticas de propagación más eficientes, seguras y sostenibles.

CAPÍTULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 INTERNACIONALES

Diversas investigaciones respaldan el uso de enraizantes naturales como alternativas sostenibles y eficaces para la propagación vegetativa. García-Cid *et al.* (2024) evidenciaron que extractos de sábila y lenteja al 15 % favorecieron el crecimiento de plántulas de jitomate (*Solanum lycopersicum L.*), atribuyendo dicho efecto a la presencia de nutrientes, enzimas y fitohormonas, lo que respalda su potencial como alternativas ecológicas y económicamente viables.

Silva Ricardo (2021) evaluaron diez tratamientos de enraizantes naturales en esquejes de mango, destacando la canela al 100 por ciento como el más efectivo, con un 80 por ciento de enraizamiento frente al 40 por ciento del testigo. Por su parte, Abalco (2023) evidenció que la combinación de sábila, sauce y turba incrementó el enraizamiento de estacas de arándano, siendo el tratamiento con *aloe vera* el más destacado.

El potencial de extractos vegetales también ha sido confirmado en otros cultivos. Vidanapathirana *et al.* (2023) indicaron que el agua de coco y gel de *aloe vera* pueden reemplazar hormonas sintéticas en el cultivo orgánico de té. Guamán *et al.* (2019) reportaron que la sábila promovió el mayor porcentaje de enraizamiento en *Coffea canephora*, superando al agua de lenteja y de coco. Alvarado y Munzón (2020) evaluaron hormonas naturales como agua de coco y gel de sábila en la propagación de *Ficus benjamina*, concluyendo que el gel de sábila promovió un mayor porcentaje de enraizamiento y desarrollo vegetativo, respaldando su uso como bioestimulante natural en propagación asexual.

Asimismo, Hidalgo (2021) encontró que el extracto de lenteja alcanzó la mayor germinación y desarrollo radicular en frijol (*Erythrina edulis* Aubl.), mientras que Morales (2021) reportó que la lenteja generó tasas superiores al 90 por ciento en álamo y aliso. Maridueña *et al.* (2022) compararon distintos tratamientos de enraizamiento y sustratos, observando que la combinación de agua de coco y arena fina de río produjo el mayor porcentaje de prendimiento y mejor desarrollo radicular a los 60 días, destacando la interacción positiva entre el enraizante y el medio de propagación.

Otros estudios confirman la eficacia de compuestos naturales en especies ornamentales y forestales. Wise *et al.* (2020) señalaron que el extracto de corteza de sauce promueve raíces adventicias en esquejes de madera blanda. Cayon-Fernández (2020) destacó el potencial del sauce y la lenteja para facilitar la propagación de *Saxagothea conspicua*, importante para conservación. El-Banna *et al.* (2020) concluyeron que los extractos de *aloe vera* y sauce son alternativas rentables y seguras para la propagación vegetativa.

Por otro lado, investigaciones como la de Sigcha (2023) muestran variabilidad en la eficacia de enraizantes naturales: el sauce fue el más efectivo y el trigo el menos favorable en el enraizamiento. Finalmente, Rajan y Singh (2021) resaltan que, compuestos como agua de coco, extractos de sauce, *aloe vera*, canela y algas representan alternativas económicas y ecológicas a las hormonas sintéticas, mejorando la calidad del enraizamiento y promoviendo sistemas productivos más sostenibles.

2.1.2 NACIONALES

Cruces (2021) determinó que el extracto de lenteja fue el enraizante más efectivo en plántulas de palta (*Persea americana* Mill.) var. Topa Topa, logrando 80 por ciento de germinación y mayor desarrollo de raicillas. Sánchez (2023) comparó enraizantes naturales en yuca y encontró que, aunque varios tratamientos mostraron efectos similares, el sauce fue el menos efectivo.

De manera complementaria, Cuasatar (2024) evaluó enraizadores naturales en *Alnus acuminata*, destacando el agua de coco como el tratamiento con mejores resultados en todas las evaluaciones, seguido del enraizante de judías negras, mientras que el testigo presentó el menor efecto.

2.2 ASPECTOS GENERALES DE LA ROSA SP.

2.2.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN:

Las rosas, originarias principalmente de Asia y cultivadas desde hace más de 4000 años, se han difundido ampliamente hacia regiones como Persia, India, Grecia, Italia y España. Actualmente, constituyen una de las especies ornamentales de mayor relevancia económica y estética a nivel mundial, destacando por su diversidad genética y elevado valor comercial (Yong, 2004).

De acuerdo con Aguilera (2002), las primeras rosas cultivadas florecían únicamente en verano; no obstante, los trabajos de selección y mejora genética realizados en Oriente, principalmente sobre *Rosa gigantea* Collett ex Crép. y *R. chinensis*, originaron la “rosa de té” de carácter refloreciente. Esta fue introducida en Occidente en 1793 y sirvió como base para numerosos híbridos. Bianchini (2017) resalta que, en la actualidad, el número de variedades de rosas excede las 30 000, producto de múltiples hibridaciones. Además, cada año se registran nuevos cultivares que enriquecen continuamente la diversidad del género *Rosa* L.

2.2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.

De acuerdo con Arévalo (2011), la clasificación taxonómica de *Rosa* es la siguiente:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Rosales
Familia	: Rosáceae
Género	: Rosa
Especie	: <i>Rosa sp.</i>

Yong (2004) describe a la rosa como una planta con sistema radical pivotante y profundo; sin embargo, en ejemplares propagados por esquejes, dicho sistema representa solo el 5 –10 por ciento del peso total. El tallo es leñoso y lignificado, con un ápice que primero desarrolla hojas y posteriormente flores. Las hojas, según Vinueza (2009), son compuestas, imparipinadas, pecioladas y con márgenes aserrados.

Las flores son completas, actinomorfas, hermafroditas y aromáticas, con androceo y gineceo coexistentes, perianto bien desarrollado y receptáculo floral urceolado. Se disponen comúnmente en inflorescencias corimbiformes, aunque también pueden presentarse solitarias. Tras la fecundación, se forma el cinorrodón, fruto carnoso que contiene múltiples aquenios secos e indehiscentes (Arzate *et al.*, 2014; Yong, 2004).

2.2.3 IMPORTANCIA ECONÓMICA

Bendahmane *et al.* (2013) señalan que la rosa representa la flor de corte de mayor importancia comercial a escala mundial debido a su elevada demanda en mercados ornamentales y florales. Su uso se extiende desde la ornamentación y jardinería hasta la industria cosmética y perfumista, lo que sustenta su relevancia económica y justifica el interés por optimizar sus métodos de propagación.

La rosa es considerada la flor de corte más apreciada globalmente. A pesar de la introducción de nuevas especies florícolas, ninguna ha desplazado su preferencia en los principales mercados internacionales, especialmente en Estados Unidos y Europa (Medrano-Chinchilla, 2007). Según Linares (2004), los mercados con mayor consumo son Europa, encabezada por Alemania, Estados Unidos y Japón. De acuerdo con Soto-Alvarado y García-Frías (2009), anualmente se comercializan aproximadamente 27 000 millones de plantas ornamentales, de las cuales 15 000 millones corresponden al mercado europeo.

2.2.4 PROPAGACIÓN ASEXUAL DE ROSAS

Cottrell (2021) indica que la propagación asexual permite obtener plantas genéticamente idénticas al progenitor, preservando la fidelidad varietal. Entre las técnicas más utilizadas destacan los esquejes, injertos, división, órganos de almacenamiento y cultivo in vitro. López-Corona *et al.* (2019) señalan que la propagación mediante esquejes consiste en utilizar porciones vegetativas de una planta para inducir la formación de raíces y generar nuevos individuos con las mismas características genéticas del material original. Centellas (2011) definen este proceso como la obtención de una nueva planta a partir de fragmentos vegetativos capaces de desarrollar raíces y establecerse de manera independiente.

El éxito del enraizamiento depende de factores como el contenido de carbohidratos y nitrógeno en la planta madre, la edad fisiológica del tejido, la ubicación del esqueje y las condiciones ambientales (Cuzco, 2014). De acuerdo con Álvarez (2011), los esquejes ideales presentan entre 1 y 1,5 cm de diámetro y entre 25 y 30 cm de longitud; además, deben estar libres de plagas y enfermedades. Para favorecer la rizogénesis, se recomienda eliminar espinas y hojas basales, así como aplicar previamente un compuesto enraizante.

Garden (2009) sugiere utilizar esquejes con dos o tres yemas, preferentemente tres, debido a su mayor probabilidad de éxito. Tras la inmersión en un enraizante, las estacas se colocan en un banco de propagación, donde desarrollan raíces propias; sin embargo, requieren cierto tiempo para alcanzar un crecimiento y una floración óptimos.

El proceso rizogénico está influido por factores intrínsecos, como reguladores endógenos, cofactores, inhibidores, edad y reservas nutricionales, así como por factores extrínsecos, entre ellos el ambiente, el tipo de esqueje y el sustrato, cuya importancia varía según la especie, la época y la zona geográfica (Morales, 2004).

Además, la propagación mediante esquejes requiere un manejo fitosanitario cuidadoso, ya que la presencia de patógenos o daños mecánicos puede reducir significativamente el porcentaje de prendimiento. La estabilidad térmica, la protección contra la radiación directa y el control de la humedad ambiental

favorecen la diferenciación celular y la formación del callo inicial. Asimismo, la adecuada elección del sustrato y la incorporación de enraizantes naturales o sintéticos contribuyen de manera decisiva a incrementar la eficiencia del proceso, permitiendo obtener plantas vigorosas y homogéneas, listas para su establecimiento en campo (Cárdenas-Navarro & López-Pérez, 2011). En este contexto, El éxito de este proceso se refleja en el porcentaje de prendimiento, entendido como la capacidad del esqueje para desarrollar raíces y brotes funcionales que aseguren su establecimiento y crecimiento posterior. Por ello, el prendimiento constituye uno de los principales indicadores para evaluar la eficacia de los tratamientos aplicados durante la propagación vegetativa.

2.3 IMPORTANCIA Y FUNCIÓN DE LOS ENRAIZANTES NATURALES EN LA PROPAGACIÓN VEGETAL

El uso de enraizantes naturales constituye una alternativa económica y sostenible para mejorar el prendimiento y fortalecer el sistema radicular de los esquejes, favoreciendo la absorción de nutrientes, la fijación al sustrato y el desarrollo inicial de las plantas (Quispe, 2017).

Córdova (2019) señala que los enraizantes, tanto naturales como sintéticos, actúan regulando procesos fisiológicos mediante la acción de fitohormonas que modulan la división, elongación y diferenciación celular. Según el INTA (2016), las hormonas relevantes en este proceso son las auxinas, citoquininas, giberelinas y el etileno.

Păcurar *et al.*, (2014) destacan que las auxinas desempeñan un rol fundamental al inducir el desarrollo de raíces adventicias y mantener la dominancia apical en los meristemas; además, las más utilizadas son AIB, ANA, AIP y 2,4-D. El INTA (2016) indica que el AIB y el ANA son los compuestos más efectivos para estimular la producción de raíces adventicias.

Las citoquininas y giberelinas tienen un efecto sinérgico con las auxinas (hormonas críticas para la rizogénesis). Mientras las auxinas promueven la formación de raíces, las citoquininas y giberelinas optimizan el crecimiento general y la sanidad vegetal, beneficiando el proceso de enraizamiento en esquejes (Yujra, 2017). Por

su parte, el etileno participa en la dinámica hormonal rizogénica, aunque con un efecto más sutil en comparación con las auxinas (INTA, 2016).

Los enraizantes naturales se emplean en agricultura para promover el crecimiento de raíces principales y aumentar la cantidad de raíces secundarias. Son especialmente útiles al plantar esquejes leñosos o herbáceos, donde un sistema radicular vigoroso es indispensable para la fijación de la planta y la absorción eficiente de nutrientes (Agroforum, 2018).

Los extractos vegetales contienen compuestos bioactivos con fitohormonas, aminoácidos, vitaminas y minerales que funcionan como bioestimulantes y abonos líquidos (Angulo, 2022). Chirinos *et al.* (2013) destacan su capacidad para estimular el crecimiento y controlar patógenos. Rodríguez (2014) resalta que la propagación vegetativa con estos extractos permite reproducir plantas a partir de semillas o porciones vegetativas, favoreciendo la regeneración y el desarrollo de nuevos tallos radicados.

2.4 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LA SÁBILA, EL SAUCE Y LA LENTEJA COMO ENRAIZANTES NATURALES

El Aloe vera presenta propiedades antifúngicas y un alto contenido de vitaminas (A, B1, B2, B6, C y E), minerales, aminoácidos y polisacáridos, como los mananos acemánicos, compuestos naturales formados por cadenas de azúcares complejos que estimulan la regeneración celular y favorecen la cicatrización de los tejidos y la formación de callo rizogénico, consolidándolo como un extracto orgánico con potencial bioestimulante y capacidad de favorecer el enraizamiento (Rodríguez *et al.*, 2006; Uddin *et al.*, 2020).

Asimismo, Buzia y Narbona (2017) señalan que la sábila pertenece al reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Liliopsida, orden Asparagales, familia Asphodelaceae, género Aloe y especie Aloe vera (L.) Burm. f.

Pérez (2018) describe que el sauce acumula ácido ascórbico en la corteza y ácido salicílico en las hojas; este último actúa como un importante inductor de la floración

y activador de respuestas defensivas sistémicas (SAR), las cuales contribuyen a reducir el estrés oxidativo durante el proceso de enraizamiento. Asimismo, contiene ácido p-cumárico, minerales como K, P, Ca, Fe, Co, Al y Mn en la corteza, además de vitaminas C, B1 y B2. El ácido salicílico participa en procesos fisiológicos asociados al crecimiento vegetal y a la respuesta al estrés, favoreciendo indirectamente la formación de raíces adventicias y el proceso de enraizamiento.

Por su parte, Vašut y Geržová (2025) señalan que el sauce pertenece al reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Malpighiales, familia Salicaceae, género Salix.

Cruces (2021) indica que las lentejas contienen una alta concentración de auxinas endógenas, cuya síntesis se incrementa progresivamente durante el crecimiento. Morales (2021) complementa que, durante la fase de germinación, las semillas liberan cantidades significativas de fitohormonas, como auxinas, giberelinas y citoquininas, además de aminoácidos libres y enzimas hidrolíticas. Este exudado estimula la elongación radicular, incrementa la densidad de raíces secundarias y favorece el brotamiento temprano, no solo por su contenido hormonal, sino también por su acción como bioestimulante integral de bajo costo y fácil preparación.

Por otro lado, Salaria, Sonia *et al.* (2022) señalan que la lenteja pertenece al reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Fabales, familia Fabaceae, género Lens y especie Lens culinaris Medik.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se llevó a cabo en el taller de enseñanza e investigación de viveros y plantas ornamentales, frutales y forestales de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes, ubicado en el distrito La Cruz, departamento y provincia de Tumbes.

3.2. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo aplicada porque busca resolver un problema práctico del ámbito productivo (mejorar el prendimiento de esquejes de rosas y ofrecer una alternativa natural a enraizantes sintéticos) y generar recomendaciones operativas directamente transferibles a viveros y floricultores. Fue de diseño experimental porque se manipuló deliberadamente la variable independiente tipo de enraizante natural utilizado: T0 (testigo, sin aplicación de enraizante), T1 (sábila), T2 (lenteja) y T3 (sauce). se controlaron las condiciones de propagación y se aleatorizó la asignación de tratamientos para observar sus efectos causales sobre variables de respuesta (enraizamiento, brotamiento y porcentaje de prendimiento).

Se utilizó un Diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones (bloques) lo que determinó 12 unidades experimentales (UE) para controlar la variabilidad ambiental/espacial del área de enraizamiento (temperatura, luz, microheterogeneidad del sustrato). Cada UE estuvo integrada por 20 esquejes de 20 cm de largo y 1 cm de diámetro, haciendo un total de 240 esquejes. La unidad de análisis es el esqueje y, para su medición, se muestrearon al azar 5 esquejes por UE (n=60 observaciones). Se consideraron los tres principios básicos del experimento: control (testigo y

condiciones homogéneas), aleatorización (asignación de tratamientos dentro de cada bloque) y repetición (tres bloques).

3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRATAMIENTOS Y DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Se estudiaron cuatro tratamientos (incluyendo el testigo), codificados como T0 (testigo), T1 (extracto de sábila), T2 (extracto de lenteja) y T3 (extracto de sauce), los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en cada uno de los bloques. Cada unidad experimental tuvo dimensiones de 59 cm de largo por 59 cm de ancho, con un área de 0.35 m². Se dejó una separación de 30 cm entre tratamientos dentro de cada bloque y una distancia de 1 m entre bloques. En total se establecieron doce unidades experimentales. Las repeticiones estuvieron conformadas por tres bloques, denominados BLOQUE I, BLOQUE II y BLOQUE III. Cada bloque tuvo una longitud de 326 cm y un área de 1.92 m². El área total del campo experimental fue de 5.76 m² (Figura 1)

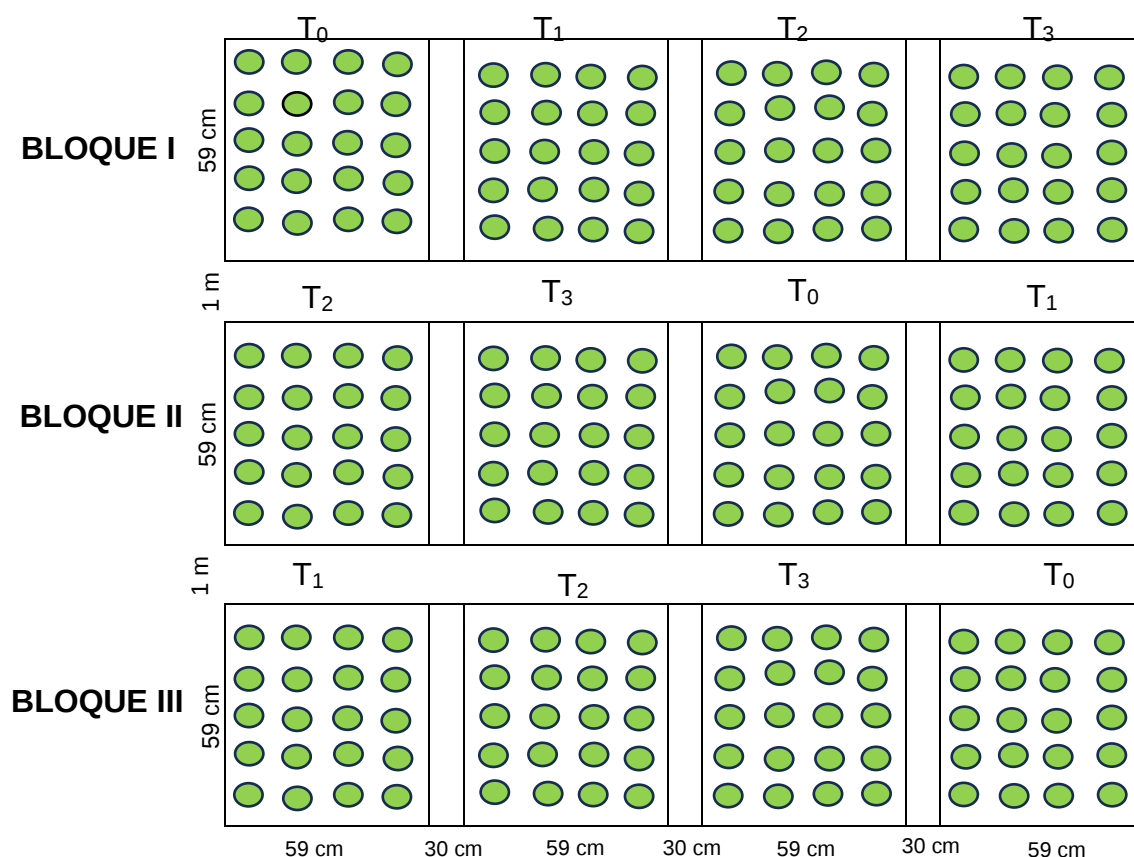


Figura 1.
Distribución de los tratamientos en el campo experimental

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Primero, se realizó un análisis descriptivo de todas las variables de respuesta (días al inicio de enraizamiento y brotamiento, número y longitud de raíces, número y longitud de brotes, y porcentaje de prendimiento), mediante tablas de resumen y gráficos (media, desviación estándar, mínimo, máximo y n) y gráficos (boxplots y medias con barra de error) por tratamiento: T₀ (testigo), T₁ (extracto de sábila), T₂ (extracto de lenteja), y T₃ (extracto de sauce) y por bloque. Posteriormente, se evaluó el cumplimiento del supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro–Wilk aplicada a los residuos del modelo.

Cuando las variables cumplieron el supuesto de normalidad ($\alpha = 0,05$), se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), considerando el tratamiento como efecto fijo y el bloque como factor de control. En los casos en que se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$), se realizó la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey (HSD; $\alpha = 0,05$), con el propósito de identificar los tratamientos que presentaron diferencias estadísticas entre sí.

Para las variables que no cumplieron el supuesto de normalidad, se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis para comparar los tratamientos, manteniendo la estructura experimental por bloques en la organización de los datos. Cuando esta prueba evidenció diferencias significativas ($p < 0,05$), las comparaciones múltiples se efectuaron mediante el procedimiento post hoc disponible en el software estadístico.

Las variables que cumplieron el supuesto de normalidad se describieron mediante la media y la desviación estándar como medidas de tendencia central y dispersión. En cambio, para aquellas que no presentaron distribución normal, los resultados se describieron utilizando la mediana como medida de tendencia central, complementada, cuando fue necesario, con el rango intercuartílico (RIC) como medida de dispersión. En estos casos no se empleó el coeficiente de variación (CV), debido a que este se

fundamenta en la media y la desviación estándar, medidas apropiadas para variables con distribución normal.

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software Minitab Statistical Software versión 22, considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

3.5 ESTABLECIMIENTO Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

a. ACONDICIONAMIENTO DEL ÁREA

En el área destinada al experimento se realizaron labores previas de limpieza y acondicionamiento con la finalidad de asegurar un ambiente adecuado para el establecimiento y desarrollo de los esquejes, garantizando condiciones sanitarias y operativas favorables para la investigación.

b. DELIMITACIÓN DEL ÁREA

Se delimitaron áreas específicas destinadas a la preparación y embolsado del sustrato, acondicionamiento del material vegetal y ubicación de las unidades experimentales, facilitando la organización y manejo del ensayo.

c. PREPARACIÓN Y DESINFECCIÓN DEL SUSTRATO Y LLENADO DE BOLSAS

El sustrato utilizado fue arena de río de textura fina, este material, reconocido por su excelente drenaje y textura granular, ofrece condiciones ideales para el enraizamiento natural de los esquejes de rosas. Además, favorece la circulación del aire y previene la compactación del suelo. Así, se busca crear un entorno propicio que maximice el éxito en la formación de raíces, contribuyendo de esta manera al objetivo principal de la investigación.

Para la desinfección del sustrato se aplicó formol comercial a una dosis de 1 L por 120 L de agua. El sustrato tratado se cubrió con plástico durante cinco días para asegurar la acción del desinfectante; posteriormente, se retiró el plástico y se dejó ventilar por dos días con la finalidad de eliminar los gases residuales. Finalmente, el material fue lavado con agua limpia y utilizado para el llenado de las bolsas.

Se emplearon bolsas de polietileno de 13 × 15 cm, provistas de ocho perforaciones para facilitar el drenaje. El llenado se realizó manualmente con ayuda de una palana de jardinería, compactando ligeramente el sustrato con los dedos para evitar la formación de bolsas de aire en la parte inferior.

d. SELECCIÓN DEL MATERIAL VEGETATIVO

El material vegetativo fue recolectado en el distrito de Matapalo, provincia de Zarumilla, departamento de Tumbes. Se seleccionaron plantas madre vigorosas, sanas y libres de plagas y enfermedades, de las cuales se obtuvieron esquejes semileñosos de aproximadamente 25 cm de longitud, los cuales posteriormente fueron acondicionados a una longitud uniforme de 20 cm para el establecimiento experimental.

La recolección se realizó en horas de la mañana y los esquejes se mantuvieron en condiciones frescas hasta su procesamiento, con el fin de preservar su viabilidad fisiológica y garantizar un adecuado prendimiento.

e. PROPAGACIÓN DE ESQUEJES

Tras obtener el material vegetal, se desinfectó utilizando sulfato de cobre a una dosis de 3 g/L durante 15 minutos. Luego, se enjuagaron los esquejes con abundante agua. A continuación, se realizaron cortes transversales en la base de los esquejes para facilitar el enraizamiento, mientras que la parte superior se cortó en ángulo inclinado, asegurando que los esquejes midan 20 cm. Posteriormente, se eliminaron parcialmente hojas y ramificaciones laterales para reducir riesgos de pudrición y transpiración, dejando solo un par de hojas laterales y la yema apical. Finalmente, se retiraron 2 cm de corteza en la porción basal de los esquejes para optimizar el proceso de enraizamiento.

f. PREPARACIÓN DE LOS ENRAIZANTES NATURALES

Para obtener el extracto orgánico a base de sábila, se utilizó el parénquima acuífero ("pulpa") de hojas maduras. Luego se retiró cuidadosamente la epidermis junto con el látex subepidérmico (aloinas); posteriormente, se pesó la pulpa fresca y se trituró en proporción 1:1 (p/v) con agua destilada.

Finamente, el homogenado resultante se filtró con una malla fina y se utilizó inmediatamente. Este procedimiento garantiza una alta concentración de mananos acemánicos y compuestos fenólicos con acción cicatrizante y bioestimulante (Pascolini, 2013).

Para la preparación del enraizante natural a base de sauce, se recolectaron 600 g de ramas jóvenes frescas con hojas verdes. Se cortaron en trozos de 3–5 cm y se sumergieron en 2 L de agua a temperatura ambiente, en recipiente opaco y bajo sombra durante 2 semanas. Transcurrido este tiempo, se retiraron las ramas, se coló el líquido (extracto frío) y se refrigeró (4 °C) 24 h. Paralelamente, las hojas retiradas se hirvieron en 1 L de agua durante 10 minutos, se enfrió la infusión a temperatura ambiente y se filtró. Finalmente, se mezclaron ambos líquidos (extracto frío + infusión caliente), obteniéndose un enraizante rico en ácido salicílico y auxinas endógenas listo para su aplicación (Deniau, *et al.*, 2019).

Respecto a la preparación del enraizador natural de lenteja, se utilizó la proporción 1:4 (p/v): 1 kg de lentejas secas + 4 L de agua potable en recipiente de boca ancha. Se tapó con manta transpirable y se mantuvo a temperatura ambiente y oscuridad durante 3 días para inducir germinación e hidrólisis enzimática. Al tercer día, cuando se observó radícula emergente superior al 80 por ciento de las semillas, se licuó completamente la mezcla (semillas + agua de remojo). El líquido resultante se filtró con malla fina o tela, obteniéndose el exudado germinativo rico en auxinas, giberelinas, citoquininas y aminoácidos libres (Fuentes, 2021).

g. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS Y PREPARACIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES

Los esquejes fueron sumergidos hasta 10 cm de profundidad en sus respectivos extractos orgánicos durante 24 horas, asegurando el contacto del tejido basal con los compuestos bioactivos presentes en cada tratamiento. Las bolsas se agruparon según las unidades experimentales y se distribuyeron siguiendo el croquis de campo propuesto. Luego, los esquejes se enterraron en las bolsas llenas de sustrato, donde se aplicó un

riego continuo para mantener las condiciones adecuadas para el enraizamiento.

h. LABORES CULTURALES

Durante el desarrollo experimental se realizaron labores culturales orientadas a mantener condiciones favorables para el prendimiento, incluyendo riegos constantes, eliminación de malezas y monitoreo sanitario, con especial atención al control preventivo de hormigas y otros organismos potencialmente perjudiciales.

3.6 OBSERVACIONES EXPERIMENTALES

Para el registro de los datos en cada una de las observaciones experimentales, tal cual se ha señalado en la metodología, se consideraron cinco esquejes por unidad experimental. Las evaluaciones se realizaron de manera sistemática en los periodos definidos, registrándose las variables que se detallan a continuación:

3.6.1 ENRAIZAMIENTO

NÚMERO DE DÍAS AL INICIO DE ENRAIZAMIENTO

Se efectuó un seguimiento diario desde la siembra hasta la aparición visible de raíces adventicias.

NÚMERO DE RAÍCES POR ESQUEJE:

Se contabilizaron todas las raíces adventicias primarias emitidas por cada esqueje a los 30, 45 y 60 días después de la siembra. Para ello, se realizó una extracción cuidadosa del sustrato y un lavado suave de las raíces, evitando daños al sistema radicular. Un mayor número de raíces refleja una mayor capacidad exploratoria y un establecimiento más eficiente de la planta.

LONGITUD DE RAÍCES POR ESQUEJE:

En los mismos intervalos de evaluación (30, 45 y 60 días), se midió la longitud de las tres raíces más largas por esqueje, desde el punto de inserción en el tallo hasta el ápice radicular, utilizando un pie de rey. Esta

variable permite estimar la velocidad de elongación radicular y la eficiencia en la colonización del sustrato.

3.6.2 BROTAMIENTO

NÚMERO DE DÍAS AL INICIO DE BROTAMIENTO

Se efectuó un seguimiento diario desde la inmersión de los esquejes hasta la observación del primer brote visible. Este parámetro permite evaluar la respuesta fisiológica del material vegetal frente a los tratamientos aplicados.

NÚMERO DE BROTES:

A los 30, 45 y 60 días después de la inmersión, se registró el número total de yemas brotadas por esqueje. En cada evaluación se verificó la presencia de brotes activos, lo cual refleja el vigor vegetativo inducido por los enraizantes naturales.

LONGITUD DE BROTES:

Se midió la longitud de las yemas más desarrolladas, desde su punto de origen hasta el ápice, utilizando un pie de rey. Esta medición se realizó a los 30, 45 y 60 días después de la inmersión de los esquejes en los enraizantes, permitiendo evaluar el crecimiento y desarrollo de los brotes.

3.6.3 PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO DE LOS ESQUEJES:

El porcentaje de prendimiento se determinó considerando el número de esquejes que desarrollaron simultáneamente raíces y brotes y lograron establecerse satisfactoriamente dentro de cada tratamiento. Las evaluaciones se realizaron a los 30, 45 y 60 días posteriores a la siembra, registrándose el total de esquejes prendidos para el cálculo porcentual correspondiente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 RESULTADOS

Para realizar el análisis descriptivo e inferencial fue necesario realizar la prueba de normalidad de los datos. En ese contexto, en la figura 1, para las variables número de brotes, longitud de brotes y longitud de raíces la prueba de normalidad indica que los datos no presentan una distribución normal ($p < 0.05$) por lo que se emplea para el análisis descriptivo basado en la mediana y la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Mientras tanto, la variable número raíces si muestra distribución normal ya que el p-valor mayor a 0.05; por lo tanto, se utilizó una prueba paramétrica de ANOVA para contrastar las hipótesis y, en el análisis descriptivo, se consideró el promedio.

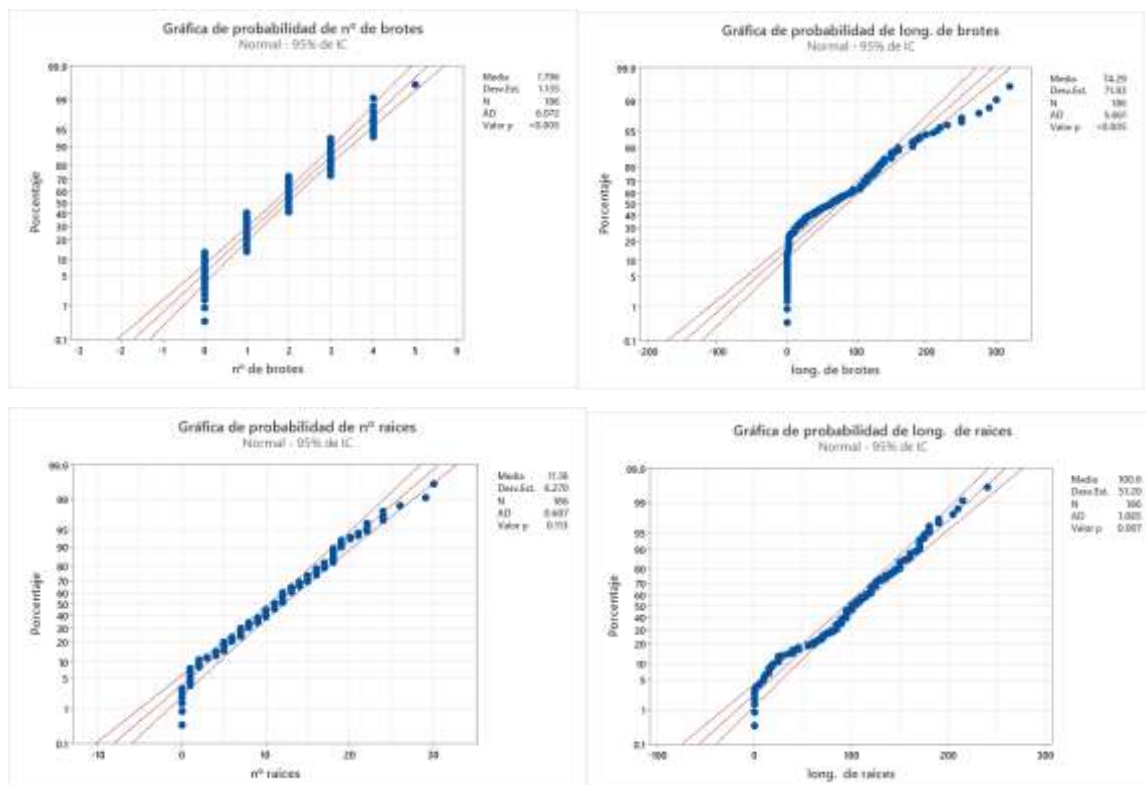


Figura 2.
Prueba de normalidad

4.1.1. EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE LOS ENRAIZANTES NATURALES A BASE DE SÁBILA (*ALOE VERA*), LENTEJA (*LENS CULINARIS*) Y SAUCE (*SALIX SP.*) EN EL PRENDIMIENTO DE ESQUEJES DE ROSAS.

a) Para número de brotes

En la **Tabla 1 y Figura 3**, se presentan los valores de la mediana y la clasificación de medias del número de brotes obtenidos en los diferentes tratamientos aplicados a los esquejes de rosa. Se observa que los tratamientos T0 (testigo), T1 (sábila) y T2 (lenteja) alcanzaron una mediana de 2 brotes, con clasificaciones de medias de 93.6, 89.8 y 106.0, respectivamente. En cambio, el tratamiento T3 (sauce) mostró una mediana menor de 1 brote y la clasificación de medias más baja (74.8), evidenciando un menor efecto sobre la brotación. En conjunto, Los análisis se realizaron sobre 186 observaciones válidas registradas durante las evaluaciones los cuales muestran que los enraizantes naturales no generaron un aumento marcado en la cantidad de brotes respecto al testigo, aunque se aprecia una leve diferenciación: el tratamiento con lenteja (T2) presentó la clasificación de medias más alta, mientras que el sauce (T3) fue el de menor respuesta, No obstante, las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas ($p>0.05$).

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales

Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Tabla 1

Prueba descriptiva para el efecto de tratamiento en número de brotes

Tratamiento	Numero de brotes	Mediana	Clasificación de medias
T0 (testigo)	58	2	93.6
T1 (sábila)	51	2	89.8
T2 (lenteja)	52	2	106.0
T3 (sauce)	25	1	74.8
General	186		

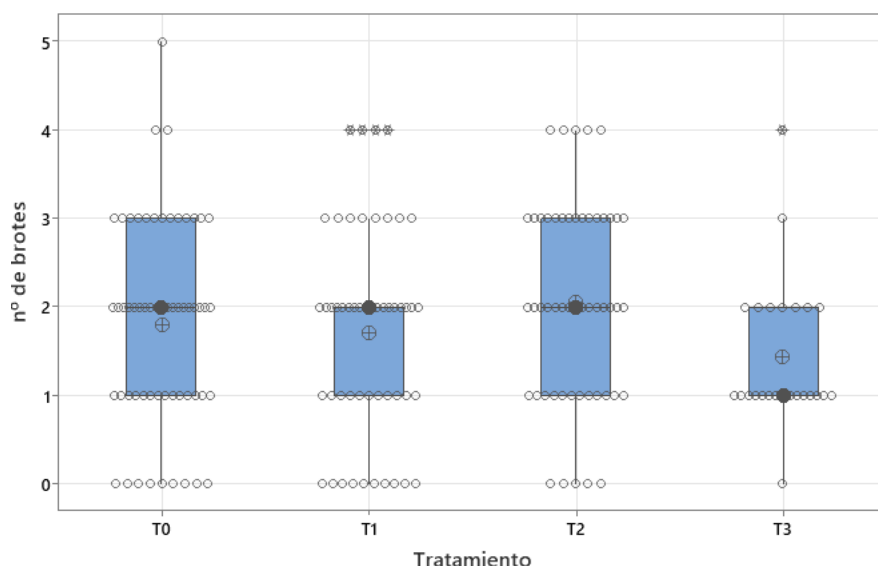


Figura 3.
Grafica de caja número de brotes

Asimismo, la prueba de Kruskal-Wallis, arrojó un valor p de 0.109 (no ajustado) y 0.091 (ajustado por empates), ambos superiores al nivel de significancia de 0.05. Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que no existen diferencias estadísticas significativas en el número de brotes entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, el valor p cercano a 0.05 en el ajuste por empates sugiere una posible tendencia que podría explorarse con un mayor tamaño de muestra o repeticiones adicionales.

Tabla 2

Prueba de Kruskal-Wallis para el efecto de tratamientos en número de brotes

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	3	6.06	0.109
Ajustado para empates	3	6.48	0.091

b) Para longitud de brotes

En la **tabla 3 y figura 4**, se observa que el tratamiento testigo (T0) alcanzó la mediana más alta con 115.0 y la mayor clasificación de medias (109.2), indicando un mejor desarrollo de los brotes respecto a los demás tratamientos. En contraste, el tratamiento con sauce (T3) registró la mediana más baja (10.0) y la menor clasificación de medias (53.9), reflejando un efecto desfavorable en la longitud de

los brotes. Los tratamientos con sábila (T1) y lenteja (T2) mostraron valores intermedios, con medianas de 65.0 y 68.5, respectivamente, y clasificaciones de medias cercanas al promedio general (93.5).

Hipótesis nula

H_0 : Todas las medianas son iguales

Hipótesis alterna

H_1 : Al menos una mediana es diferente

Tabla 3

Prueba descriptiva para el efecto de tratamiento en longitud de brotes

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación de medias
T0 (testigo)	58	115.0	109.2
T1 (sábila)	51	65.0	89.5
T2 (lenteja)	52	68.5	98.9
T3 (sauce)	25	10.0	53.9
General	186		93.5

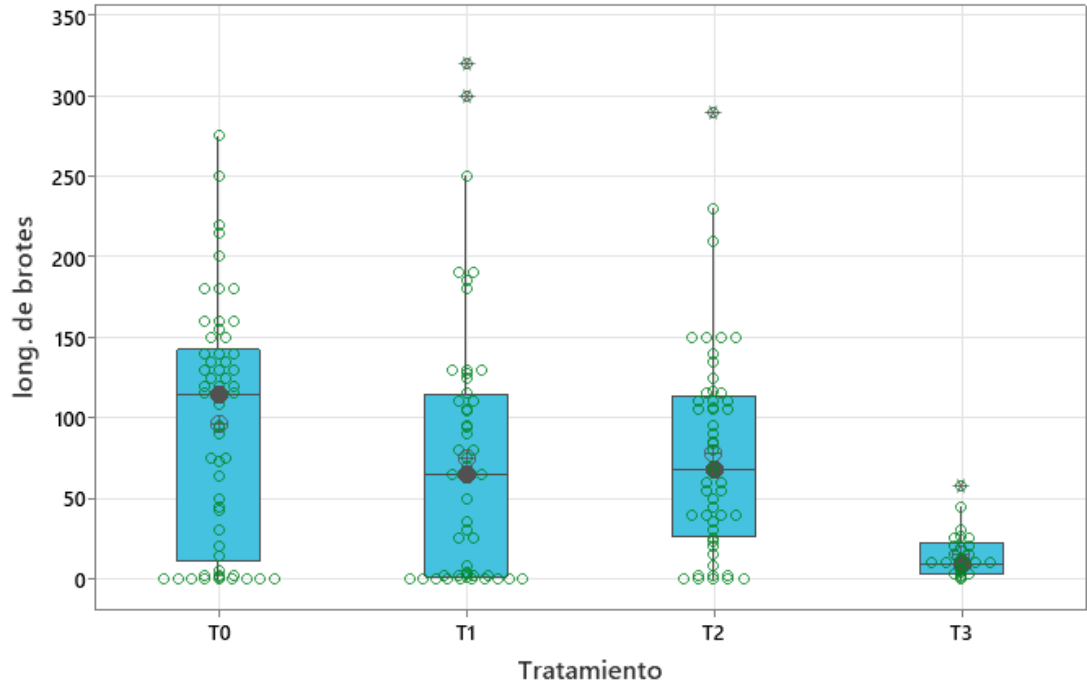


Figura 4.

Grafica de caja de longitud de brotes

Igualmente tenemos que la prueba de Kruskal-Wallis evidencia diferencias significativas entre los tratamientos, obteniendo un valor H de 19.27 sin ajuste y 19.32 con ajuste por empates, ambos con un valor p de 0.000. Dado que $p < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que la longitud de los brotes varía de manera estadísticamente significativa según el tratamiento aplicado, destacando la

superioridad del testigo (T0) frente a los demás y la menor respuesta obtenida en el tratamiento con sauce (T3).

Tabla 4

Prueba de Kruskal-Wallis para el efecto de tratamientos en longitud de brotes

Método	Valor		
	GL	H	p
No ajustado	3	19.27	0.000
para empates			
Ajustado para empates	3	19.32	0.000

c) Para número de raíces

El análisis de varianza realizado para el número de raíces muestra que los factores evaluados presentan efectos diferenciados. El bloque no evidenció influencia significativa sobre la variable dependiente, con un valor $F = 0.47$ y $p = 0.628$, lo que indica que las diferencias entre bloques no afectaron el resultado. En contraste, tanto el tratamiento ($F = 22.55$; $p = 0.000$) como el tiempo ($F = 35.63$; $p = 0.000$) presentaron efectos altamente significativos, lo que refleja que la aplicación de enraizantes y el tiempo de evaluación fueron determinantes en el número de raíces formadas.

Considerando los factores de la siguiente tabla

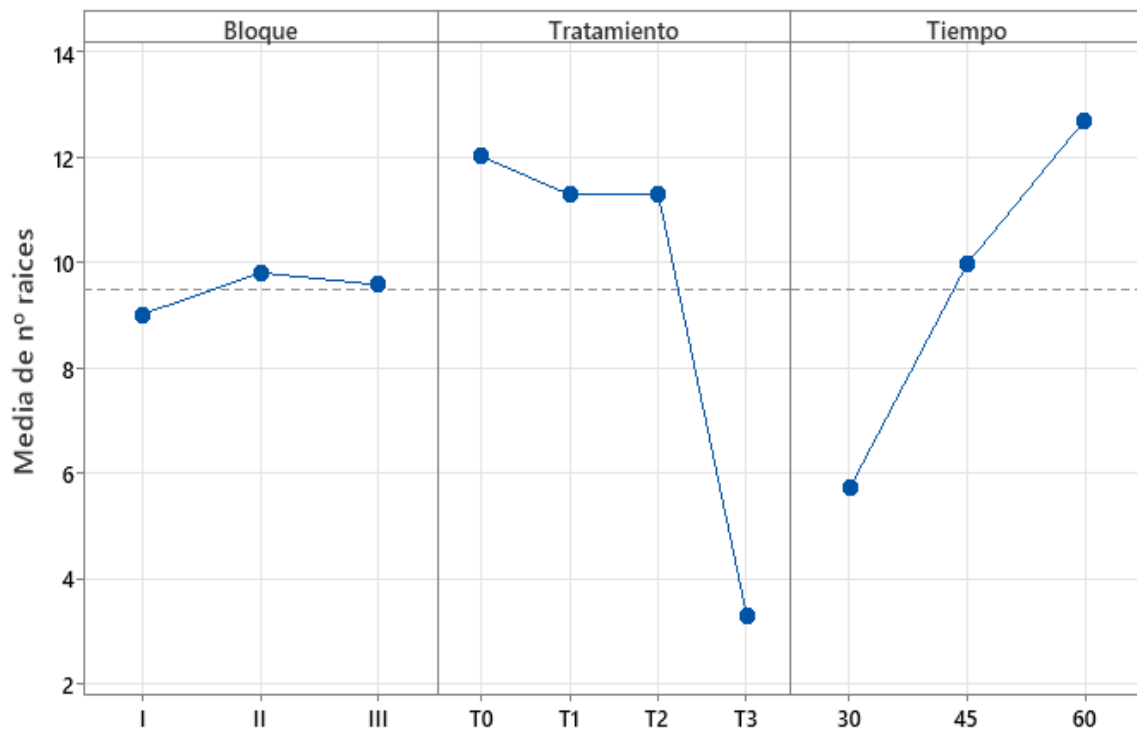
Tabla 5

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Bloque	Fijo	3	I, II, III
Tratamiento	Fijo	4	T0, T1, T2, T3
Tiempo	Fijo	3	30, 45, 60

Tabla 6**Análisis de varianza de efectos en número de raíces**

Fuente	GL	SC Ajustado	MC Ajustado	Valor F	Valor p
Bloque	2	20.19	10.10	0.47	0.628
Tratamiento	3	1464.43	488.14	22.55	0.000
Tiempo	2	1542.41	771.20	35.63	0.000
Error	178	3852.98	21.65		
Falta de ajuste	28	1265.04	45.18	2.62	0.000
Error puro	150	2587.94	17.25		
Total	185	7273.15			

**Figura 5.**

Grafica de efectos principales para número de raíces

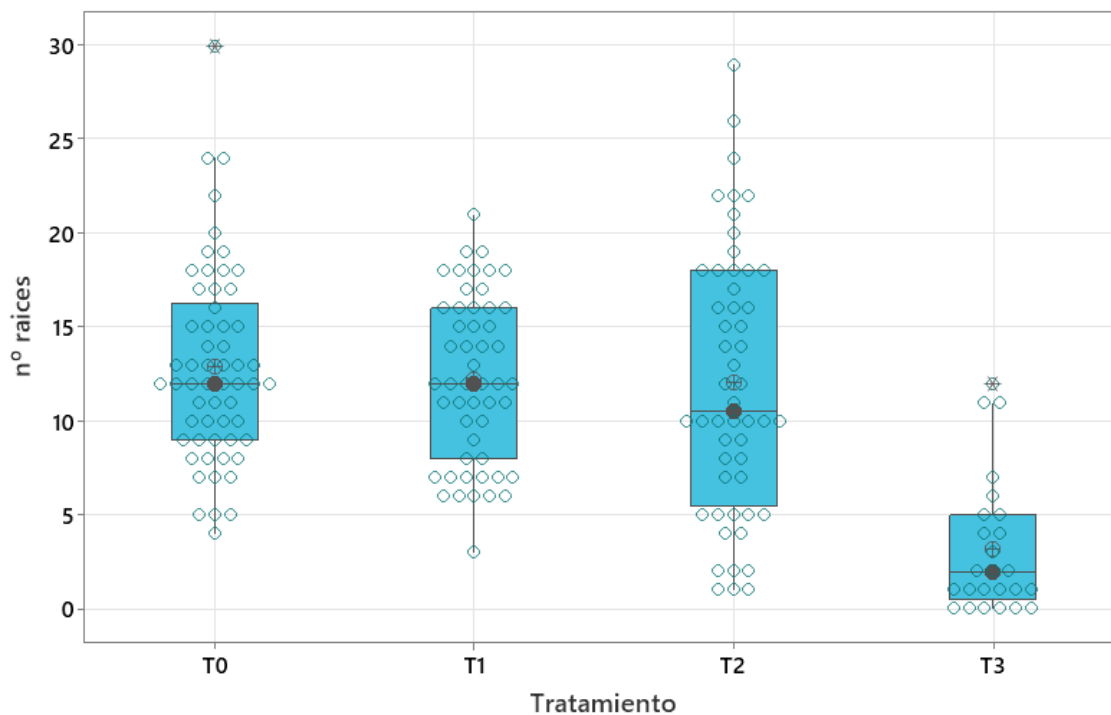


Figura 6.
Grafica de caja de número de raíces

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Según la prueba de Tukey al 95 % de confianza, no se observaron diferencias significativas entre los tres bloques evaluados (I, II y III), ya que todos comparten la misma letra de agrupación (A). Esto significa que el número de raíces no varió de manera importante por el efecto de la distribución de los bloques en el experimento, confirmando lo ya observado en el ANOVA donde el factor bloque no resultó estadísticamente significativo.

Tabla 7

Método de Tukey y una confianza de 95 % para bloque

Bloque N Media Agrupación

III	64	111.48	A
I	62	97.45	A
II	60	92.18	A

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En el caso de los tratamientos, la prueba de Tukey evidenció diferencias claras entre los grupos. Los tratamientos T1 (sábila), T0 (testigo) y T2 (lenteja) se ubicaron en la misma categoría (A), sin diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, el tratamiento T3 (sauce) mostró un promedio significativamente menor (56.0) y quedó separado en el grupo (B). Esto indica que el sauce tuvo un efecto menos favorable en la formación de raíces en comparación con los demás tratamientos.

Tabla 8

Método de Tukey y una confianza de 95 % para tratamiento

Tratamiento N Media Agrupación

T1	51	113.51	A
T0	58	105.50	A
T2	52	103.85	A
T3	25	56.0	B

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

d) Para la longitud de las raíces

Tabla 9

Prueba descriptiva para el efecto de tratamientos en longitud de raíces

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
T0	58	105	98.1	0.79
T1	51	120	109.1	2.43
T2	52	95	95.3	0.28
T3	25	45	47.1	-4.63
General	186		93.5	

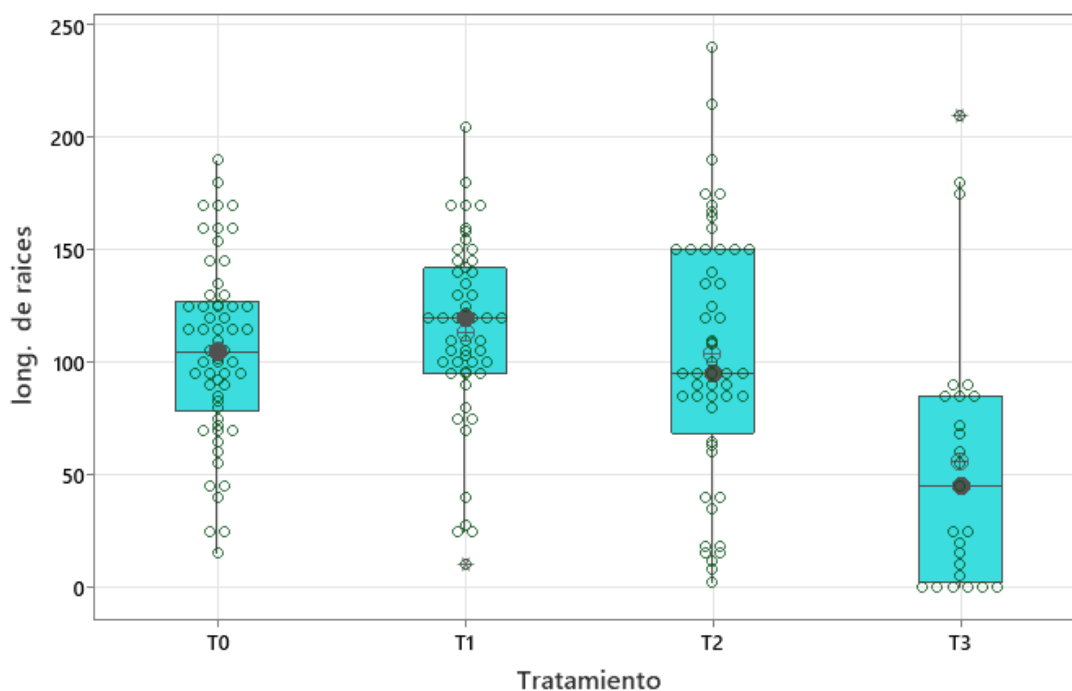


Figura 7.
Grafica de caja de longitud de raíces

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales

Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Tabla 10

Prueba de Kruskal-Wallis para el efecto de tratamientos en longitud de raíces

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	3	23.38	0.000
Ajustado para empates	3	23.40	0.000

4.1.2. EVOLUCIÓN EN TIEMPO DEL PRENDIMIENTO DE LOS ESQUEJES DE ROSAS.

a) Para número de brotes

En la **Tabla y Figura** se presentan los valores de la mediana y la clasificación de medias del número de brotes obtenidos en los diferentes tiempos. Se observa que a los 30 días la mediana de brotes fue de 1, mientras que a los 45 y 60 días aumentó

a 2. La clasificación de medias también muestra un incremento progresivo, pasando de 67.2 en los 30 días a 100.7 y 104.0 en los 45 y 60 días, respectivamente. Este patrón indica que, conforme avanza el tiempo, los esquejes de rosa presentan un mayor número de brotes, lo cual refleja la influencia positiva del tiempo en el proceso de desarrollo.

Hipótesis nula

H_0 : Todas las medianas son iguales

Hipótesis alterna

H_1 : Al menos una mediana es diferente

Tabla 11

Prueba descriptiva para el efecto de tiempo en número de brotes

Tiempo (días)	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
30	49	1	67.2	-3.99
45	45	2	100.7	1.03
60	92	2	104.0	2.63
General	186		93.5	

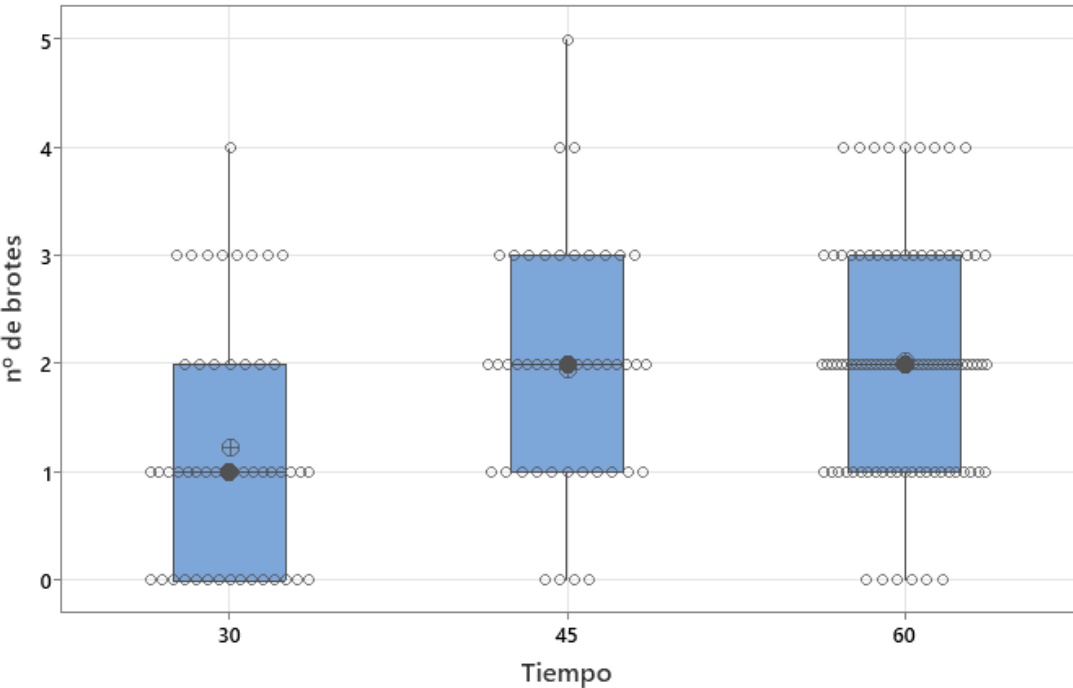


Figura 8.

Grafica de caja número de brotes

El análisis arrojó un valor H de 16.04 sin ajuste y 17.15 con ajuste por empates, ambos con un valor p de 0.000, menor a 0.05. Esto permite rechazar la hipótesis nula y concluir que existen diferencias estadísticamente significativas en el número de brotes según el tiempo de evaluación, confirmando que el desarrollo de los esquejes está directamente relacionado con el tiempo transcurrido.

Tabla 12

Prueba de Kruskal-Wallis para el efecto de tiempo en número de brotes

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	2	16.04	0.000
Ajustado para empates	2	17.15	0.000

b) Para longitud de brotes

Los resultados muestran que la longitud de los brotes varía de manera marcada según el tiempo de evaluación. A los 30 días, la mediana fue de apenas 2, con una clasificación de medias de 40.8, lo que refleja un crecimiento mínimo en esta etapa temprana. En cambio, a los 45 días se observó un incremento notable, con una mediana de 70 y clasificación de medias de 96.8, cercana al promedio general (93.5). Finalmente, a los 60 días se alcanzaron los valores más altos, con una mediana de 110 y la mayor clasificación de medias (119.9), lo que indica que con mayor tiempo de desarrollo los brotes alcanzan longitudes significativamente superiores.

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales

Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Tabla 13

Prueba descriptiva para el efecto de tiempo en longitud de brotes

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación de medias	
30	49	2	40.8	-7.98
45	45	70	96.8	0.47
60	92	110	119.9	6.63
General	186		93.5	

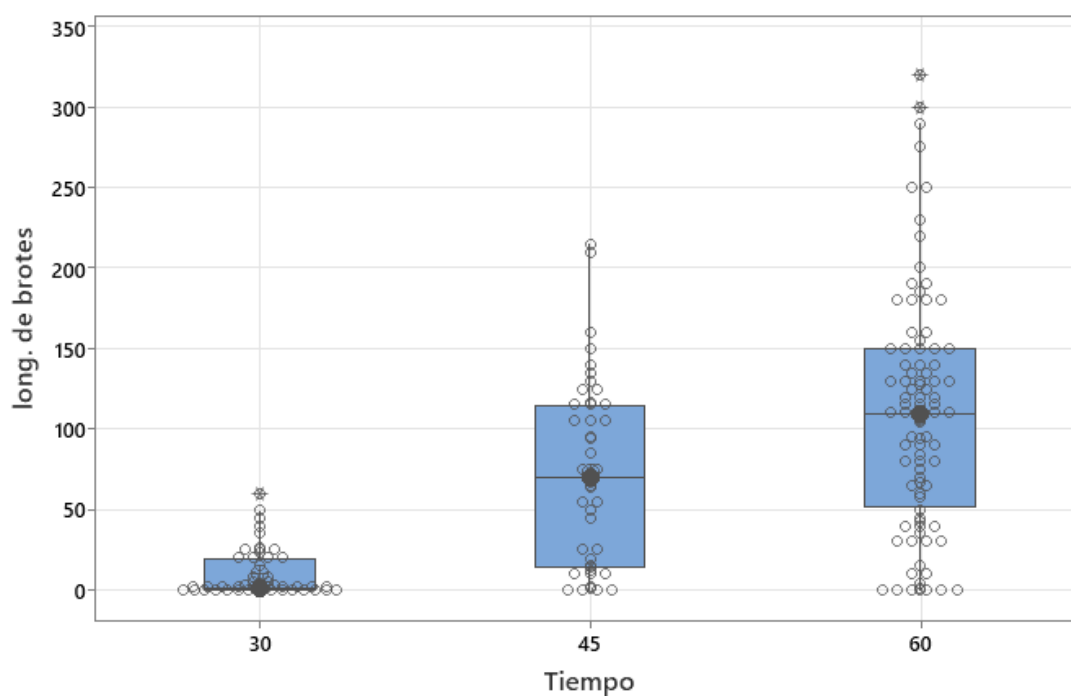


Figura 9.
Grafica de caja de longitud de brotes

La prueba de Kruskal-Wallis confirmó diferencias altamente significativas en la longitud de brotes entre los tiempos evaluados, con un valor H de 69.25 sin ajuste y 69.45 con ajuste por empates, ambos con un valor $p = 0.000$. Esto permite rechazar la hipótesis nula y concluir que el tiempo de evaluación influye de manera estadísticamente significativa en la longitud de los brotes, siendo a los 60 días cuando se alcanzan los mayores crecimientos

Tabla 14

Prueba de Kruskal-Wallis para el efecto del tiempo en longitud de brotes

Método	GL	Valor	
		H	p
No ajustado para empates	2	69.25	0.000
Ajustado para empates	2	69.45	0.000

c) Para la longitud de las raíces

En la Tabla 16 y la Figura 9 se observa un incremento marcado de la longitud de raíces con el tiempo: la mediana pasa de 65 mm a los 30 días, a 100 mm a los 45 días y alcanza 125 mm a los 60 días. Esta tendencia se refuerza con la clasificación de medias (45.9, 86.8 y 122.1, respectivamente) y con los valores Z (-7.20; -0.96; 7.17), que muestran un desplazamiento progresivo de la distribución hacia valores mayores conforme avanza el tiempo. Coherentemente, el diagrama de caja indica que a 60 días la distribución está desplazada hacia longitudes superiores, confirmando que el mayor desarrollo radicular se logra al final del periodo de evaluación.

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales

Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Tabla 15

Prueba descriptiva para el efecto de tiempo en longitud de raíces

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
30	49	65	45.9	-7.20
45	45	100	86.8	-0.96
60	92	125	122.1	7.17
General	186		93.5	

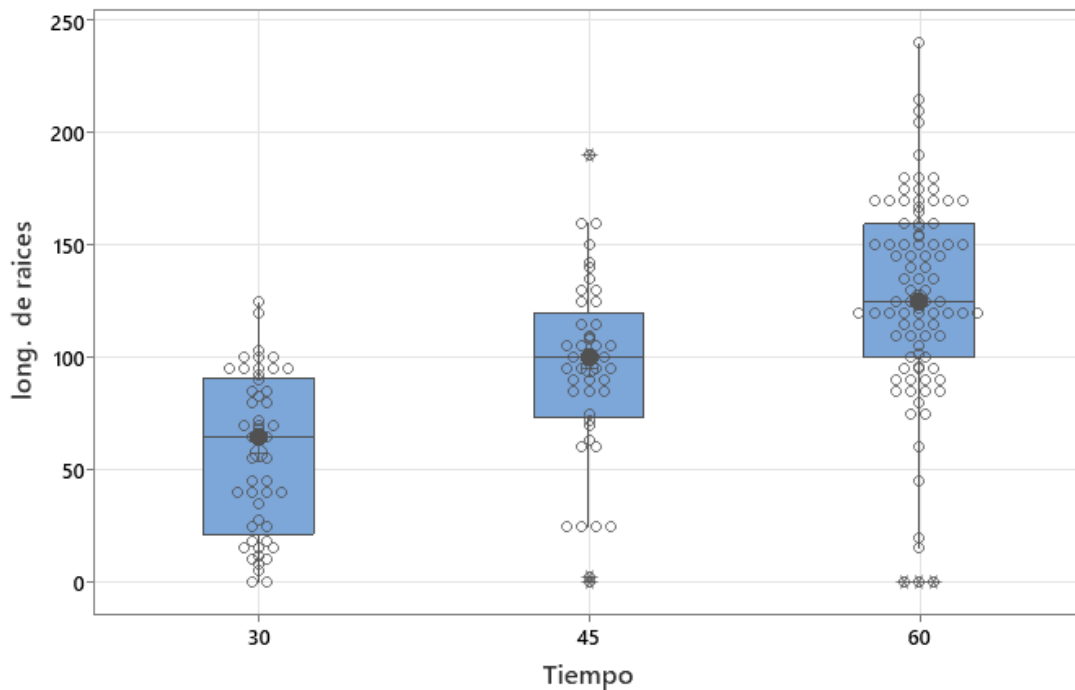


Figura 10.
Grafica de caja de longitud de raíces

Respecto a la Tabla 16, la prueba de Kruskal–Wallis evidencia diferencias altamente significativas entre los tiempos ($H = 64.91\text{--}64.99$, $p = 0.000$), por lo que se rechaza la hipótesis nula de medianas iguales. En términos prácticos, y en concordancia con los estadísticos descriptivos, ello indica un orden claro 60 días > 45 días > 30 días en longitud de raíces, respaldando que prolongar el tiempo de desarrollo hasta 60 días maximiza la elongación radicular.

Tabla 16

Prueba de Kruskal-Wallis para el efecto de tiempo en longitud de raíces

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	2	64.91	0.000
Ajustado para empates	2	64.99	0.000

d) Para número de raíces

Cómo se ha presentado en la Tabla 17 sobre el efecto del tiempo en el número de raíces, se ha evidenciado una influencia significativa, por lo que corresponde realizar la prueba de tukey. En cuanto al tiempo de evaluación, los resultados

muestran diferencias significativas y progresivas. A los 60 días se obtuvo el mayor promedio de raíces (126.52), ubicado en el grupo A, mientras que a los 45 días (94.91) se formó un grupo intermedio (B) y a los 30 días se registró el valor más bajo (57.08), correspondiente al grupo C. Esto confirma que, a mayor tiempo de exposición, el desarrollo radicular se incrementa significativamente, consolidando al tiempo como un factor determinante en el proceso de enraizamiento.

Tabla 17
Método de Tukey y una confianza de 95 % para tiempo
Tiempo N Media Agrupación

60	92	126.52	A
45	45	94.91	B
30	49	57.08	C

4.2 DISCUSIÓN

La comparación global de los enraizantes naturales en el prendimiento de esquejes de rosa mostró dos patrones robustos: (i) el tiempo de evaluación fue determinante (30 < 45 < 60 días) para número y longitud de raíces y brotes, y (ii) el efecto por tratamiento fue específico: sábila favoreció especialmente la elongación radicular, lenteja tuvo un desempeño intermedio con ligera ventaja en brotación, y sauce fue el menos efectivo en este material vegetal y condiciones de ensayo. El predominio del tiempo concuerda con estudios de propagación que reportan ganancias marcadas a 60 días, por ejemplo, en higo (Tinco, 2024) y en ensayos con enraizantes naturales combinados con sustratos (Maridueña *et al.*, 2022). Fisiológicamente, el incremento temporal es esperable por la secuencia de inducción → iniciación → elongación de raíces adventicias.

La sábila (*Aloe vera*) mostró buen desempeño radicular: en número de raíces no difirió del testigo ni de lenteja (Tukey: grupo A) y en longitud de raíces presentó la mediana más alta (120 mm) y la clasificación de medias mayor, indicando un efecto positivo sobre elongación radicular. En longitud de brotes, sin embargo, quedó por

debajo del testigo, lo que sugiere una mayor asignación de recursos a raíz. Estos resultados son plausibles por la presencia en Aloe de auxinas/ximuladores y polisacáridos que favorecen la rizogénesis y la hidratación del tejido cambial, pero pueden moderar la elongación caulinar al desplazar el balance hormonal hacia la organogénesis de raíces. Nuestros hallazgos concuerdan con reportes donde Aloe mejora el enraizamiento o crecimiento radicular (Alvarado & Munzón, 2020; El-Banna *et al.*, 2020) y con evidencias de su utilidad como alternativa a hormonas sintéticas (Vidanapathirana *et al.*, 2023). La diferencia con estudios que reportan simultáneo aumento de brotes podría deberse a concentración del extracto, método de extracción, pH/osmolaridad del medio y estado fisiológico del esqueje.

El tratamiento **con lenteja** (*Lens culinaris*) mostró un desempeño intermedio a alto: en número de brotes obtuvo la clasificación de medias más alta entre los tratamientos (aunque sin diferencias globales, $p = 0.091-0.109$), y en número de raíces no difirió de testigo ni sábila (grupo A); en longitud de raíces la mediana (95 mm) fue cercana al testigo. Estos resultados respaldan que los extractos germinativos de leguminosas aportan fitohormonas tipo auxinas y citoquininas y aminoácidos que pueden estimular brotación y sostener la rizogénesis. Coinciden con trabajos que reportan que lenteja favorece germinación/enraizamiento y crecimiento (García-Cid *et al.*, 2024; Hidalgo, 2021; Cruces, 2021; Sigcha, 2023), aunque el efecto exacto puede variar por edad de la semilla, tiempo de remojo, dilución y especie del material propagado. En nuestro caso, su perfil parece más equilibrado que el de sábila (más radicular) y claramente superior al sauce.

El **extracto de sauce** (*Salix sp.*) fue el menos eficaz: menos brotes (mediana 1; menor ranking), menor longitud de brotes (mediana 10 mm) y peor desempeño radicular (n.º de raíces significativamente inferior; mediana de longitud 45 mm). Este resultado contrasta con estudios que reportan efectos positivos del sauce por su contenido de ácido salicílico y derivados de IAA/IBA (Wise *et al.*, 2020; Tinco, 2024; El-Banna *et al.*, 2020), pero coincide con reportes donde el sauce fue inferior a otros enraizantes naturales (Sánchez, 2023). Tres condiciones pueden explicar la discrepancia: (1) Especie y órgano de *Salix*: la potencia auxínica varía entre especies y entre corteza joven vs. hojas, así como por estación de colecta. (2) Dosis/tiempo de extracción: extractos concentrados o prolongados pueden

acumular fenoles/taninos con efecto fitotóxico que inhibe brotación y rizogénesis. (3) Interacción con el sustrato y pH: cambios de pH/osmolaridad del extracto pueden reducir la disponibilidad de auxinas o afectar la absorción en el callo. Bajo estas condiciones, es razonable que sauce haya penalizado el crecimiento de brotes y raíces en nuestro sistema, sugiriendo que, si se desea usarlo, se requieren estandarización botánica y tecnológica (especie de *Salix*, parte vegetal, concentración, pH, filtrado) para evitar fitotoxicidad.

Por último, el hecho de que el testigo mostrara la mayor longitud de brotes mientras sábila maximizó longitud de raíces y lenteja mejoró brotación, apunta a un balance hormonal diferencial: auxinas favorecen raíces y citoquininas promueven brotes; la relación auxina/citoquinina del extracto y del tejido del esqueje condiciona la partición de recursos. Asimismo, el tiempo actuó como catalizador del proceso (más raíces y más largas a los 60 días), coherente con la cronobiología del enraizamiento adventicio. Metodológicamente, el uso de prueba de normalidad para seleccionar ANOVA y Tukey (n.º de raíces) o Kruskal–Wallis (longitudes y n.º de brotes) aporta robustez inferencial; la no significancia del bloque confirma homogeneidad ambiental.

En cuanto a las limitaciones y proyección, no se cuantificaron auxinas/citoquininas en extractos ni se estandarizó pH/conductividad; futuras pruebas deberían titular hormonas, controlar fitotoxicidad fenólica, y optimizar dosis/tiempos de exposición por enraizante. También es recomendable evaluar el porcentaje de prendimiento final y la calidad del sistema radicular (área, volumen, ramificación) para un criterio integral de éxito.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

1. En general, el uso de enraizantes naturales moduló el prendimiento de esquejes de rosa, pero el tiempo de evaluación fue el factor decisivo: a 60 días se lograron los mayores valores en número de raíces, longitud de raíces y en longitud de brotes (Kruskal–Wallis $p=0.000$; ANOVA tiempo $p=0.000$). Globalmente, sábila mostró el mejor desempeño radicular, lenteja un rendimiento intermedio (ligera ventaja en brotación), y sauce el más bajo. La hipótesis general se confirma parcialmente: hubo mejoras claras en variables radicales con sábila y, en menor medida, lenteja; no se observaron mejoras en todas las variables de brotación frente al testigo.
2. La sábila promovió el mayor desarrollo radicular, alcanzando la mayor longitud de raíces (120 mm) y el mayor número promedio de raíces (grupo A de Tukey). En brotación no superó al testigo, por lo que su principal efecto se concentró en la formación y elongación de raíces.
3. Lenteja mostró desempeño intermedio: en número de brotes presentó la clasificación de medias más alta entre tratamientos (sin diferencia estadística vs. otros; $p>0.05$), pero no superó al testigo en longitud de brotes ni en longitud de raíces (mediana 95 mm). Útil cuando se prioriza brotación temprana/modesta, pero no como mejor opción para maximizar raíces.
4. El extracto de sauce fue el menos efectivo: menor número de raíces (Tukey: grupo B) y menores medianas en longitud de brotes (10 mm) y de raíces (45 mm). No se recomienda en la formulación/dosis evaluada; requeriría reformulación (órgano de extracción, concentración, pH y método) para expresar beneficios.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

1. Estandarizar *Aloe vera* como enraizante base y fijar 60 días como ventana mínima de evaluación.
2. Optimizar o descartar *Salix* sp. tras ensayos de concentración, método de extracción y tiempo de exposición.
3. Evaluar diferentes concentraciones y tiempos de inmersión de las preparaciones utilizadas como enraizantes naturales, especialmente en el caso del sauce.
4. Estimar costo por esqueje prendido (insumos, mano de obra, descarte) para decidir adopción a nivel de vivero.
5. Elaborar procedimientos operativos estandarizados (POE) para la preparación, almacenamiento y aplicación de los enraizantes naturales, incluyendo el control microbiológico y el análisis costo-beneficio.
6. Realizar análisis fisicoquímicos y, de ser posible, determinar la composición de los extractos o preparaciones obtenidas a partir de sábila, lenteja y sauce, con la finalidad de relacionar su composición con la respuesta de los esquejes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abalco Abalco, S. I. (2023). *Propagación vegetativa de arándano (Vaccinium corymbosum L.) con diferente material vegetal, enraizantes y sustratos bajo invernadero*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25496>
- Agroforum. (2018). *Cómo fabricar el mejor enraizante natural de manera sencilla*. <https://www.agroforum.pe/agro-noticias/fabricar-mejor-enraizante-natural-de-manera-sencilla-13599/>
- Aguilera, M. (2002). *Cultivo de la rosa*. <http://www.sitec.cl/Doc/Cultivo%20de%20la%20Rosa.doc>
- Alvarado-Aguayo, A., & Munzón-Quintana, 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), 65–78. <https://doi.org/10.15517/rac.v44i1.40002>
- Álvarez, M. (2011). *Multiplicación de plantas*. Buenos Aires: Albatros
- Angulo, M. (2022). *Extractos vegetales: qué son, tipos y lista con los mejores*. Gracias Naturaleza. <https://graciasnaturaleza.com/extractosvegetales/>
- Arévalo, J. A. (2011). *Enraizamiento de portainjertos de rosa Natal Brier mediante el uso de cuatro estimulantes en dos sustratos en el cantón Pedro Moncayo* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/229>.
- Arzate-Fernández, A., Bautista-Puga, M., Piña-Escutia, J., Reyes-Díaz, J y Vázquez, García, L. (2014). *Técnicas tradicionales y biotecnológicas en el mejoramiento genético del rosal (Rosa sp.)*. Universidad Autónoma del Estado de México. ISBN: 978-607-422- 547-1
- Bendahmane, M., Dubois, A., Raymond, O., y Le Bris, M. (2013). Genética y genómica de la iniciación y el desarrollo de las flores en rosas. *Journal of experimental Botanical*, 64, 4, 847-57. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers387>.

- Bianchini, F. (2017). *Investigaciones sobre Cultivo y Manejo de Rosas de Corte*. San Lorenzo, Paraguay. Agromeat, s.p.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9228/1/03%20AGP%2042%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Buzia, J., & Narbona, W. (2017). Atributos biológicos y terapéuticos de la sábila (Aloe vera): Biological and therapeutic attributes of aloe (Aloe vera). *Saber*, 29(2), 267–281.
<http://saber.udo.edu.ve/index.php/saber/article/view/2629/1551>
- Cárdenas-Navarro, R., & López-Pérez, L. (2011). Propagación vegetativa de rosa: efecto del sustrato, luminosidad y permanencia de la hoja. *Scientia Agropecuaria*, 2(4), 203–211.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2011.04.02>
- Cayon-Fernandez, I. (2020). Proyecto de estudiante una comparación de hormonas de enraizamiento naturales y sintéticas para la propagación vegetativa utilizando *Saxagothaea conspicua* Lindl. *Sibbaldia: The International Journal of Botanic Garden Horticulture*, (19), 17–40.
<https://doi.org/10.24823/Sibbaldia.2020.278>
- Centellas, A., Álvarez, V., Acuña, E., Rocha, E., & Maita, E. (2011). *Manual de propagación de plantines de duraznero y manzano bajo invernadero*. Fundación PROINPA.
- Chirinos, J., Olivares, B., & Guevara, E. (2013). Efectividad biológica de extractos vegetales en el control in vitro de la bacteria fitopatógena *Xanthomonas*. *Multiciencias*, 13(2).
<https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/multiciencias/article/view/16948>
- Córdova, R. (2019). *Aplicación de extractos vegetales en la propagación asexual de estacas de valeriana (Valeriana sp.)* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Ambato.
<https://repositorio.uta.edu.ec/items/4856a6ae-d228-4526-8e1c-3cfa9f7f9273>
- Cottrell, V. (2021). *Plant propagation*. CABI Compendium.
<https://doi.org/10.1079/hc.85387029.20210027322>
- Cruces Torres, H. (2021). *Efecto de cuatro enraizantes naturales en la germinación de semilla de palta (Persea americana) variedad Topa Topa, comunidad*

- Santa Catalina de Tranca, San Miguel, La Mar, Ayacucho* [Tesis de pregrado, Universidad José Carlos Mariátegui]. Repositorio Institucional UJCM. https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/1042/Hamilton_tesis_titulo_2021.pdf
- Morales Cuasatar, K. M. (2024). *Evaluación de enraizantes orgánicos en la propagación asexual de mora de Castilla (Rubus glaucus) en la provincia del Carchi* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Repositorio Institucional UPEC. <https://repositorio.upec.edu.ec/items/fb745196-d1c0-4b37-9079-dd3b323d3d5e>
- Cuzco, R. A. (2014). *Propagación vegetativa de aliso (Alnus acuminata H.B.K.) y porotón (Erythrina edulis Triana ex Micheli) utilizando tres tipos de enraizadores en la comunidad Picalquí del cantón Pedro Moncayo* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3611>
- Deniau, M., Bonafos, R., Chovelon, M., Parvaud, C., Furet, A., Bertrand, C., & Marchand, P. (2019). Willow Extract (*Salix cortex*), a Basic Substance of Agronomical Interests. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*. <https://doi.org/10.23910/ijbsm/2019.10.4.2009>.
- El-Banna, H., Haroun, S., Albishi, T., Rashed, A., Albadrani, M., Abdelaal, K., Alkhateeb, O., & Abdou, A. (2023). Natural alternatives: The impact of plant extracts on morphophysiological and biochemical characteristics of *Breynia disticha* Forst. cuttings. *Horticulturae*, 9(10), 1122. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9101122>.
- Fuentes Cevallos, B. A. (2021). *Efecto de fitohormonas enraizantes en plántulas de balsa (Ochroma pyramidale) bajo condiciones de vivero* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Digital de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/56313>
- García-Cid, F. E., Tapia-Zayago, F. A., Pérez-Ríos, S. R., Madariaga-Navarrete, A., Cenobio-Galindo, A. de J., & Hernández Soto, I. (2024). Enraizantes a base de lenteja y sábila una alternativa ecológica en la producción de tomate. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 10(20), 10–15. <https://doi.org/10.29057/icap.v10i20.12371>

- Garden, C. (2009, agosto 16). *Propagación de plantas por esquejes*. Carolina Garden. <https://carolinagarden.wordpress.com/2009/08/16/propagacion-de-las-plantas/>
- Guamán, R., Leython, S., & Martínez, T. (2019). Enraizantes naturales en *Coffea canephora* var. robusta (L. Linden) A. Chev. *Investigatio*, 12, 93–102. <https://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/article/view/305>
- Hidalgo, D. A. (2021). *Formulación de dos enraizantes orgánicos a base de canela y lenteja para la producción de poroto (Erythrina edulis) con fines de restauración ambiental en la parroquia El Triunfo en el período 2019–2020* [Proyecto de investigación para optar el título de Ingeniera en Medio Ambiente, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7098>
- INTA (2016) *Propagación vegetativa por medio de estacas de tallo*. Primera edición, Hurlingham, Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- López-Corona, B., Mondaca-Fernández, I., Gortáres-Moroyoqui, P., Peña, J. H., Meza-Montenegro, M. M., Balderas-Cortés, J. D. J., Vargas-López, J. M., & Rueda-Puente, E. O. (2019). Técnica de esquejes en agricultura: Una alternativa a la vanguardia. *Agroecosistemas Tropicales y Subtropicales*. <https://doi.org/10.56369/tsaes.2795>
- Linares, H. (2007). *Rosas spp. – Rosaceae* (Ficha N.º 52). Portal Encadenamientos Empresariales. <http://www.encadenamientosempresariales.com/Portal/Documents/Documents/2008-10/6250/2111/Ficha52%20-%20Rosa.pdf>
- Carrera Maridueña, B., Currillo Jadan, N., Villa Muñoz, W., & Avilés Zea, Á. (2022). Reproducción asexual del laurel (*Cordia alliodora*) bajo la aplicación de dos enraizantes y dos sustratos. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 6(45), 16–22. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss45.2022pp16-22>
- Medrano-Chinchilla, F. O. (2007). *Experiencias en la prevención del bronceado en rosa (Rosa hybrida) variedad Classy, bajo las condiciones del municipio Tecpán, Guatemala, Chimaltenango* [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional USAC.

- Morales, M. (2004). Tendencia de la tierra y competencias institucionales INDAMAE. En *Memorias del I Encuentro Andino Forestal con Enfoque Comunitario*. Centro de Derecho Ambiental (CEDA).
- Morales Coque, A. L. (2021). *Evaluación de la eficacia de dos enraizantes naturales a base de lenteja (*Lens culinaris*) y sábila (*Aloe vera*) en álamo plateado y aliso en el vivero Las Acacias del barrio San Sebastián de Salcedo durante el periodo 2020–2021* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Institucional UTC. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8589/1/PC-002202.pdf>
- Vidanapathirana, N. P., Ranasinghe, L. M., & Silva, H. H. N. (2023). Effects of different root inducing agents on tea (*Camellia sinensis*) propagation through cuttings. *Annual Research & Review in Biology*, 38(6), 30–37. <https://doi.org/10.9734/arrb/2023/v38i630590>
- Păcurar, D. I., Perrone, I., & Bellini, C. (2014). Auxin is a central player in the hormone cross-talks that control adventitious rooting. *Physiologia Plantarum*, 151(1), 83–96. <https://doi.org/10.1111/ppl.12171>
- Pascolini, A. P. (2013). *Estimulación del enraizamiento de estacas con extractos de *Salix fragilis*, *Plantago lanceolata* y *Aloe vera** [Tesina de grado, Universidad Nacional de Río Negro]. Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional de Río Negro. <https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/501/1/Tesina%20de%20Pascolini%20Alejandra%20Paola.pdf>
- Pérez Guerrero, L. L. (2018). *Inducción de la floración en fresa (*Fragaria × ananassa*) variedad Albión mediante la aplicación de extracto de sauce (*Salix humboldtiana*) y agua de coco (*Cocos nucifera* L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/ce49a2c8-bdae-43e7-928c-f37057eb0c8b>
- Poma Quispe, M. (2017). *Efecto de enraizante en la propagación asexual de esquejes de lirio (*Lilium* sp.) en condiciones de invernadero* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio Institucional UNH. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/1671a43a-eb49-4bd5-8187-3fee57e6ebbd>

- Rajan, R., & Singh, G. (2021). Una revisión sobre el uso de sustancias orgánicas de enraizamiento para la propagación de cultivos hortícolas. *Plant Archives*, 21(Suplemento 1), 685–692. <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.V21.S1.103>
- Silva Ricardo, B. I. (2021). *Evaluación de la eficiencia de tres enraizantes naturales para propagación de mango (Mangifera indica) por esquejes* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio Institucional UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6315>
- Rodríguez Domínguez, I., Santana Gutiérrez, O., Recio López, O., & Fuentes Naranjo, M. (2006). Beneficios del Aloe vera L. (Sábila) en las afecciones de la piel. *Revista Cubana de Enfermería*, 22(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192006000300004
- Rodríguez Cobo, J. (2014). *Efecto de los extractos de Aloe vera, Kalanchoe pinnata, Zea mays, Gerbera jamesonii y del híbrido interespecífico OxG (Elaeis oleifera × Elaeis guineensis) como alternativas naturales de reguladores de crecimiento vegetal de tipo auxínico y citoquinínico en el cultivo in vitro de Saintpaulia ionantha Wendl. (Violeta africana)* [Tesis de pregrado, Universidad del Tolima]. Repositorio Institucional UT. <https://repository.ut.edu.co/bitstreams/3dd92091-ffbb-4bc5-8b89-edb3fe42a924/download>
- Salara, S., Boatwright, J. L., Thavarajah, P., Kumar, S., & Thavarajah, D. (2022). Protein biofortification in lentils (*Lens culinaris* Medik.) toward human health. *Frontiers in Plant Science*, 13, Artículo 869713. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.869713>
- Sánchez Condori, L. (2023). *Efecto de cinco enraizadores naturales en la propagación asexual de yuca (Manihot esculenta Crantz)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional UNDAC. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3296/1/T026_62001296_T.pdf
- Sigcha Azogue, M. N. (2023). *Aplicación de enraizantes naturales en la propagación vegetativa de la uva (Vitis vinifera) por medio de esquejes* [Tesis

- de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/39972>
- Soto-Alvarado, R., & García-Frías, A. (2009). El Estado de México confirma su liderazgo en floricultura. *Nuestros Rincones y Tradiciones*, 2, 20–21.
- Tinco Mamani, E. (2024). Propagación de estacas de higo (*Ficus carica* L.) bajo enraizadores naturales en distintos tiempos de sumersión. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 11(1), 47-56.
- Uddin, A. J., Rakibuzzaman, M., Raisa, I., Maliha, M., & Husna, M. A. (2020). Impact of natural substances and synthetic hormone on grapevine cutting. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, 25(1), 2069–2074. <https://doi.org/10.18801/jbar.250120.253>
- Vašut, R., & Geržová, J. (2025). Nuevas perspectivas sobre la delimitación taxonómica de *Salix babylonica* y taxones y cultivares relacionados. *Acta Horticulturae*, 1434, 265–272. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2025.1434.36>
- Vinueza, S. (2009). *Estudio de cinco métodos de manejo de plántulas para inducir la brotación de basales en la variedad de rosa “Blush de los Andes” en la empresa Rose Connection* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Digital UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6765>
- Wise, K., Gill, H., & Selby-Pham, J. (2020). Willow bark extract and the biostimulant complex Root Nectar® increase propagation efficiency in chrysanthemum and lavender cuttings. *Scientia Horticulturae*, 263, 109108. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109108>
- Yong, A. (2004). El cultivo del rosal y su propagación. *Cultivos Tropicales*, 25(2), 53–67. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217832008.pdf>
- Yujra Espejo, S. P. (2017). Evaluación de la eficacia de dos tipos de enraizadores en la propagación de estacas de dos variedades de uva (*Vitis vinifera*), en el vivero situado en el municipio de Luribay, provincia Loayza [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional UMSA. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/13344>

ANEXOS

Anexo 1: Promedios obtenidos por tratamiento según observación experimental.

Observación	T0			T1			T2			T3		
	30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60
NÚMERO DE DÍAS AL INICIO DE BROTAMIENTO	20.0	16.0	15.0	18.0	15.0	14.0	25.0	20.0	18.0	18.0	14.0	12.0
NÚMERO DE YEMAS BROTADAS	2.0	3.5	4.0	2.5	4.0	4.5	1.5	3.0	3.5	1.8	3.2	3.8
LONGITUD DE YEMAS BROTADAS	40.0	80.0	115.0	35.0	70.0	85.0	5.0	8.0	10.0	30.0	60.0	100.0
PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO DE LOS ESQUEJES	40.0	55.0	70.0	35.0	50.0	68.0	25.0	45.0	55.0	45.0	65.0	75.0
NÚMERO DE DÍAS AL INICIO DE ENRAIZAMIENTO	25.0	22.0	20.0	22.0	20.0	18.0	30.0	28.0	25.0	20.0	18.0	15.0
NÚMERO DE RAÍCES POR ESQUEJE	4.0	6.0	8.0	5.0	7.0	9.0	3.0	5.0	6.5	5.5	8.0	10.5
LONGITUD DE RAÍCES POR ESQUEJE	40.0	70.0	90.0	45.0	75.0	95.0	20.0	35.0	45.0	50.0	90.0	120.0

Anexo 2: Comparación estadística de las variables evaluadas según tratamiento.

Tratamiento	Número de Raíces (Promedio ± DE)	Longitud de Raíces (mm, Mediana)	Número de Brotes (Promedio ± DE)	Longitud de Brotes (mm, Mediana)	Porcentaje de Prendimiento (%)
T0 (Testigo)	8.0 ± 1.8 (Grupo A/B)	90	4.0 ± 0.8 (Grupo A)	115	70
T1 (Sábila)	10.5 ± 2.2 (Grupo A)	120	3.8 ± 0.9 (Grupo A/B)	100	75
T2 (Lenteja)	9.0 ± 2.0 (Grupo A/B)	95	4.5 ± 1.0 (Grupo A)	85	68
T3 (Sauce)	6.5 ± 1.5 (Grupo B)	45	3.5 ± 0.7 (Grupo B)	10	55
Estadísticas	ANOVA: F = 12.34, p < 0.001; Tukey: grupos indicados	Kruskal-Wallis: H = 18.67, p < 0.001	ANOVA: F = 8.56, p = 0.002; Tukey: grupos	Kruskal-Wallis: H = 22.45, p < 0.001	ANOVA: F = 10.12, p < 0.001

Anexo 3: Comparación estadística de las variables evaluadas según tiempo de evaluación.

Tiempo (Días)	Número de Raíces (Promedio ± DE)	Longitud de Raíces (mm, Mediana)	Número de Brotes (Promedio ± DE)	Longitud de Brotes (mm, Mediana)	Porcentaje de Prendimiento (%)
30	4.0 ± 1.0	40	2.0 ± 0.5	30	40
45	7.0 ± 1.5	70	3.5 ± 0.8	60	55
60	12.0 ± 2.5	120	5.5 ± 1.2	110	80
Estadísticas	ANOVA: F = 45.67, p < 0.001; Tukey: 60 > 45 > 30	Kruskal-Wallis: H = 38.90, p < 0.001	ANOVA: F = 32.12, p < 0.001; Tukey: 60 > 45 > 30	Kruskal-Wallis: H = 40.23, p < 0.001	ANOVA: F = 50.45, p < 0.001

Anexo 4: Panel fotográfico



Figura 11.
Limpieza y acondicionamiento del área destinada para el establecimiento del experimento.



Figura 12.
a) Preparación del sustrato (arena de río de textura fina) para el enraizamiento de esquejes y b) Desinfección del sustrato mediante aplicación de formol y cobertura con plástico.



Figura 13.

a) Llenado de las bolsas de polietileno con sustrato desinfectado y b) distribución y ordenamiento de las unidades experimentales en el área de estudio.



Figura 14.

a) Planta madre de rosa para la obtención de esquejes y b) Selección y desinfección de esquejes de rosa para el proceso de enraizamiento.



Figura 15.
Preparación de enraizantes naturales: a) sábila, b) lenteja y c) sauce



Figura 16.
*Inmersión de los esquejes de rosa en los diferentes enraizantes naturales y
 plantado de los esquejes tratados en bolsas.*



Figura 17.
Identificación de los tratamientos y desarrollo de las labores culturales (riego y control de malezas).



Figura 18.
Evaluación del enraizamiento y brotamiento de esquejes de rosa a los 30, 45 Y 60 días después del plantado de los esquejes.

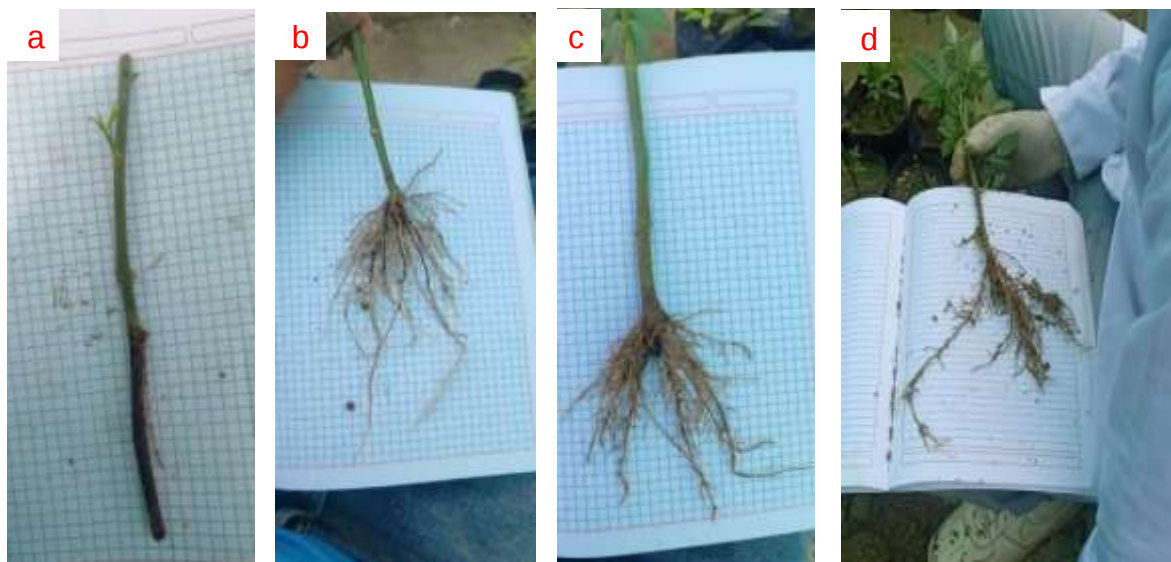


Figura 19.

Comparación visual del efecto de los tratamientos con enraizantes naturales sobre el prendimiento de esquejes de rosa: a) sauce, b) lenteja, c) sábila y d) testigo