



Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N° 001-2024-FCA/UNACH

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que la tesis de investigación Titulada “**Evaluación de tratamientos pre germinativos y sustratos en el crecimiento inicial de *Vachellia macracantha* Humb & Bonpl ex Willd (faique) en el distrito de Chota, Cajamarca**”; desarrollado por el bachiller Elías Mejía Mejía de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, **asesorado por el M.Sc. Jim Jairo Villena Velásquez y coasesorado por el Ing. Juan Rodrigo Baselly Villanueva**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 14%**, sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°120-2022-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 07 de noviembre de 2024.

Atentamente

M.Sc. Rubén Iván Marchena Chanduvi
Director de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ciencias Agrarias

RIMCH/DUIFCA
Interesado
AFCA
Archivo
Chota 2024

Elías Mejía Mejía

IT-CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD-UIFCA

 INFORME DE TESIS 2024

 PROYECTOS Y TESIS 2024

 Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3069887388

Fecha de entrega

6 nov 2024, 8:01 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

6 nov 2024, 8:04 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Informe_final_de_tesis_Elias_Mejia_Mejia_04_11_2024_-_T.docx

Tamaño de archivo

12.3 MB

86 Páginas

15,110 Palabras

79,226 Caracteres




14% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía

Fuentes principales

- 14%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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.

Fuentes principales

- 14% Fuentes de Internet
- 5% Publicaciones
- 2% 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	dspace.esoch.edu.ec	1%
2	Internet	www.avocadosource.com	1%
3	Internet	www.researchgate.net	1%
4	Internet	dspace.ucuenca.edu.ec	1%
5	Internet	es.scribd.com	1%
6	Internet	backup.chapingo-cori.mx	0%
7	Internet	doczz.net	0%
8	Internet	repositorio.utn.edu.ec	0%
9	Internet	repositorio.unach.edu.pe	0%
10	Internet	www.inifap.gob.mx	0%
11	Internet	repositorio.uta.edu.ec	0%

12	Internet	repositorio.unp.edu.pe	0%
13	Internet	chm.cbd.int	0%
14	Internet	www.scielo.cl	0%
15	Internet	cienciasagricolas.inifap.gob.mx	0%
16	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	0%
17	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autonoma de Chota	0%
18	Internet	repositorio.unh.edu.pe	0%
19	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo	0%
20	Internet	ri-ng.uaq.mx	0%
21	Internet	www.revistas.unitru.edu.pe	0%
22	Internet	apthapi.agro.umsa.bo	0%
23	Internet	repositorio.una.edu.ni	0%
24	Internet	go.gale.com	0%
25	Internet	rdi.uncoma.edu.ar	0%

26	Internet	dokumen.site	0%
27	Internet	repositorio.upagu.edu.pe	0%
28	Internet	zagan.unizar.es	0%
29	Internet	repositorio.unj.edu.pe	0%
30	Internet	qdoc.tips	0%
31	Internet	repositorio.upla.edu.pe	0%
32	Internet	revistadigital.uce.edu.ec	0%
33	Internet	hdl.handle.net	0%
34	Internet	pt.slideshare.net	0%
35	Internet	www.reibci.org	0%
36	Internet	agris.fao.org	0%
37	Internet	dspace.utb.edu.ec	0%
38	Internet	prezi.com	0%
39	Internet	udoagricola.orgfree.com	0%

40	Internet	www.ucla.edu.ve	0%
41	Internet	repositorio.unas.edu.pe	0%
42	Internet	revistas.lamolina.edu.pe	0%
43	Internet	r.istocar.bg.ac.rs	0%
44	Internet	repositorio.unc.edu.pe	0%
45	Internet	repositorio.unillanos.edu.co	0%
46	Internet	pt.scribd.com	0%
47	Internet	repositorio.undac.edu.pe	0%
48	Publicación	Joan Renard Meseguer. "Identification of genes related to seed longevity in Arabi...	0%
49	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica de Chile	0%
50	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	0%
51	Trabajos del estudiante	Universidad de Costa Rica	0%
52	Internet	garuda.kemdikbud.go.id	0%
53	Internet	repositorio.geotech.cu	0%

54	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	0%
55	Internet	americanae.aecid.es	0%
56	Internet	myhealth.ucsd.edu	0%
57	Internet	repositorio.ual.edu.pe	0%
58	Internet	www.projectnoah.org	0%
59	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	0%
60	Publicación	Victoria Rosmary Santacruz Oviedo, Keigo Minami. "Producción de tomate tipo it...	0%
61	Internet	de.slideshare.net	0%
62	Internet	eluniversoviral.com	0%
63	Internet	worldwidescience.org	0%
64	Internet	reliefweb.int	0%
65	Internet	www.alice.cnptia.embrapa.br	0%
66	Internet	www.coursehero.com	0%
67	Internet	www.slideshare.net	0%

68	Internet	www.tecnicapecuaria.org.mx	0%
69	Internet	1library.co	0%
70	Publicación	Fernández Miranda, Isadora. "Uso de Bacteriófagos para Controlar Xanthomonas..."	0%
71	Internet	aph.aphorticultura.pt	0%
72	Internet	dspace.unitru.edu.pe	0%
73	Internet	intranet.cedaf.org.do	0%
74	Internet	pesquisa.bvsalud.org	0%
75	Internet	redpav-fpolar.info.ve	0%
76	Internet	repositorio.continental.edu.pe	0%
77	Internet	repositorio.unal.edu.co	0%
78	Internet	repositorio.unheval.edu.pe	0%
79	Internet	rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com	0%
80	Internet	search.scielo.org	0%
81	Internet	www.cordis.lu	0%

82	Internet	www.isciii.es	0%
83	Internet	www.lds.org	0%
84	Internet	www.rbpfex.com.br	0%
85	Internet	www.sabiia.cnptia.embrapa.br	0%
86	Publicación	Andrea Cardoza-Viera, Diego Arévalo-Valladolid, Javier Javier-Alva, Ricardo Peña-C...	0%
87	Publicación	J.A Flores-Pacheco, M Ramírez-James, A Gutiérrez-Rugama, C.J Flores-Pacheco, Y A...	0%
88	Publicación	Luis López-González, Xavier Oriol. "The relationship between emotional compete...	0%
89	Publicación	R. M. Uresti-Marín, R. Santiago-Adame, N. E. Díaz-Moroles, J. Gutiérrez-Lozano, M. ...	0%
90	Publicación	Revista Temas Agrarios. "Proceedings - 2nd International and 3rd National Symp...	0%
91	Publicación	Sugenith Margarita Arteaga Castillo. "Cultivos para el cambio climático: selección...	0%
92	Internet	backend.aprende.sep.gob.mx	0%
93	Internet	dgsa.uaeh.edu.mx:8080	0%
94	Internet	es.slideshare.net	0%
95	Internet	fisiologiavegetal2014.wordpress.com	0%

96	Internet	global.hepsiburada.com	0%
97	Internet	hal.archives-ouvertes.fr	0%
98	Internet	ifp-08.ifp.uiuc.edu	0%
99	Internet	repositorio.umsa.bo	0%
100	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe	0%
101	Internet	repositorio.uwiener.edu.pe	0%
102	Internet	revistas.unal.edu.co	0%
103	Internet	revistas.unj.edu.pe	0%
104	Internet	ricabib.cab.cnea.gov.ar	0%
105	Internet	scielo.sld.cu	0%
106	Internet	taemperuconsulting.com	0%
107	Internet	www.derechos.org.ve	0%
108	Internet	www.ecoportat.net	0%
109	Internet	www.minem.gob.pe	0%

110	Internet	www.sumarios.org	0%
111	Internet	www.trunity.net	0%
112	Internet	www.uady.mx	0%
113	Publicación	Jonás Alan Luna-Fletes, Elia Cruz-Crespo, Álvaro Can-Chulim, Wilberth Chan-Cupul...	0%
114	Publicación	C. Mileto, F. Vegas, V. Cristini. "Rammed Earth Conservation", CRC Press, 2019	0%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



Evaluación de tratamientos pre germinativos y sustratos en el crecimiento inicial de
***Vachellia macracantha* Humb & Bonpl ex Willd (faique) en el distrito de Chota,**
Cajamarca.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

PRESENTADO POR:
BACHILLER: ELIAS MEJIA MEJIA

ASESOR
M. Sc. Jim Jairo Villena Velásquez

CO-ASESOR
Ing. Juan Rodrigo Baselly Villanueva

Una firma manuscrita en tinta azul que dice "Jim Jairo Villena Velásquez".

Ing. M. Sc. Jim Jairo Villena Velásquez
Docente UNACH

CHOTA – PERÚ
2024

Una firma manuscrita en tinta morada que parece decir "Juan Rodrigo Baselly Villanueva".



Anexo 01:

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

REG. N° 011-2024-FCA

Siendo las 11:00 horas, del día 24 de octubre de 2024, los miembros del Jurado de Tesis titulada: “Evaluación de tratamientos pre germinativos y sustratos en el crecimiento inicial de *Vachellia macracantha* Humb & Bonpl ex Willd (faique) en el distrito de Chota, Cajamarca”, integrado por:

- | | |
|---|------------|
| 1. Dr. Alejandro Seminario Cunya - | Presidente |
| 2. Dr. Marco Antonio Añaños Bedriñana - | Secretario |
| 3. M.Sc. Pacífico Muñoz Chávarry - | Vocal |

Sustentada de manera Presencial, por el **Bach. Elías Mejía Mejía**, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda APROBAR la tesis, calificándola con la nota de: DIESESIS (1.6), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el correspondiente título profesional.

Colpa Matara, 24 de octubre del 2024



Dr. Alejandro Seminario Cunya
Presidente



Dr. Marco Antonio Añaños Bedriñana
Secretario



M.Sc. Pacífico Muñoz Chávarry
Vocal



M. Sc. Jim Jairo Villena Velásquez
Asesor

Dedicatoria

Esta investigación dedico a los personajes que lucharon por la creación de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, cuya visión y esfuerzo nos permiten formarnos profesionalmente. De la misma manera a mis padres José Félix Mejía Fernández y María Susana Mejía Paredes, también a mis hermanos; Vilma, Yoni, Doris Isabel y José Amado, por su apoyo incondicional y por demostrarme que la vida está llena retos.

Agradecimientos

- ❖ Al M. Sc. Jim Jairo Villena Velásquez y Ing. Juan Rodrigo Baselly Villanueva por sus conocimientos compartidos como asesor y co-asesor, en el transcurso de la investigación realizada.
- ❖ Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo – PRONABEC, por otorgarme una beca para la continuación de mis estudios superiores.
- ❖ A los docentes de la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH), por los conocimientos técnicos compartidos para formarme profesionalmente.
- ❖ A las técnicas de laboratorio; Milagros Anabel Peralta Vásquez, Lizbeth Aracely Rojas Gonzáles y Roxana Mabel Sempertegui Rafael, por su apoyo en la instalación y evaluación del experimento.
- ❖ A mi tía Flor Dalila Mejía Fernández, por su apoyo y consejos proporcionados para mi formación profesional, como también en el desarrollo de la investigación.
- ❖ A mi compañero de universidad Fernando Rafael García, por las experiencias compartidas, consejos brindados y apoyo en el transcurso de la investigación realizada.

Índice de contenidos

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema.....	2
1.3 Justificación	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Antecedentes.....	4
2.1.1 Tratamientos pre germinativos.....	4
2.1.2 Sustratos en crecimientos de plántulas.....	5
2.2 Bases teóricas-científicas.....	7
2.2.1 <i>Vachellia macracantha</i> Humb & Bonpl ex Willd	7
2.2.1.1 Taxonomía de la <i>Vachellia macracantha</i> Humb & Bonpl ex Willd.....	7
2.2.1.2 Descripción botánica o morfológica	8
2.2.1.3 Importancia de la <i>Vachellia macracantha</i>	9
2.2.2 Germinación.....	10
2.2.2.1 Etapas de la germinación.....	11
2.2.2.2 Factores afectan la germinación.....	12
2.2.2.3 Tratamientos pre germinativos.....	13
2.2.3 Crecimiento	14
2.2.3.1 Emergencia.....	15

2.2.3.2	Factores que intervienen en el crecimiento	15
2.2.4	Sustratos	16
2.2.4.1	Propiedades de los sustratos	16
2.2.4.2	Desinfección del sustrato	17
2.2.4.3	Tipos de sustrato.....	17
2.3	Marco conceptual.....	18
2.3.1	Crecimiento inicial	18
2.3.2	Índice de germinación	18
2.3.3	Índice de robustez	18
2.3.4	Índice de calidad de Dickson	19
2.3.5	Mellado	19
2.3.6	Proporción altura/raíz.....	19
2.3.7	Semilla	19
2.3.8	Sustrato.....	19
2.4	Hipótesis	20
2.5	Operacionalización de variables	20
	CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	21
3.1	Localización.....	21
3.1.1	Localización del experimento de tratamientos pre germinativos.....	21
3.1.2	Localización del experimento de sustratos	21
3.2	Tipo y nivel de investigación.....	23
3.3	Diseño de la investigación	23
3.4	Métodos de investigación	23
3.5	Población, muestra y muestreo	24

3.5.1 Población.....	24
3.5.2 Muestra.....	24
3.5.3 Muestreo.....	24
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
3.6.1 Técnicas de recolección de datos	25
3.6.1.1 Obtención del material biológico para los experimentos	25
3.6.1.2 Experimento en tratamientos pre germinativos.....	26
3.6.1.3 Experimento en sustratos.	28
3.6.2 Instrumentos para la recolección de datos	31
3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	32
3.8 Aspectos éticos	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1 Descripción de resultados del experimento en tratamientos pre germinativos.....	33
4.1.1 Porcentaje de germinación	33
4.1.2 Velocidad de germinación	35
4.1.3 Índice de germinación	36
4.2 Contrastación de hipótesis	37
4.3 Discusión de resultados del experimento en tratamientos pre germinativos	38
4.3.1 Porcentaje de germinación	38
4.3.2 Velocidad de germinación	39
4.3.3 Índice de germinación	40
4.4 Descripción de resultados del experimento en sustratos	42
4.4.1 Porcentaje de supervivencia de plántulas.....	42
4.4.2 Número de hojas	43

4.4.3	Diámetro de tallo.....	45
4.4.4	Altura de planta.....	47
4.4.5	Índice de robustez	51
4.4.6	Proporción altura/raíz.....	51
4.4.7	Índice de calidad de Dickson	52
4.5	Contrastación de hipótesis	53
4.6	Discusión de resultados del experimento en sustratos.....	53
4.6.1	Supervivencia de plántulas.....	53
4.6.2	Número de hojas	55
4.6.3	Diámetro de tallo.....	56
4.6.4	Altura de planta.....	57
4.6.5	Índice de robustez	58
4.6.6	Proporción altura/raíz.....	58
4.6.7	Índice de calidad de Dickson	59
	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
5.1	Conclusiones.....	60
5.2	Recomendaciones	60
	CAPÍTULO VI. REFERENCIAS.....	62

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción taxonómica de la <i>Vachellia macracantha</i>	7
Tabla 2. Operacionalización de variables	20
Tabla 3. Distribución del número de semillas con sus tratamientos germinativos	26
Tabla 4. Distribución de bolsas en la cama de repique del vivero.....	30
Tabla 5. Análisis de varianza de la variable porcentaje de germinación	33
Tabla 6. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de germinación	33
Tabla 7. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de germinación	35
Tabla 8. Prueba de Tukey para la variable velocidad de germinación	36
Tabla 9. Análisis de varianza para la variable índice de germinación.....	36
Tabla 10. Prueba de Tukey para la variable índice de germinación	36
Tabla 11. Prueba de Kruskal Wallis para la variable porcentaje de supervivencia	42
Tabla 12. Prueba de Kruskal Wallis para la variable número de hojas	44
Tabla 13. Prueba de Kruskal Wallis para la variable; diámetro de tallo.....	46
Tabla 14. Prueba de Kruskal Wallis para la variable; altura de planta	48
Tabla 15. Cálculo de índices de crecimiento y calidad de planta en la especie <i>V. macracantha</i> ...50	
Tabla 16. Prueba de Kruskal Wallis para la variable; índice de robustez	51
Tabla 17. Prueba de Tukey para la variable; proporción altura/raíz	52
Tabla 18. Prueba de Kruskal Wallis para la variable; índice de calidad de Dickson.....	52
Tabla 19. Recomendación para mejorar los sustratos del estudio	71
Tabla 20. Peso de cinco plantas por tratamiento en masa verde y seca, de la parte aérea y radical.71	

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación geográfica de los lugares donde se llevaron a cabo los ensayos	22
Figura 2. Fórmulas propuestas por Fernandez et al. (2022)	28
Figura 3. Sustratos obtenidos de la combinación de tierra de bosque, tierra agrícola y arena.....	29
Figura 4. Ecuaciones propuestas por Domínguez y Espinosa, (2021).....	31
Figura 5. Germinación de <i>V. macracantha</i> con tratamientos pre germinativos en Chota, Perú....	34
Figura 6. Porcentaje de supervivencia de plántulas durante el período de estudio.....	43
Figura 7. Evolución de la variable de número de hojas entre el 15/7/2023 y el 09/10/2023.....	45
Figura 8. Tendencias de la variable de diámetro de tallo en el periodo de estudio.....	47
Figura 9. Evolución de la variable de altura de planta entre el 15/7/2023 y el 09/10/2023.....	49
Figura 10. Análisis de sustratos en el laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria	72
Figura 11. Permiso otorgado por el SERFOR para recolocación de material biológico	73
Figura 12. Formato de evaluación del experimento de germinación.....	78
Figura 13. Formato de evaluación; masa verde y seca de parte aérea, masa verde y seca raíz ...	80
Figura 14. Formato de evaluación del experimento en sustratos.....	80
Figura 15. Semillas de <i>Vachellia macracantha</i>	81
Figura 16. Tratamiento escarificación mecánica a semillas de <i>Vachellia macracantha</i>	81
Figura 17. Tratamiento de agua hervida a semillas de <i>Vachellia macracantha</i>	82
Figura 18. Preparación de tratamiento con ácido sulfúrico al 98% de concentración.....	82
Figura 19. Ubicación de las semillas en las placas petri, de acuerdo al diseño experimental	83
Figura 20. Cálculo de la intensidad luminosa con el luxómetro.....	83
Figura 21. Experimento de tratamientos pre germinativos en semillas de <i>V. macracantha</i>	84
Figura 22. Recolección del sustrato; tierra de bosque	84
Figura 23. Llenado del sustrato en bolsas de polietileno de 18cm x 25cm	85

Figura 24. Evaluación: conteo diario de semillas germinadas.....	85
Figura 25. Codificación de muestras, para el análisis en el laboratorio del INIA, Cajamarca	86
Figura 26. Recolección de datos; 30 días después del repique	86
Figura 27. Recolección de datos de la variable altura de planta.....	87
Figura 28. Recolección de datos de la variable diámetro de tallo	87
Figura 29. Altura de planta: 24 cm alcanzados en la última recolección de datos	88
Figura 30. Recolección de datos de la variable número de hojas	88
Figura 31. Acondicionamiento de muestras, para determinar el peso de aéreo y radical.....	89
Figura 32. Plantas codificadas, para determinar variables con equipos de laboratorio	89
Figura 33. Acondicionamiento de los plántones para el peso en fresco: aérea y radical.....	90
Figura 34. Peso fresco de plántones de <i>Vachelia macracantha</i> en balanza analítica	90
Figura 35. Recolección de los datos de peso en verde de la parte aérea	91
Figura 36. Colocación de muestras codificadas en mufla, de acuerdo al diseño experimental...	91
Figura 37. Reforestación con las plantas (<i>Vachelia macracantha</i>) utilizadas en el experimento	92

Resumen

En la investigación se evaluó el efecto de tratamientos pre germinativos (ácido sulfúrico, agua hervida, escarificación mecánica) y sustratos (cinco combinaciones de tierra de bosque, tierra agrícola y arena) en la germinación y crecimiento inicial de *Vachellia macracantha*. Se instalaron dos experimentos: el primero de tratamientos pre germinativos, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) de cuatro tratamientos y cuatro repeticiones de 50 semillas por repetición, se evaluó porcentaje de germinación, velocidad de germinación e índice de germinación. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (prueba F) y prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 95% ($p < 0,05$). Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas en porcentaje y velocidad de germinación, indicando que la escarificación mecánica es el método más efectivo para propagar *Vachellia macracantha*, alcanzando los mejores resultados en: porcentaje de germinación y velocidad de germinación. En el segundo experimento fue de sustratos, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cinco tratamientos y cinco repeticiones de 15 plantas por repetición, se evaluó porcentaje de supervivencia, número de hojas, diámetro de tallo, altura de planta, índice de robustez, proporción altura/raíz, índice de calidad de Dickson. Los datos se sometieron a la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticas significativas en altura de planta, diámetro de tallo e índice de robustez. El sustrato compuesto de tierra agrícola + arena es ideal para la *Vachellia macracantha*, presentó mejores resultados en porcentaje de supervivencia, número de hojas e índice de calidad de Dickson.

Abstract

The research evaluated the effect of pre-germination treatments (sulfuric acid, boiled water, mechanical scarification) and substrates (five combinations of forest soil, agricultural soil and sand) on germination and initial growth of *Vachellia macracantha*. Two experiments were set up: the first one of pre-germination treatments, a completely randomized design (CRD) of four treatments and four replicates of 50 seeds per replicate was used to evaluate germination percentage, germination speed and germination index. The data were analyzed by analysis of variance (F test) and Tukey's test, with a significance level of 95% ($p < 0.05$). The results showed statistically significant differences in germination percentage and speed of germination, indicating that mechanical scarification is the most effective method to propagate *Vachellia macracantha*, reaching the best results in: germination percentage and germination speed. In the second substrate experiment, a completely randomized design (CRD) was used with five treatments and five replicates of 15 plants per replicate, evaluating survival percentage, number of leaves, stem diameter, plant height, hardness index, height/root ratio, and Dickson's quality index. The data were subjected to the Kruskal Wallis non-parametric test. The results showed significant statistical differences in plant height, stem diameter and hardness index. The substrate composed of agricultural soil + sand is ideal for *Vachellia macracantha*, it presented better results in survival percentage, number of leaves and Dickson's quality index.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En nuestro país los bosques son deforestados y degradados aceleradamente, debido a la expansión de la agricultura y a la necesidad de los pobladores de obtener recursos forestales de los bosques, lo que ha llevado a categorizar algunas especies como amenazadas; esto es un problema porque pueden llegar a extinguir algunas especies, por ello es necesario promover investigaciones en propagación de especies nativas para mantener la biodiversidad y asegurar el desarrollo de las poblaciones que dependen de bosques (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], 2020).

En los bosques amazónicos, andinos y costeños del Perú crece la *Vachellia macracantha* (Bussmann & Douglas, 2015), una especie sometida a tala indiscriminada (Artega, 2024). Actualmente, está catalogada como "casi amenazada" (NT) en el Decreto Supremo N°043-2006-AG, y se considera probable que en un futuro cercano sea clasificada "en peligro" o "vulnerable". Debido a su condición de especie nativa, existe escasa información sobre su propagación y características en las primeras etapas de crecimiento. Además, se han identificado limitaciones en los estudios sobre tratamientos germinativos para superar la latencia de las semillas (Maldonado et al., 2018). La baja tasa de germinación de semillas de *V. macracantha* es una de las principales barreras para su propagación a gran escala (Maldonado et al., 2018).

En la provincia de Chota, en los distritos de Cochabamba, Lajas y Llama, aún se encuentra individuos de *V. macracantha* que tiene un interés económico para los pobladores, debido a que es fuente de leña, madera y forraje, producto de ello ha conllevado a que talen a la especie en

estado juvenil y no se preocupen por propagar, dado que los pobladores desconocen el tipo de propagación; esto ha generado la disminución de la población de esta especie. Por tal motivo, es fundamental determinar el tratamiento pre germinativo y el sustrato adecuado para su propagación, el mismo que puede permitir una mayor forestación y reforestación de la especie.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el tratamiento pre germinativo y el sustrato adecuado para la germinación y crecimiento inicial de la *Vachellia macracantha* en el distrito Chota, Cajamarca?

1.3 Justificación

Con el transcurso del tiempo, la deforestación se ha incrementado la provincia de Chota; por el mal manejo forestal de los bosques. La necesidad de los pobladores de obtener recursos económicos de los bosques también es un factor causante (La Barrera, 2021), que con el pasar de los años ha conllevado a talar árboles en mayores cantidades, afectando las poblaciones de faiques de los distritos de Lajas, Cochabamba y Llama. Con esta investigación se busca determinar un tratamiento pre germinativo y un sustrato adecuado para la propagación de *V. macracantha*, lo que posibilitará ampliar conocimientos con respecto a la propagación de la especie. Estos conocimientos se pueden utilizar en futuros proyectos de reforestación de *V. macracantha* por parte de las entidades públicas. Los resultados pueden servir a agricultores que deseen sembrar la especie, también entidades públicas y privadas para la elaboración de un manual silvicultural para la reforestación o forestación, porque es una especie nativa que no cuenta con vasta información en temas de propagación.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- ✓ Evaluar tratamientos pre germinativos y sustratos para la germinación y crecimiento inicial de *Vachellia macracantha* en el distrito de Chota, Cajamarca.

1.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Evaluar la influencia de cuatro tratamientos pre germinativos en la germinación de las semillas de *Vachellia macracantha*.
- ✓ Evaluar la influencia de cinco sustratos en el crecimiento y desarrollo de la especie de *Vachellia macracantha*.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Tratamientos pre germinativos

Illescas et al. (2021) evaluaron la escarificación química, mecánica y térmica, para eliminar la latencia en las semillas de *Prosopis laevigata*, *Prosopis glandulosa* y *Vachellia schaffneri*. Sus resultados fueron; el lijado permitió la germinación de 81,2 a 100 % de las semillas. Los tratamientos químicos y térmicos no mostraron diferencias, solo en el caso de *P. laevigata*, la escarificación química provocó mayor germinación (72,5 %) que el testigo. La escarificación mecánica fue el mejor método para eliminar la latencia en las semillas de *V. schaffner* y *P. glandulosa*.

Maldonado et al. (2018) estudiaron los métodos de escarificación más eficaces para la germinación de las semillas de *V. macracantha*, utilizaron un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Las semillas fueron sometidas a dos tipos de escarificación: química (ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido fosfórico) y físico (limado). Determinaron que el método físico presentó el mayor porcentaje de germinación (46%), en comparación al control (6%).

Fernandes et al. (2016) evaluaron diferentes tratamientos pre germinativos con diferentes temperaturas, para superar la latencia de semillas de *Acacia farnesiana*. Utilizó un diseño completamente aleatorizado dispuesto en un esquema factorial de 3 x 15, evaluaron parámetros relacionados con el porcentaje de germinación y el índice de emergencia; concluyendo que la escarificación con papel de lija fue el mejor resultado, seguido de imbibiciones de agua a temperatura ambiental (25-30°C) durante 24 h.

Villarreal et al. (2013) llevaron a cabo un estudio que incluyó análisis morfométrico, pruebas de germinación y viabilidad in vivo e in vitro en semillas de *Prosopis glandulosa* y *Vachellia farnesiana*. En la germinación utilizaron escarificación en agua caliente, ácido sulfúrico y ácido clorhídrico; sumergieron las semillas en diferentes tiempos, se encontró que el tratamiento con ácido sulfúrico concentrado por 20 minutos fue el más apropiado para las semillas de *P. glandulosa* y *V. farnesiana*, mostraron una germinación del 96 % y 80 %, respectivamente.

De Morales et al. (2012) para superar la latencia de semillas de *Vachellia farnesiana* evaluaron dos tratamientos pre germinativos: escarificación mecánica (lija de madera) y escarificación ácida (inmersión en ácido sulfúrico). Las características evaluadas fueron; potencial de germinación, primer recuento e índice de velocidad de germinación. La escarificación mecánica proporcionó el mejor resultado para superar la latencia de las semillas de *V. farnesiana*.

Hernandes de Bernal et al. (2011) evaluaron dos tratamientos pre germinativos para estimular la emergencia de cuatro especies forrajeras: *Enterolobium cyclocarpum*, *Acacia macracantha*, *Prosopis juliflora* y *Guazuma ulmifolia*. Sometieron las semillas en ácido sulfúrico y agua caliente. El ácido sulfúrico obtuvo un porcentaje de germinación entre el 92 % a 95 % para *A. macracantha*, de 93,5 % a 95,5 % para *E. cyclocarpum* y un 73 % en *P. juliflora*, mientras que el tratamiento en agua caliente obtuvo resultados inferiores a 50 %.

2.1.2 Sustratos en crecimientos de plántulas

Damazo (2018) evaluó el efecto del compost y riego por goteo solar en el crecimiento de *Acacia macracantha*. Realizó tres tratamientos con tres repeticiones en diferentes porcentajes de compost

y riego. El resultado más eficiente fue el que contenía compost al 80 % más el riego por goteo solar, y el menos eficiente el compost al 20 % más riego por goteo solar.

Vite, (2018) determinó la influencia de sustratos en la producción de plantones de *Acacia macracantha*. Utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con tres repeticiones, lo que ayudó a encontrar que el sustrato de cáscara arroz 50 %+ aserrín 50 % + tierra agrícola 25 %, presentó mejor rendimiento, obtuvo la mayor producción de plantones de *A. macracantha* (1920 plantones).

Rodríguez et al. (2018) evaluaron el desempeño de diferentes sustratos (aserrín puro, aserrín+turba de musgo, aserrín+mezcla comercial y mezcla comercial) en el crecimiento e incremento de biomasa de *Prosopis laevigata*, determinaron que el sustrato comercial (60 % turba de musgo, 20 % agrolita y 20 % vermiculita) obtuvo el mejor desempeño en las variables estudiadas (germinación, altura, diámetro y biomasa).

Salto et al. (2016) determinaron el efecto de dos sustratos (corteza de pino compostada + tierra y corteza de pino compostada + perlita + vermiculita) y 10 tipos de contenedores de diferentes alturas y volúmenes, en el crecimiento inicial de *Prosopis alba*. Se concluyó que el sustrato de corteza de pino compostada + perlita + vermiculita y los contenedores que tenía mayor volumen presentaron mayor diámetro al cuello y altura total.

Moreno et al. (2014) combinaron compost con diferentes proporciones de arena (10:90, 20:80, 30:70, 40:60 y 50:50) para evaluar la altura, diámetro de tallo, número de ramificaciones, peso

fresco y peso seco de *Acacia farnesiana*, utilizaron un diseño completamente al azar y se aplicó la prueba de comparación de medias ($p < 0.05$). Determinaron que la mezcla vermicompost-arena 10:90 fue la mejor combinación.

Salto et al. (2013) evaluaron diferentes sustratos (tierra, corteza de pino compostada, corteza de pino compostada + tierra, corteza de pino compostada + perlita + vermiculita y perlita + vermiculita) y tipos de envases (bandejas multicelda con 90 cm³ de capacidad por cavidad y tubetes individuales de 100 cm³) para analizar las variables el diámetro al cuello y altura total del plantín de las especies de *Prosopis alba* y *Prosopis nigra*. Determinaron que los tubetes con los sustratos de corteza de pino compostada + perlita + vermiculita y corteza de pino compostada permitieron obtener plantines de algarrobos con características deseables.

2.2 Bases teóricas-científicas

2.2.1 *Vachellia macracantha* Humb & Bonpl ex Willd

La *Vachellia macracantha*, es la especie que anteriormente tenía nombre de *Acacia macracantha* es nativa de Sudamérica, se distribuye desde Venezuela hasta Perú y Chile (Marcelo et al., 2010). En el Perú se distribuye en las zonas áridas de la costa, hasta los 1500 m. s. n. m (Reynel et al., 2016).

2.2.1.1 Taxonomía de la *Vachellia macracantha* Humb & Bonpl ex Willd

Tabla 1

Descripción taxonómica de la Vachellia macracantha

Taxonomía	
Reino	Plantae

Taxonomía	
División	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Sub familia	Mimosoideae
Género	Vachellia
Epíteto específico	Macracantha
Autor del epíteto específico	Humb & Bonpl ex Willd
Nombre científico	<i>Vachellia macracantha</i>

Nota. Tabla adaptada de la página wep NaturaListaCo.

<https://colombia.inaturalist.org/taxa/781083-Vachellia-macracantha>

2.2.1.2 Descripción botánica o morfológica

La descripción botánica o morfológica de la *V. macracantha* según Marcelo et al. (2010) son las siguientes:

- a) Árbol:** la *V. macracantha* puede llegar a medir hasta 8 metros de altura, su corteza externa es de color marrón oscuro o grisácea; corteza interna es de color crema; lenticelas, pubescentes y espinadas, aplanadas.
- b) Hojas:** las hojas miden hasta de 15 cm de largo; raquis, de 8-13 cm de largo; el ápice está formado de 9 a 21 pares pinnas.
- c) Flores:** sus flores son de color amarillo y contienen de 5 a 6 lóbulos; la corola es de 1,5 a 2 mm de largo y cuenta con más de 50 estambres.
- d) Frutos:** los frutos son legumbres de 6 a 10 cm de largo y de 1 a 1,4 de ancho; está ligeramente comprimida, su color es rojiza oscura a glabra.
- e) Semillas:** las semillas son pequeñas vainas de color café oscuro.

f) Distribución: se distribuye desde los 240 a 3800 m. de altitud, se encuentra principalmente en los subtrópicos y trópicos del norte y centro América, en los países de Guyana, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Chile y en las islas del Caribe.

g) Ecología: en las zonas donde se encuentra en abundancia la especie, se han encontrado poblaciones de hasta de 24 individuos por hectárea y en las zonas menos pobladas se han encontrado de cuatro individuos por hectárea. Crece asociada con algunas especies como son: *Muntingia calabura*, *Aspidosperma polyneuron*, *Hura crepitans*,

h) Fenología: Se encuentran frutos en gran cantidad en los meses de junio y julio.

2.2.1.3 Importancia de la *Vachellia macracantha*

a) En la medicina

Las flores se utilizan para combatir el dolor de cabeza y reumatismo. En infusión sirve para afecciones cardiacas, hepáticas y en lavados para cicatrizar heridas (Organizacion de las Naciones Unidas [ONU] & Ministerio del Ambiente Ecuador [MAE], 2012). La resina de la corteza disuelta con grasa de cualquier animal puede curar artritis y reumatismo (Bussmann & Douglas, 2015). En México, las espinas lo han utilizado en la medicina tradicional para mitigar los dolores de muelas y encías, esto se debe porque género de acacias puede contener dimetilriptamina y glucósidos cianogénicos (Vite, 2018).

b) En lo económico

Damazo (2018) sostiene que de los frutos de *V. macracantha* se obtiene un producto parecido a la algarrobina, que sirve para preparar otros productos derivados como champú. También menciona que mejoran la producción en los ganaderos; porque proporciona sombra al ganado vacuno ante el

calor intenso. Las hojas, flores y frutos sirven como alimento para el ganado ovino, caprino, vacuno y equino (Charcape et al., 2017).

La *Vachellia macracantha* es una especie versátil que ofrece múltiples beneficios económicos. Produce exudados de goma de alta calidad, que generan ingresos significativos a los cultivadores de la especie (Leon, 2000). Su madera, caracterizada por su alta densidad, es ideal para la producción de carbón vegetal y leña, que se comercializan ampliamente (Mera & Simbaña, 2016). Además, la madera de *V. macracantha* es resistente a la humedad, lo que la hace perfecta para la construcción de pequeñas embarcaciones que soportan la exposición prolongada al agua salina. También se utiliza para fabricar mangos de herramientas, construcciones rurales, parquet y postes, debido a sus propiedades físicas y mecánicas (Charcape et al., 2017).

c) En los suelos

La *V. macracantha* mejora la nutrición de las pasturas en términos de proteína, calcio y fósforo (Romero et al., 2020).

2.2.2 Germinación

La germinación es el proceso mediante el cual la semilla pasa de un estado de latencia a uno de crecimiento activo, culminando con la emergencia de la radícula a través de la cubierta embrionaria (Doria, 2010). Este proceso está influenciado por factores ambientales, como la luz, el agua, el oxígeno y la temperatura, cuyos requerimientos pueden variar según las necesidades específicas de cada especie (Caroca et al., 2016). La germinación se compone de cinco etapas clave: imbibición, respiración, respuesta a la luz, movilización de reservas y regulación del crecimiento,

las cuales permiten el desarrollo del eje embrionario y la formación de la plántula (Lal & Bhatla, 2018).

2.2.2.1 Etapas de la germinación

a) Hidratación o imbibición

En esta fase la semilla se hidrata; provocando algunas alteraciones como la pérdida de solutos y metabolitos de bajo peso molecular, así mismo permite la elongación del embrión o de la radícula. La duración de esta fase depende de las características de la semilla y de las condiciones externas en la que se encuentre; la deficiencia de oxígeno provocará más demanda fitohormonas como el piruvato, lo cual genera un retraso en la hidratación, también la presencia de azúcares y proteínas retrasa el ingreso del agua a la semilla. Una vez terminada la fase de hidratación, la semilla iniciará la producción de ATP y se pondrá en actividad la respiración; esto se da gracias a que se encuentran las enzimas en la semilla, que han permanecido a lo largo de la desecación o almacenamiento (Azcón & Talón, 2013).

b) Degradación de sustancias de reserva

Las semillas contienen sustancias de reserva almacenadas en los cotiledones y endospermo, que lo mantienen con vida hasta que se convierta en un organismo autótrofo. Las sustancias de reserva entrarán en funcionamiento cuando se da una hidrólisis previa, donde las sustancias de reserva se trasladarán a los órganos de crecimiento activo (Azcón & Talón, 2013).

2.2.2.2 Factores afectan la germinación

a) Factores internos

Los dos factores internos principales que influyen en la germinación son: semilla madura y embrión vivo (Chuncho et al., 2019).

b) Factores externos

- **Agua.** El ingreso del agua, es el inicio del proceso de la germinación de una semilla (imbibición), la entrada del agua depende de varios factores; uno de ellos es el potencial del agua y la permeabilidad de la cubierta de la semilla. La capacidad de absorción de agua de la semilla tiene un límite, no pudiendo superar tres veces su propio peso (Ruth, 2000).
- **Oxígeno.** El oxígeno es un elemento fundamental en la germinación, es necesario para la respiración y otras funciones fisiológicas. Una semilla que germine correctamente necesita una cantidad necesaria de oxígeno, por ello las semillas no se sumergen tan profundas y se acondicionan los suelos para la aireación (Ghildiyal et al., 2021).
- **Temperatura.** Es otro de los factores esenciales: existen semillas que cuando la temperatura disminuye no germinan, en cambio, otras semillas cuando sube la temperatura germinan: la temperatura depende del tipo de especie y de la calidad de la semilla. En la mayoría de las semillas se necesita una temperatura de 25 a 30 °C (Ghildiyal et al., 2021).
- **Luz.** La germinación de semillas requiere diferentes niveles de luz, desde 20,000 a 100,000 lux, aunque algunas no la necesitan (Vásquez, 2001).

2.2.2.3 Tratamientos pre germinativos

Es el proceso en el cual la semilla recibe un tratamiento, ya sea manual (corte, limado) o con algún ácido (ácido sulfúrico) (Viveros et al., 2018). Esto permite que las semillas latentes se propaguen con facilidad. Cuando la propagación es en pequeñas cantidades, el tracto digestivo de los animales sirve como tratamiento germinativo; pero si se quiere propagar en vivero, es necesario un tratamiento pre germinativo con algún tipo de escarificación; física o química (Del Amo et al., 2002).

a) Escarificación

Es un método de superar la latencia de la semilla de forma artificial. Baskin & Baskin (2014) mencionan que los expertos en semillas han descubierto una serie de técnicas para lograr una germinación más rápida. Estos métodos son:

- **Escarificación mecánica.** La escarificación mecánica consiste en hacer un pequeño corte o abertura a la semilla para facilitar el ingreso del agua (Sánchez-Soto et al., 2017), esto se obtiene con el uso de algunos instrumentos; lima, papel de lija, cuchillo, hoja de afeitar, bisturí, aguja o corta uñas, este tipo de tratamiento puede ser muy laborioso si se hace en grandes cantidades.
- **Escarificación ácida.** Uno de los compuestos químicos más utilizados es el ácido sulfúrico; las semillas son sumergidas por un tiempo determinado al ácido para que atraviese la cubierta, se debe de tener cuidado para que no llegue al embrión (Abril-Saltos et al., 2017).

- **Disolventes orgánicos.** El alcohol etílico ha demostrado ser efectivo para lograr altos porcentajes de germinación en diversas especies, particularmente en las subfamilias Caesalpinioideae y Mimosoideae, ambas pertenecientes a la familia de las leguminosas (Baskin & Baskin, 2014).

- **Calor húmedo.** El calor húmedo, generado por agua a elevadas temperaturas, aumenta la permeabilidad de las semillas. Una vez finalizado el proceso, se trasladan a temperatura ambiente o se sumergen en agua fría (Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, 2010).

b) Estratificación

Se define al proceso en el cual las semillas se colocan en arena o tierra húmeda, para exponerla a bajas temperaturas al aire libre; esto permitirá romper la latencia de las semillas para tener un mayor porcentaje de germinación y una buena probabilidad de supervivencia, este método en época de invierno no asegura un correcto crecimiento de la planta, pero en época de verano, las condiciones ambientales favorece el proceso (Bradford & Nonogaki, 2007).

2.2.3 Crecimiento

El crecimiento es la acción dada por los meristemas; debido a que tienen una alta capacidad de división celular, en su mayoría las divisiones nucleares (mitosis) y celulares (citocinesis). Los meristemas se encuentran ubicados en la punta del tallo y la raíz. El crecimiento se manifiesta por la elongación del tallo y la aparición de las primeras hojas, lo cual requiere condiciones ambientales específicas, de luz, temperatura y humedad (Taiz & Zeiger, 2002).

2.2.3.1 Emergencia

Con la emergencia radicular, la germinación llega a su fin y da inicio el crecimiento de la plántula. Este proceso se caracteriza por el alargamiento celular, acompañado de actividades mitóticas. Tres señales clave inducen el crecimiento: Acumulación de solutos osmóticos, lo que aumenta la presión en la semilla y su tamaño, aumento en la extensibilidad de las paredes celulares, lo que permite la elongación de la raíz y relajación de los tejidos circundantes, facilitando el desarrollo de la radícula (Azcón & Talón, 2013).

2.2.3.2 Factores que intervienen en el crecimiento

a) Factores externos

- **Humedad.** La humedad es un factor que interviene en la transpiración de la planta, cuando existe un aumento de humedad la transpiración disminuye, afectando su normal desarrollo de la planta (Lal & Bhatla, 2018).
- **Temperatura.** La temperatura es necesaria para cualquier reacción bioquímica que realice la planta. Las principales son: reacciones enzimáticas, secuencias metabólicas, entre otras, de ello podemos definir que la temperatura cumple una función importante en el crecimiento y el desarrollo de las plantas. El requerimiento de la temperatura depende de la especie y de acuerdo con la adaptación de las plantas (Hopking, 2006).
- **Oxígeno.** Las plantas absorben oxígeno tanto en forma de agua (H₂O) como de aire disuelto. Inicialmente, las semillas respiran de manera anaeróbica, pero al iniciar la respiración aeróbica, la demanda de oxígeno aumenta significativamente. La falta de oxígeno puede limitar el crecimiento

de algunas plantas (Lal & Bhatla, 2018). Además, altas concentraciones de sales en el suelo pueden generar problemas de absorción de agua en las raíces, lo que conlleva a un aumento en la tasa de transpiración (Hernández, 2012).

2.2.4 Sustratos

Beltrano & Gimenez (2015) mencionan que el sustrato es un material diferente al suelo común, se ubica en recipientes de forma pura o mezclada con otros tipos de suelos o abonos; esto permitirá un correcto desarrollo de la raíz. Sustrato es un medio de cultivo en el que se sustituye al suelo para cultivar plantas en recipientes, se debe proporcionar agua y permitir aireación en las raíces, para que la planta crezca correctamente (Ministerio de Agroindustria [MA], 2018).

2.2.4.1 Propiedades de los sustratos

a) Propiedades físicas

Las características de las propiedades físicas de los sustratos según Beltrano & Gimenez (2015):

- **Porosidad.** Debe contener de 20% a 30% de aireación, esto permitirá suministrar oxígeno a la zona radicular de la planta, asimismo permitirá retener humedad para disponer de nutrientes a la planta, permitiendo que la planta realice sus funciones vitales de una manera adecuada.
- **Capilaridad.** Una buena capilaridad en los sustratos, ayudará a distribuir de manera uniforme alguna solución nutritiva a todas las partes de la planta.

b) Propiedades químicas

- **Potencial de hidrógeno.** El potencial de hidrógenos determina la disponibilidad de nutrientes, capacidad de intercambio catiónico y actividad biológica. En los sustratos orgánicos es recomendable que los valores de pH se encuentren en un rango de 5,5 y 6,8, lo que una óptima asimilación de nutrientes disponibles (Hernández, 2012).
- **Conductividad eléctrica.** La conductividad eléctrica idónea para la germinación es de 0,75 a 1,99 dSm⁻¹ (deciSiemens) (Hernández, 2012).
- **Capacidad de intercambio catiónico.** El intercambio catiónico está determinado por el contenido de arcillas y materia orgánica. Las arcillas retienen e intercambian cationes con la solución nutritiva que se encuentra presente en el sustrato (Beltrano & Gimenez, 2015).

2.2.4.2 Desinfección del sustrato

La desinfección se hace para eliminar algunos patógenos que se pueden encontrar en el sustrato; existen numerosas técnicas para desinfectar el sustrato, algunos de ellos son; vaporización, solarización, productos de síntesis químicas, utilización de compuestos químicos, agua hervida, entre otros (Ministerio de Agroindustria [MA], 2018).

2.2.4.3 Tipos de sustrato

a) Tierra agrícola

Se denomina tierra agrícola al primer horizonte del cualquier tipo de tierra (10 a 20 cm de profundidad), se caracteriza por tener un color negro. En este horizonte, la descomposición de

materia orgánica concentra una mayor cantidad de nutrientes, debido a la transformación de componentes orgánicos en sustancias nutritivas (Oliva et al., 2017).

b) Arena

La arena como sustrato cumple la función de mejorar el drenaje, debido a que permite la infiltración de agua con normalidad y mantiene la aireación en la raíz (Oliva et al., 2017).

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Crecimiento inicial

Etapa donde las plantas requieren cuidados especiales (riegos intensivos, protección de los rayos solares, viento, controlar plagas, malezas, enfermedades) para su correcto crecimiento (Ministerio de Agroindustria [MA], 2018).

2.3.2 Índice de germinación

Indicador que expresa la calidad de germinación de las semillas, porque indica la cantidad de semillas germinadas con presencia de radícula (Rodríguez et al., 2014).

2.3.3 Índice de robustez

Indicador por el cual se determina si la planta resiste a ser secada por factores ambientales: viento, sequía, frío (Ramos & Lombardi, 2020).

2.3.4 Índice de calidad de Dickson

Indicador clave para seleccionar plantas con alta probabilidad de supervivencia en campo definitivo, ya que refleja el equilibrio entre la masa y la robustez (Sáenz et al., 2018).

2.3.5 Mellado

Tratamiento pre germinativo que consiste en realizar un pequeño corte a la cubierta de la semilla con un corta uñas o cualquier otro objeto, para permitir el ingreso acelerado de agua a la semilla (Mmolutsi et al., 2020).

2.3.6 Proporción altura/raíz

Ayuda a determinar la supervivencia de una planta en sitios áridos; con este índice se determina el balance de la planta, de la parte transpirante y absorbente (Sáenz et al., 2018).

2.3.7 Semilla

Las semillas de *V. macracantha* presentan un color negro a marrón oscuro. Para identificar las semillas maduras, se puede realizar una simple prueba: al mover la vaina, las semillas maduras producirán un sonido similar al de una sonaja (Marcelo et al., 2010).

2.3.8 Sustrato

Beltrano & Gimenez (2015) el sustrato es un material diferente al suelo común, se ubica en recipientes de forma pura o mezclada con otros tipos de suelos o abonos.

2.4 Hipótesis

Ha1: Los tratamientos pre germinativos influyen en la germinación de semillas de *Vachelia macracantha* en el distrito de Chota, Cajamarca.

Ho1: Los tratamientos pre germinativos no influyen en la germinación de semillas de *Vachelia macracantha* en el distrito de Chota, Cajamarca.

Ha2: Los sustratos influyen significativamente en el crecimiento y desarrollo del estadio plántula de *Vachelia macracantha* en el distrito de Chota, Cajamarca.

Ho2: Los sustratos no influyen significativamente en el crecimiento y desarrollo del estadio plántula de *Vachelia macracantha* en el distrito de Chota, Cajamarca.

2.5 Operacionalización de variables

Tabla 2

Operacionalización de variables

Variables independientes	Variables dependientes	Dimensiones	Indicador	Técnicas e instrumentos
Tratamientos pre germinativos	Germinación	Ácido sulfúrico	% de germinación, velocidad de germinación, índice de germinación	Formato de evaluación, Cámara fotográfica
		Agua hervida		
		Escarificación mecánica		
		Sin tratamiento		
Sustratos	Crecimiento	Tierra de bosque	Porcentaje de supervivencia, número de hojas, diámetro de tallo, altura de planta, índice de robustez, proporción altura/raíz e índice de calidad de Dickson	Estufa, Balanza analítica, Bernier, Regla milimétrica, Formato de evaluación, Cámara fotográfica
		Tierra de bosque + tierra agrícola + arena		
		Tierra agrícola + arena		
		Tierra de bosque + arena		
		Tierra agrícola		

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Localización

El estudio se realizó en dos experimentos (experimento en tratamientos pre germinativos y experimento en sustratos), mediante el cual determinamos el tratamiento pre germinativo y el sustrato ideal para el crecimiento inicial de *V. macracantha*. Los experimentos fueron realizados en el distrito de Chota, región Cajamarca. El clima de la provincia de Chota es de tipo lluvioso, semifrío y húmedo, sin presencia de lluvias en las estaciones de otoño e invierno, cuenta con una temperatura promedio de 15,6 °C, la precipitación anual es de 729 mm (Sánchez & Vásquez, 2010).

3.1.1 Localización del experimento de tratamientos pre germinativos

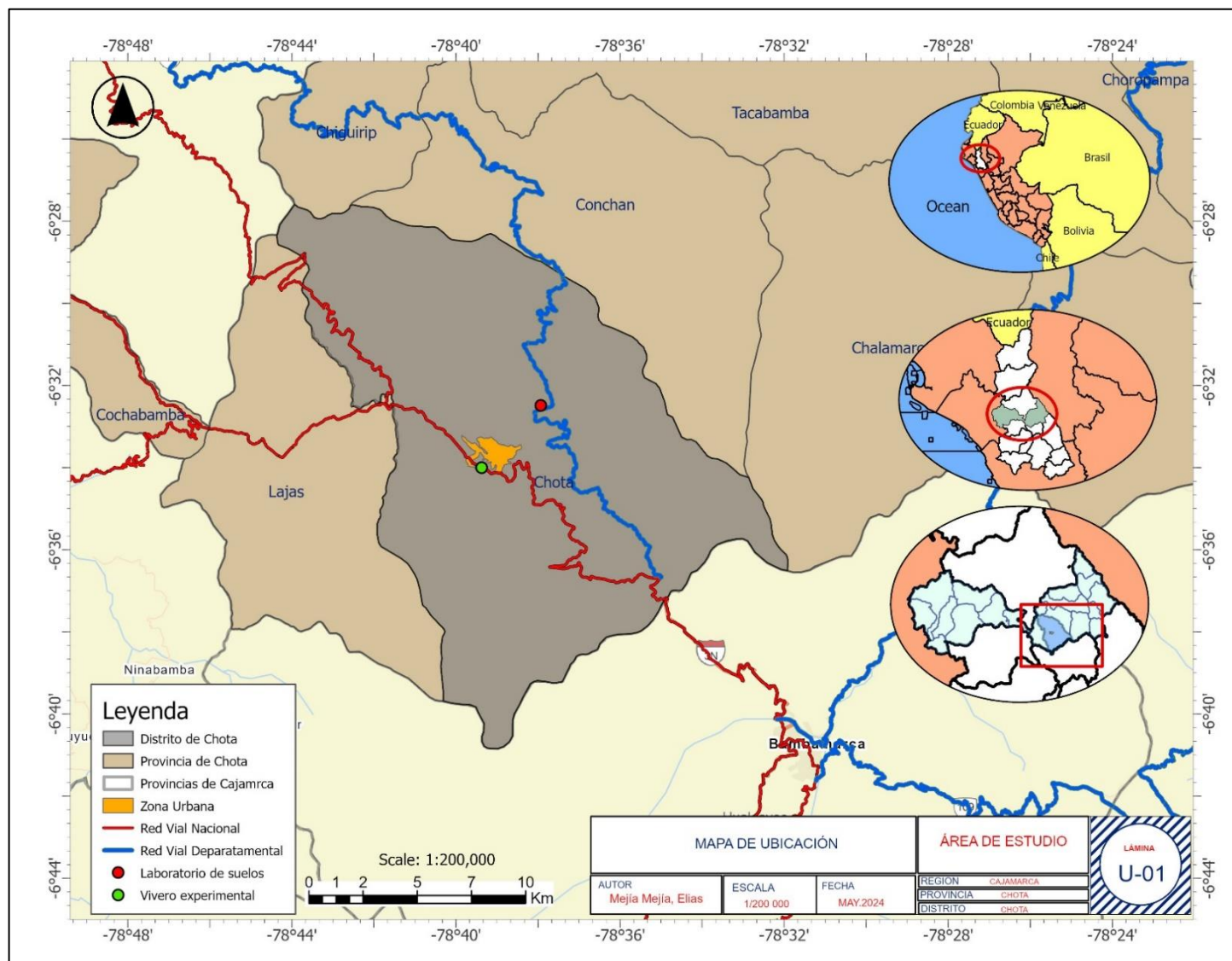
Este experimento se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Autónoma; ubicado en comunidad de Colpamatará en el pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental (EPIFA), Localizado geográficamente en las siguientes coordenadas UTM Datum WGS 1984, Zona 17S: Este: 761851 y Norte: 9276325.

3.1.2 Localización del experimento de sustratos

Para realizar este experimento se construyó un vivero experimental cerca al km 1 de la vía longitudinal de la sierra que conduce a la ciudad de Chichayo: Localizado geográficamente en las siguientes coordenadas UTM Datum WGS 1984 Zona 17S: Este: 759167.57 y Norte: 9273540.

Figura 1

Ubicación geográfica de los lugares donde se llevaron a cabo los ensayos



3.2 Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación es cuantitativa, porque el estudio se realizó siguiendo un procedimiento ordenado y secuencial para constatar las hipótesis, para ello se utilizó algunos métodos matemáticos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Para determinar el tratamiento pre germinativo y el sustrato adecuado para la germinación y crecimiento inicial de la *Vachellia macracantha*, la estadística nos ayudó a corroborar las hipótesis propuestas en el estudio.

3.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental, dado que se efectuó una acción y se determinó las consecuencias, también porque esta investigación se realizó mediante con dos experimentos, en los cuales se probaron tratamientos que posteriormente ayudaron a explicar el efecto obtenido en las variables de interés (Hernández & Mendoza, 2018).

La germinación y crecimiento de la *V. macracantha*, se realizó mediante tratamientos pre germinativos y sustratos; en el experimento de tratamientos pre germinativos se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) de cuatro tratamientos con cuatro repeticiones de 50 semillas por repetición (Hernandes de Bernal et al., 2011). En el experimento de sustratos se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cinco tratamientos y cinco repeticiones de 15 plantas por repetición (Krieger et al., 2017).

3.4 Métodos de investigación

Los métodos empleados son: inductivo – deductivo, se inició con un tema amplio (silvicultura) y se enfocó en aspectos específicos (sustratos y tratamientos pre germinativos), lo que permitió

obtener conclusiones y recomendaciones precisas para la especie *V. macracantha*, incluyendo el tratamiento pre germinativo y el sustrato más adecuado (Rodríguez & Pérez, 2017).

3.5 Población, muestra y muestreo

3.5.1 Población

La población de estudio estuvo conformada por todas las plantas de *V. macracantha* presentes en los relictos de bosques del distrito de Cochabamba, provincia de Chota, de las cuales se obtuvieron semillas para la investigación.

3.5.2 Muestra

La muestra en el experimento en tratamientos pre germinativos estuvo compuesta por 800 semillas de *V. macracantha*. En el experimento de sustratos estuvo compuesta por 375 plantas *V. macracantha*.

3.5.3 Muestreo

El muestreo en la investigación fue no probabilística, porque la muestra se seleccionó de algunos individuos de la población (Hernández & Mendoza, 2018). De donde se eligió algunos árboles de *V. macracantha* que tenían mejores características morfológicas.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Técnicas de recolección de datos

3.6.1.1 Obtención del material biológico para los experimentos

- **Selección de árboles.** En el distrito de Cochabamba, se seleccionaron tres árboles adultos de *V. macracantha* que se encontraban en época reproductiva y contenían mejores características morfológicas en cuanto a su altura y su diámetro de copa. Los tres árboles se ubicaron geográficamente en las siguientes coordenadas: Árbol N°1, (Este: 734407,14, Norte: 9283291,66), Árbol N°2 (Este: 735836,20, Norte: 9283138,58), Arbole N° 3 (Este: 735589,76, Norte: 9283063,88).
- **Recolección de semillas.** Las semillas se colectaron de los árboles georreferenciados: con la ayuda de una tijera telescópica se cortaron las ramitas terminales que contenían vainas con semillas, posteriormente se colocaron en una bolsa ecológica.
- **Selección de semillas.** Se desecharon las semillas muy pequeñas, muy grandes, con perforaciones: las semillas seleccionadas se colocaron en un vaso precipitado con agua destilada, de donde se eliminaron todas las semillas que flotaban.
- **Desinfección de semillas.** Las semillas de ambos experimentos se sumergieron por un minuto en hipoclorito de sodio (Joaquin, 2016), posteriormente se enjuagaron en agua destilada.

3.6.1.2 Experimento en tratamientos pre germinativos

De acuerdo con el diseño experimental, se aplicó los tratamientos pre germinativos; 800 semillas fueron sumergidas por un tiempo determinado en cada tratamiento:

Ácido sulfúrico (S): 200 semillas de *V. macracantha* se sumergieron 18 minutos en ácido sulfúrico al 98% de concentración.

Agua hervida (H): 200 semillas de *V. macracantha* se sumergieron 20 minutos en agua hervida a 76 °C.

Escarificación mecánica (C): Con un corta uñas se realizó un pequeño corte en la testa a 200 semillas de *V. macracantha*.

Testigo (T): 200 semillas sin ningún tratamiento.

Una vez sometidas a los tratamientos pre germinativos, las semillas se las enjuagaron en agua destilada.

Tabla 3

Distribución del número de semillas con sus tratamientos germinativos

Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4
(C) 50 Semillas	(T) 50 Semillas	(T) 50 Semillas	(H) 50 Semillas
(H) 50 Semillas	(S) 50 Semillas	(C) 50 Semillas	(C) 50 Semillas
(T) 50 Semillas	(H) 50 Semillas	(S) 50 Semillas	(S) 50 Semillas
(S) 50 Semillas	(C) 50 Semillas	(H) 50 Semillas	(T) 50 Semillas

Nota. En la tabla 3, se presenta el número de semillas con su respectivo tratamiento pre germinativo y su distribución. Tratamientos; ácido sulfúrico (S), agua hervida (H), escarificación mecánica (C), testigo (T).

- **Ubicación de las semillas en las placas Petri.** Se colocaron 25 semillas en cada placa petri (32 placas acondicionadas con algodón y remojado con agua destilada), posteriormente con la ayuda de un plumón glass (marcador de vidrio) se marcó cada una de las placas petri de acuerdo con el diseño experimental. Se acondicionó en el aula del laboratorio de suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, que presentaba una humedad relativa: 74% mínima, 86 máxima, temperatura: 17°C mínima, máxima 18 °C y una intensidad de luminosa de 750 lux.
- **Riego en las placas Petri.** Se realizó con agua destilada, con la ayuda de una piseta según la necesidad requerida.
- **Evaluación de la germinación.** La evaluación de la germinación se realizó por 41 días, se efectuaron conteos diarios de cada semilla germinada, se recopilaron los datos con la ayuda de un formato de evaluación; el periodo de evaluación aplicado fue de acuerdo a la evolución de las semillas (Gutiérrez et al., 2021), cuando las semillas por dos días consecutivos no mostraron germinación se finalizó el conteo. Para la determinación del porcentaje de germinación, la velocidad de germinación e índice de germinación, se emplearon las mismas fórmulas empleadas por Fernandez et al. (2022), se considerará semillas germinadas a la que se observa la radícula.

Figura 2

Fórmulas propuestas por Fernandez et al. (2022)

<p>Porcentaje de germinación (G%)</p> $G\% = \frac{\text{Semillas germinadas}}{\text{Semillas sembradas}} \times 100$ <p>Velocidad de germinación (V)</p> $M = \sum \left(\frac{n_i}{t} \right)$ <p>Índice de germinación (IG)</p> $IG = \frac{\sum (n_i t_i)}{N}$ <p>Donde</p> <p>n_i = cantidad de semillas germinadas por día i t_i = número de días después de la siembra t = tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla N = número total de semillas sembradas</p>
--

3.6.1.3 Experimento en sustratos.

- **Obtención de los sustratos.** Las fuentes de materiales fueron: Tierra de bosque: relictos de bosques de *V. macracantha* en el distrito de Cochabamba, Chota. Tierra agrícola: distrito de Chota. Arena: Río Chotano.
- **Desinfección del sustrato.** La desinfección del sustrato se realizó con formol (100 ml de formol al 40% en 20 L de agua); una vez regado el desinfectante se procedió a cubrir el sustrato con un plástico de color negro por 24 horas.

- **Preparación del sustrato para el embolsado.** Para obtener un sustrato más homogéneo se utilizó un tamiz de 0,64 mm, que ayudó a eliminar algunas impurezas: se prepararon cinco sustratos de la combinación de tierra de bosque, tierra agrícola y arena.

Figura 3

Sustratos obtenidos de la combinación de tierra de bosque, tierra agrícola y arena

- Sustrato (S1):** tierra de bosque (3)
- Sustrato (S2):** tierra de bosque (1) + tierra agrícola (1) + arena (1)
- Sustrato (S3):** tierra agrícola (1,5) + arena (1,5)
- Sustrato (S4):** tierra de bosque (1,5) + arena (1,5)
- Sustrato (S5):** tierra agrícola (3)

Nota. La medición de las proporciones se realizó con una palana, se distribuyó de acuerdo con el diseño experimental. (3) tres palanas de tierra, (1) una palana de tierra, (1,5) una palana y media de tierra.

- **Análisis químico y físico de los sustratos.** Culminado la preparación de los sustratos; se colectó una muestra de cada sustrato, se codificaron y se enviaron al laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de la ciudad de Cajamarca, para analizar su composición química y física.
- **Almacigado.** En sustrato se colocaron a germinar semillas de *V. macracantha*: se aplicó el tratamiento pre germinativo que fue más eficiente en el experimento de tratamiento pre germinativos (escarificación mecánica).

- **Repique.** Se repicaron 375 plantas de *V. macracantha* (mejores características morfológicas) en las bolsas que contenían los sustratos de acuerdo con el diseño experimental.

Tabla 4

Distribución de bolsas en la cama de repique del vivero

Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	Repetición 5
(S4) 15 Bolsas	(S5) 15 Bolsas	(S2) 15 Bolsas	(S3) 15 Bolsas	(S1) 15 Bolsas
(S3) 15 Bolsas	(S4) 15 Bolsas	(S1) 15 Bolsas	(S5) 15 Bolsas	(S5) 15 Bolsas
(S5) 15 Bolsas	(S1) 15 Bolsas	(S4) 15 Bolsas	(S2) 15 Bolsas	(S3) 15 Bolsas
(S2) 15 Bolsas	(S2) 15 Bolsas	(S5) 15 Bolsas	(S1) 15 Bolsas	(S4) 15 Bolsas
(S1) 15 Bolsas	(S3) 15 Bolsas	(S3) 15 Bolsas	(S4) 15 Bolsas	(S2) 15 Bolsas

Nota. Orden y distribución de las 375 bolsas con su respectiva planta y sustrato. Sustratos; (S1): tierra de bosque (S2): tierra de bosque + tierra agrícola + arena (S3): tierra agrícola + arena (S4): tierra de bosque + arena (S5): tierra agrícola.

- **Riego y deshierbo.** El riego a los plantones en el vivero se realizó con una regadera manual, de acuerdo a la necesidad de la planta (dos riegos por semana aproximadamente): el deshierbo se realizó de forma manual.

- **Evaluación del crecimiento.** Realizado el repique de las plantas seleccionadas, se tomó una medida base: posteriormente se recolectaron cuatro mediadas, en los siguientes días: 20/03/2023, 15/7/2023, 15/9/2023, 09/10/2023; evaluación adaptada de la metodología empleada por Salto et al. (2016). La evaluación del crecimiento se realizó con un formato de evaluación (figura 14); se midió el diámetro del cuello de la raíz con el vernier digital, la altura de los plantones se evaluó con la regla milimétrica de 30 cm y el número de hojas se determinó por conteo simple. Con los

resultados de altura y diámetro de tallo se obtuvo el índice de robustez IR (figura 4) (Domínguez & Espinosa, 2021).

Terminada la recolección de datos en vivero, se separaron cinco plantas de cada tratamiento con hojas, tallos y raíces. Para determinar la variable de proporción altura/raíz, se determinó el peso en masa verde de la parte aérea y radical en una balanza analítica. Luego se secaron las muestras en una estufa a 70°. Los datos se colectaron en un intervalo de 24 horas (en 48 horas los pesos fueron constantes), con los resultados se calculó la proporción altura/raíz e índice de calidad de Dickson (ICD) (Domínguez & Espinosa, 2021), Se utilizó las fórmulas empleadas por los autores antes mencionado.

Figura 4

Ecuaciones propuestas por Domínguez y Espinosa, (2021)

<p>Proporción altura/raíz (PAR)</p> $PAR = \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco de la raíz (g)}}$
<p>Índice de robustez (IR)</p> $IR = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro de tallo (mm)}}$
<p>Índice de calidad de Dickson (ICD)</p> $ICD = \frac{\text{Masa seca total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (cm)}} + \frac{\text{Masa seca parte aérea (g)}}{\text{Masa seca de la raíz (g)}}}$

3.6.2 Instrumentos para la recolección de datos

Para evaluar las variables del experimento en tratamientos pre germinativos (% de germinación, velocidad de germinación, índice de germinación), se utilizó formatos de evaluación (figura 12).

En la evaluación de las variables del experimento en sustratos (número de hojas, altura, diámetro de tallo, índice de robustez), se utilizó formatos de evaluación (figura 14), en la evaluación de la proporción altura/raíz e índice de calidad de Dickson se utilizó balanza analítica y estufa.

3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos en el experimento de tratamientos pre germinativos, fueron sometidos a pruebas de normalidad (Shapiro Wilk) y homogeneidad de varianzas (Barlett) donde se verificó la normalidad y homogeneidad. Posteriormente fueron sometidos a un análisis de varianza a base de prueba de F a 95% de probabilidad ($p < 0.05$). La comparación de medias de los tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey a 95% de probabilidad ($p < 0.05$). En el experimento de sustratos, los datos fueron sometidos a la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, pues no cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. El análisis estadístico fue realizado en el programa estadístico Rstudio (R Core Team, 2020).

3.8 Aspectos éticos

En la investigación se generó el mínimo impacto ambiental; los árboles no fueron talados en la recolección de las semillas, los tratamientos pre germinativos fueron utilizados de manera racional: una vez terminado el experimento de sustratos, las plántulas fueron sembradas en las orillas del Río Chotano, en el tramo del kilómetro uno tomando como medida base el puente Cabracancha, para que sirvan como defensa ribereña. Para la georreferenciación y recolección de semillas se solicitó permiso al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) y los propietarios de sus predios. La investigación fue realizada teniendo en cuenta todo lo planteado en el proyecto sin alterar los datos por ningún motivo.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción de resultados del experimento en tratamientos pre germinativos

4.1.1 Porcentaje de germinación

El análisis de varianza para la variable de porcentaje de germinación de semillas de *V. macracantha* reveló significancia estadística al 95% de probabilidad, según la prueba de F. Además, se obtuvo un coeficiente de variación (CV%) de 9,42%, lo que indica una uniformidad moderada en los datos, según los criterios establecidos por Rustom (2012).

Tabla 5

Análisis de varianza de la variable porcentaje de germinación

Fuentes de variación	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamientos	3	2,907	969	21,22*	0,000
Error	12	548	45,67		
CV (%)			9.42		

Nota. *Significativo al nivel de 95 % de probabilidad según la prueba de F.

La prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) reveló que el tratamiento de escarificación mecánica (TC) fue significativamente más eficiente, alcanzando un 95% de germinación. En contraste, los tratamientos pre germinativos: agua hervida (H: 63%), ácido sulfúrico (S: 66%) y testigo (T: 63%), mostraron una eficiencia menor y fueron estadísticamente similares en cuanto al porcentaje de germinación (Tabla 6).

Tabla 6

Prueba de Tukey para la variable porcentaje de germinación

Tratamientos	Medias (%)
Ácido sulfúrico (S)	66 b

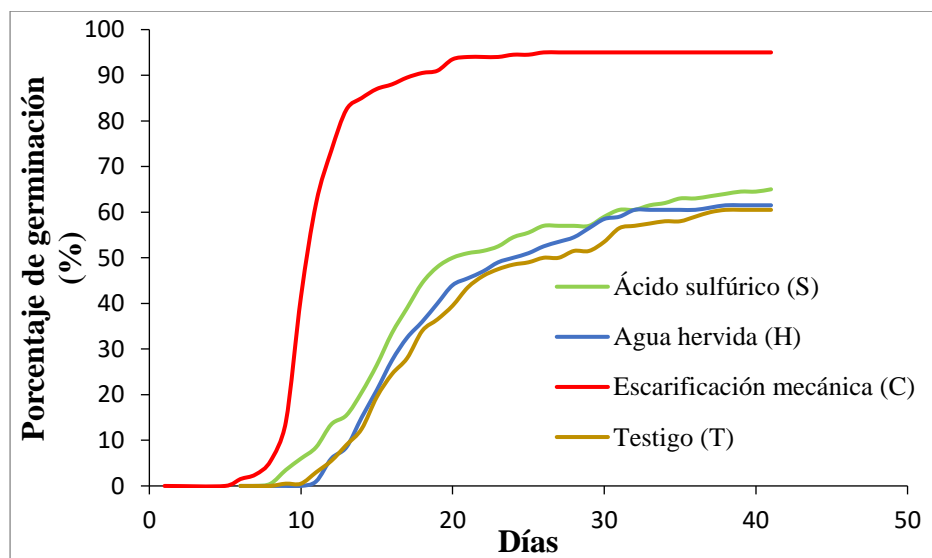
Tratamientos	Medias (%)
Agua hervida (H)	63 b
Escarificación mecánica (C)	95 a
Testigo (T)	63 b
Media	71,5

Nota. Los tratamientos que presentan letras iguales no son significativos según la prueba de tukey al 95% de probabilidad.

La Figura 5 revela que el tratamiento de escarificación mecánica fue el más eficaz, logrando una germinación del 80% entre el día 5 y 10, y posteriormente incrementando de manera gradual hasta alcanzar un 86,6% en el día 15 y un 95% en el día 41. En contraste, los tratamientos pre germinativos de ácido sulfúrico, agua hervida y testigo, presentaron una germinación notablemente inferior, con un 9% entre el día 5 y 10, y una germinación final (día 41) de 66% en ácido sulfúrico y de 63% en agua hervida y testigo.

Figura 5

Germinación de V. macracantha con tratamientos pre germinativos en Chota, Perú



Nota. La figura presenta las curvas de germinación de los tratamientos pre germinativos en diferentes intervalos de tiempo, hasta el día 41.

4.1.2 Velocidad de germinación

El análisis de varianza para la variable velocidad de germinación reveló significancia estadística al 95% de probabilidad según la prueba de F, con un coeficiente de variación (CV%) de 14,86%. Según los criterios establecidos por Rustom (2012), este valor indica una uniformidad moderada en los datos.

Tabla 7

Prueba de Tukey para la variable porcentaje de germinación

Fuentes de variación	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamientos	3	5,89	1,96	59,61*	0,0001
Error	12	0,4	0,03		
CV (%)			14,86		

Nota. *Significativo al nivel de 95 % de probabilidad según la prueba de F.

La prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) reveló que, en la variable velocidad de germinación, el tratamiento de escarificación mecánica (C) fue significativamente más eficiente que los tratamientos de ácido sulfúrico (S), agua hervida (H) y testigo (T), los cuales presentaron medias estadísticamente similares (Tabla 8).

Tabla 8*Prueba de Tukey para la variable velocidad de germinación*

Tratamientos	Medias (Semillas/día)
Ácido sulfúrico (S)	0,87 b
Agua hervida (H)	0,88 b
Escarificación mecánica (C)	2,27 a
Testigo (T)	0,86 b
Media	1,22

Nota. Los tratamientos con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de tukey al 95% de probabilidad.

4.1.3 Índice de germinación

Según la prueba de F, el análisis de varianza en la variable de índice de germinación, no presentó significancia a un 95 % de probabilidad. El coeficiente de variación (CV%) fue de 16 %, basándose en los valores propuestos por Rustom (2012) se concluye que los datos presentaron una uniformidad moderada.

Tabla 9*Análisis de varianza para la variable índice de germinación*

Fuentes de variación	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamientos	3	1,74	0,58	0,18 ^{NS}	0,906
Error	12	37,99	3,17		
CV (%)				16	

Nota. ^{NS} No significativo al nivel de 95 % de probabilidad según la prueba de F.

La prueba de Tukey al 95% de probabilidad en la variable de índice de germinación, indicó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los cuatro tratamientos pre germinativos: ácido

sulfúrico (S), agua hervida (H), escarificación mecánica (S) y testigo (T), los cuales presentaron una media de 11,12.

Tabla 10

Prueba de Tukey para la variable índice de germinación

Tratamientos (T)	Medias
Ácido sulfúrico (S)	10,865 a
Agua hervida (H)	11,03 a
Escarificación mecánica (C)	10,92 a
Testigo (T)	11,69 a
Promedio	11,12

Nota. Tratamientos con letras iguales no presentan diferencias significativas, según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

4.2 Contrastación de hipótesis

El experimento reveló que los tratamientos pre germinativos influyen en la germinación de las semillas de *V. macracantha*. El tratamiento de escarificación mecánica fue más eficiente en la variable de porcentaje de germinación y velocidad de germinación, en tanto los tratamientos de ácido sulfúrico, agua hervida y testigo fueron menos eficientes y no presentaron diferencias estadísticas. En la variable de índice de germinación, los cuatro tratamientos: escarificación mecánica, ácido sulfúrico, agua hervida, y testigo, no presentaron diferencias estadísticas. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Ha1: Los tratamientos pre germinativos influyen en la germinación de semillas de *Vachelia macracantha* en el distrito de Chota, Cajamarca.

4.3 Discusión de resultados del experimento en tratamientos pre germinativos

4.3.1 Porcentaje de germinación

La escarificación mecánica (C) alcanzó un 95% de germinación, estos resultados son similares a los obtenidos por Missanjo et al. (2014), quienes lograron un 100% de germinación en semillas de *Acacia polyacantha* mediante un corte con tijera de podar. Estos hallazgos también coinciden con los de Atencio et al. (2003), quienes reportaron un 92% de germinación utilizando escarificación con lija N°80. Esto sugiere que las fisuras realizadas en la semilla facilitan la absorción de agua y permiten la activación fisiológica de la semilla, como lo indican Martins et al. (2008).

El tratamiento de ácido sulfúrico al 98% de concentración alcanzó un 66% de germinación (Tabla 6), lo que difiere los hallazgos de Hernández de Bernal et al. (2011), quienes encontraron que el ácido sulfúrico al 50% de concentración y una inmersión de 12 minutos logra germinar un 95 %, de igual manera Paulo et al. (2016), encontraron que con el ácido sulfúrico logra germinar el 98 % de semillas de la especie *Vachellia Macracantha*, al igual que Olatunji et al. (2012) concluyen que las semillas expuestas por 10 minutos a ácido sulfúrico logra germinar un 96 %. Lo que influyó en los resultados, puede ser la temperatura de lugar del experimento de germinación (17,5 °C), las investigaciones antes mencionadas se realizaron en una temperatura mayor a 26°C, esto se corrobora con lo mencionado por Atencio et al. (2003), quienes mencionan que los bajos porcentajes de germinación son atribuidos a las variaciones de temperatura en el medio de germinación. Además, el tiempo de exposición de las semillas al ácido sulfúrico, que en este caso fue de 18 minutos, también podría haber influenciado, ya que un tiempo prolongado de exposición puede causar un efecto tóxico y reducir la tasa de germinación (Atencio et al., 2003).

El tratamiento de agua hervida (H) a 76 °C, con semillas sumergidas por 20 minutos, alcanzó un 63% de germinación, sin diferencias estadísticas significativas con respecto al testigo (63%) (Tabla 6). Estos resultados difieren de los reportados por Rivas Medina et al. (2005), quienes encontraron que el tratamiento de agua hervida a 80-100 °C por 20 minutos logra un 17% de germinación en semillas de *Prosopis juliflora* y un 50% en semillas de *Vachellia farnesiana*. Esta variabilidad en los resultados puede atribuirse a las características propias de cada especie, como sugieren Atencio et al. (2003). De manera similar, los resultados de Villarreal et al. (2013) en *Prosopis juliflora* y *Vachellia farnesiana*, utilizando agua hervida a 80 °C por 15 minutos, mostraron tasas de germinación de 23% y 10,33%, respectivamente.

4.3.2 Velocidad de germinación

En la variable de velocidad de germinación la escarificación mecánica (c), fue la más eficiente con una velocidad de 2,27 (semillas/día) (tabla 8). Estos resultados son diferentes a los reportados por Mmolutsi et al., (2020), quienes encontraron que el tratamiento de mellado presentó una velocidad de 0,97. Según Thangjam & Sahoo (2017), el entorno en que se realiza la germinación, hace que la semilla evolucione de diferentes formas; probablemente ello influenció en los resultados obtenidos de la variable de velocidad de germinación.

Los tratamientos de ácido sulfúrico (S), agua hervida (H) y Testigo (T) fueron menos eficientes (tabla 8), en comparación con el tratamiento de escarificación mecánica (C) (2,27). Diversos estudios afirman que las semillas de las leguminosas presentan latencia e impide la imbibición de agua de la semilla y a la vez de oxígeno (Zetta et al., 2017). En la escarificación física genera fisuras en la semilla que permite el ingreso de agua y oxígeno, en consecuencia se genera la

activación enzimática e hidrólisis y la elongación celular que permite una rápida germinación y uniforme (Fernández et al., 2016). El bajo rendimiento del ácido sulfúrico, se debe probablemente a lo determinado por Tian et al. (2002); mencionan que los compuestos que contienen ácidos pueden impedir la permeabilización de las semillas, limitando la oxigenación y la expansión embrionaria.

4.3.3 Índice de germinación

No se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos pre germinativos en esta variable (Tabla 10). Esto se debe a que la velocidad de germinación está influenciada por el número de días después de la siembra (Figura 3), y el experimento tuvo una duración de 41 días. Lo que provocó que el índice de germinación no mostrara diferencias estadísticas significativas. la escarificación mecánica (C) mostró el mejor resultado en porcentaje de germinación y velocidad de germinación; pero fue inferior en el índice de germinación en comparación a los tratamientos de agua hervida (H) y testigo (T).

La escarificación mecánica (C) alcanzó un índice de germinación de 9,33 (Tabla 10), lo que coincide con los resultados reportados por Iroko et al. (2021), en semillas de *Faidherbia albida* obtuvieron un índice de germinación de 9,33. De igual forma, nuestros resultados son similares a los de Thangjam & Sahoo (2017), quienes encontraron un índice de germinación de 9,1 en la especie de *Parkia timoriana*. Sin embargo, no concuerdan con los resultados de Samia & Nahed (2018), quienes reportaron un índice de germinación significativamente mayor de 21,2. Estas discrepancias pueden deberse a las diferencias en la morfología, anatomía y factores ambientales que influyen en la germinación exitosa de las semillas (Orwa et al., 2009).

El tratamiento de ácido sulfúrico (S), que consistió en sumergir las semillas durante 18 minutos, alcanzó un índice de germinación de 10,8. Estos resultados son similares a los reportados por Samia & Nahed (2018), quienes encontraron que la exposición de semillas de leguminosas al ácido sulfúrico durante 30 minutos generó una velocidad de germinación de 9,8. Sin embargo, el tiempo de exposición no parece tener un impacto significativo en la germinación, ya que la misma fuente menciona que la exposición durante 60 minutos solo alcanzó una velocidad de 7,9. La latencia de las semillas está influenciada por factores como el contenido de oxígeno, la deshidratación y la temperatura a la que son expuestas, como lo mencionan Samia & Nahed (2018).

Los tratamientos de agua hervida (H) y testigo (T) alcanzaron un índice de germinación de 11,03 y 11,6, respectivamente. Sin embargo, los resultados del tratamiento de agua hervida difieren significativamente de los reportados por Thangjam & Sahoo (2017), quienes encontraron un índice de germinación de 15,8 al sumergir semillas de *Parkia timoriana* en agua hervida durante 10 minutos. Asimismo, nuestros resultados son considerablemente menores que los obtenidos por Samia & Nahed (2018), quienes reportaron una velocidad de germinación de 29,8 con el mismo tratamiento. La presencia de compuestos químicos en forma de grasa o aceite en las semillas puede impedir la imbibición y afectar la germinación (Amoakoh et al., 2017). Por lo tanto, se puede inferir que el tratamiento de agua hervida no fue eficaz en inhibir la absorción de agua por la semilla. Además, la temperatura del medio de estudio (18 °C) puede haber influido en los resultados, ya que en temperaturas elevadas las reacciones químicas en la semilla se aceleran, lo que puede provocar una germinación más rápida (Carvalho & Nakagawa, 2012).

4.4 Descripción de resultados del experimento en sustratos

4.4.1 Porcentaje de supervivencia de plántulas

Según la prueba de Kruskal Wallis, los datos no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p>0.05$). Los cinco sustratos evidenciaron un coeficiente de variación con valores de 9,4 hasta 30,9 (tabla 11); basándose en lo propuesto por Rustom (2012) presentaron una uniformidad moderada. El porcentaje de supervivencia en los cinco sustratos disminuyó considerablemente en el día 3,9 y 6,0, posteriormente se estabilizó (Tabla 11). Finalmente, en el día 6,8, se registraron los siguientes porcentajes de supervivencia: S1: 69,3%, S2: 76%, S3: 89,3%, S4: 84%, S5: 78,7%.

Tabla 11

Prueba de Kruskal Wallis para la variable porcentaje de supervivencia

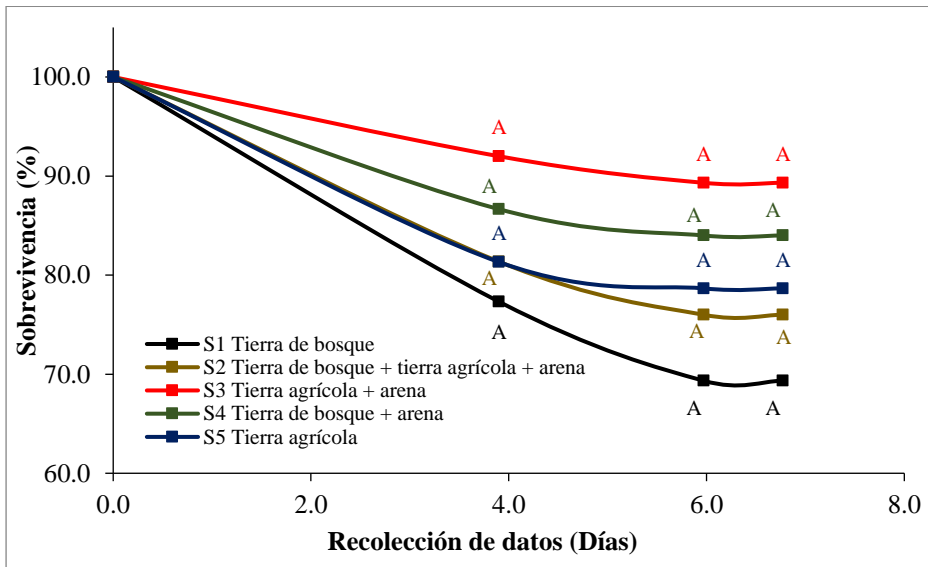
Recolección de datos (Día)	Tratamientos	Mín	Media	Máx	D.E.	C.V (%)	Kruskal Wallis
3,9	Tierra de bosque (S1)	60,0	77,3	93,3	15,3	19,8	a
3,9	Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	66,7	81,4	86,7	8,7	10,7	a
3,9	Tierra agrícola + arena (S3)	80,0	92	100	8,7	9,4	a
3,9	Tierra de bosque + arena (S4)	66,7	86,7	93,3	11,5	13,3	a
3,9	Tierra agrícola (S5)	53,3	81,3	93,3	16,6	20,4	a
6,0	Tierra de bosque (S1)	40	69,3	93,3	21,4	30,9	a
6,0	Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	53,3	76	86,7	13,9	18,2	a
6,0	Tierra agrícola + arena (S3)	80	89,3	100	8,9	10	a
6,0	Tierra de bosque + arena (S4)	66,7	84	93,3	11,1	13,3	a
6,0	Tierra agrícola (S5)	40	78,7	93,3	22,3	28,4	a
6,8	Tierra de bosque (S1)	40	69,3	93,3	21,4	30,9	a
6,8	Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	53,3	76	86,7	13,9	18,2	a
6,8	Tierra agrícola + arena (S3)	80	89,3	100	8,9	10	a
6,8	Tierra de bosque + arena (S4)	66,7	84	93,3	11,1	13,3	a
6,8	Tierra agrícola (S5)	40	78,7	93,3	22,3	28,4	a
Promedio general		59,11	80,8	93,3	14,4	18,3	

Nota. Los valores de recolección de datos representan los días 15/7/2023 (2,9), 15/9/2023(6,0) y 09/10/2023 (6,8). Los tratamientos con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de tukey al 95% de probabilidad.

La figura 6 muestra las líneas de tendencia de porcentaje de supervivencia de los cinco sustratos: S1: Tierra de bosque, S2: Tierra de bosque + tierra agrícola + arena, S3: Tierra agrícola + arena, S4: Tierra de bosque + arena, S5: Tierra agrícola. Según la descripción, las líneas de tendencia para todos los sustratos son descendentes con el tiempo, lo que sugiere que la supervivencia disminuyó con el tiempo. Sin embargo, el sustrato S3 (tierra agrícola + arena) presentó un valor más alto de supervivencia en comparación con los otros.

Figura 6

Porcentaje de supervivencia de plántulas durante el período de estudio



Nota. Los valores de recolección de datos representan los días 15/7/2023 (3,9), 15/9/2023 (6,0), y 09/10/2023 (6,8). Los tratamientos con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de tukey al 95% de probabilidad.

4.4.2 Número de hojas

La prueba de Kruskal-Wallis no reveló diferencias estadísticas significativas en la variable número de hojas. Sin embargo, el coeficiente de variación propuesto por Rustom (2012) mostró una gran

homogeneidad en el sustrato S1 en el día 0,0, y en el sustrato S2 en los días 0,0 y 6,0 (Tabla 12). Las medias de los cinco sustratos en el día 0,0 presentaron un promedio de 11,80. Posteriormente, en el día 3,9, se observaron valores bajos con una media de 3,66, pero luego aumentaron progresivamente hasta alcanzar una media de 11,86 en el día 6,8.

Tabla 12

Prueba de Kruskal Wallis para la variable número de hojas

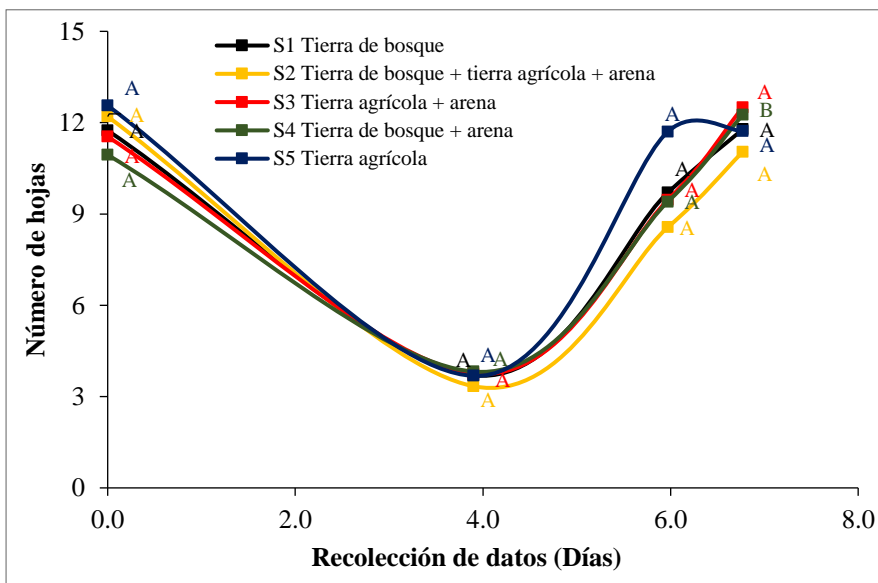
Recolección de datos (Día)	Tratamientos	Mín	Media	Máx	D.E.	C.V (%)	Kruskal Wallis
0,0	Tierra de bosque (S1)	11,1	11,74	12,3	0,48	4,07	a
0,0	Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	11,7	12,2	12,9	0,5	4,1	a
0,0	Tierra agrícola + arena (S3)	10,8	11,54	12,5	0,67	5,77	a
0,0	Tierra de bosque + arena (S4)	10	10,94	12	0,84	7,64	a
0,0	Tierra agrícola (S5)	10,2	12,56	17	2,63	20,93	a
3,9	Tierra de bosque (S1)	3,3	3,7	4,4	0,44	11,78	a
3,9	Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	2,9	3,34	3,8	0,42	12,45	a
3,9	Tierra agrícola + arena (S3)	3,1	3,76	4,7	0,63	16,78	a
3,9	Tierra de bosque + arena (S4)	3,3	3,82	4,4	0,48	12,61	a
3,9	Tierra agrícola (S5)	2,7	3,68	4,8	0,88	23,95	a
6,0	Tierra de bosque (S1)	8	9,7	11,3	1,56	16,05	a
6,0	Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	8	8,56	8,8	0,34	3,93	a
6,0	Tierra agrícola + arena (S3)	7,9	9,46	12,4	1,76	18,56	a
6,0	Tierra de bosque + arena (S4)	8,1	9,4	11,1	1,2	12,81	a
6,0	Tierra agrícola (S5)	8,7	11,7	19,3	4,32	36,93	a
6,8	Tierra de bosque (S1)	10,5	11,78	13,1	1,11	9,4	a
6,8	Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	10,2	11,04	12	0,86	7,81	a
6,8	Tierra agrícola + arena (S3)	11,5	12,5	13,4	0,88	7,04	a
6,8	Tierra de bosque + arena (S4)	9,2	12,26	13,9	1,82	14,84	a
6,8	Tierra agrícola (S5)	10,8	11,72	12,4	0,68	5,77	a
Promedio general		8,1	9,27	10,82	1,13	12,7	

Nota. Los valores de recolección de datos representan los días 20/03/2023 (0,0), 15/7/2023 (3,9), 15/9/2023 (6,0) y 09/10/2023 (6,8). Los tratamientos con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de tukey al 95% de probabilidad.

La figura 7 muestra las líneas de tendencia de los cinco sustratos: S1: Tierra de bosque, S2: Tierra de bosque + tierra agrícola + arena, S3: Tierra agrícola + arena, S4: Tierra de bosque + arena, S5: Tierra agrícola, desde el día (27/02/23) de repique hasta en el día 3,9 disminuyeron aceleradamente, posteriormente fueron recuperando: En el día 6,8 los datos mostraron una tendencia similar al primer día de recolección.

Figura 7

Evolución de la variable de número de hojas entre el 15/7/2023 y el 09/10/2023



Nota. Los valores de recolección de datos representan los días 15/7/2023 (3,9), 15/9/2023 (6,0) y 09/10/2023 (6,8). Los tratamientos con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de tukey al 95% de probabilidad.

4.4.3 Diámetro de tallo

Según la prueba de Kruskal Wallis solo en el día 6,8 los sustratos S1, S3 y S4 presentaron diferencias estadísticas ($p < 0,05$), con valores de diámetro de tallo de 2,60 mm, 2,56 mm y 2,34 mm respectivamente (tabla 13). El coeficiente de variación en los días 0,0 y 3,9, los sustratos S1,

S2, y S5 presentaron gran homogeneidad (Rustom, 2012). En los siguientes días de recolección de datos los sustratos presentaron una homogeneidad moderada (Rustom, 2012).

Tabla 13

Prueba de Kruskal Wallis para la variable; diámetro de tallo

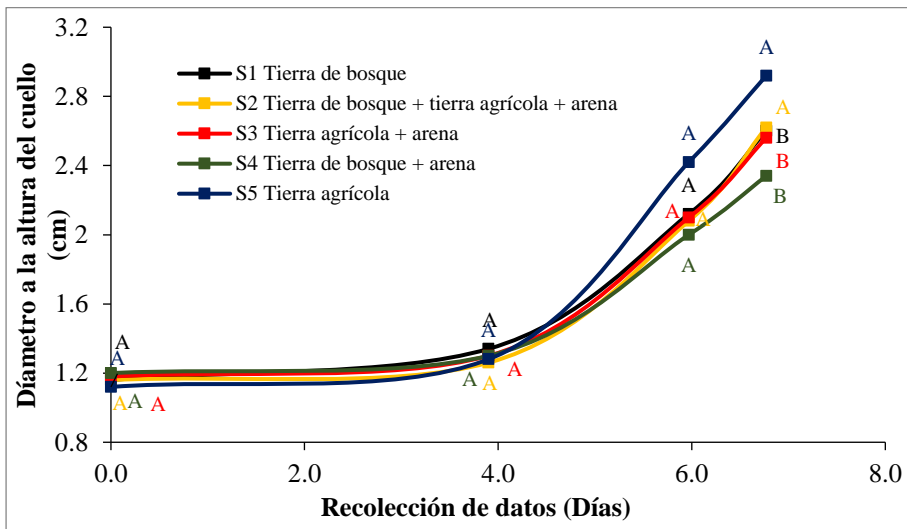
Recolección de datos (Día)	Tratamientos	Mín	Media	Máx	D.E.	C.V (%)	Kruskal Wallis
0,0	Tierra de bosque (S1)	1,1	1,16	1,2	0,05	4,72	a
0,0	Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	1,1	1,16	1,2	0,05	4,72	a
0,0	Tierra agrícola + arena (S3)	1,1	1,18	1,3	0,08	7,09	a
0,0	Tierra de bosque + arena (S4)	1,1	1,2	1,4	0,12	10,21	a
0,0	Tierra agrícola (S5)	1,1	1,12	1,2	0,04	3,99	a
3,9	Tierra de bosque (S1)	1,3	1,34	1,4	0,05	4,09	a
3,9	Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	1,2	1,26	1,3	0,05	4,35	a
3,9	Tierra agrícola + arena (S3)	1,2	1,3	1,4	0,1	7,69	a
3,9	Tierra de bosque + arena (S4)	1,2	1,3	1,4	0,07	5,44	a
3,9	Tierra agrícola (S5)	1,2	1,28	1,4	0,08	6,54	a
6,0	Tierra de bosque (S1)	1,9	2,12	2,4	0,19	9,07	a
6,0	Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	1,9	2,08	2,3	0,15	7,13	a
6,0	Tierra agrícola + arena (S3)	1,9	2,1	2,3	0,16	7,53	a
6,0	Tierra de bosque + arena (S4)	1,7	2	2,1	0,17	8,66	a
6,0	Tierra agrícola (S5)	2,2	2,42	2,7	0,18	7,39	a
6,8	Tierra de bosque (S1)	2,3	2,6	2,8	0,19	7,34	b
6,8	Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	2,2	2,62	3	0,29	11,21	a
6,8	Tierra agrícola + arena (S3)	2,3	2,56	2,7	0,15	5,92	b
6,8	Tierra de bosque + arena (S4)	1,9	2,34	2,6	0,26	11,14	b
6,8	Tierra agrícola (S5)	2,6	2,92	3,2	0,26	8,86	a
Promedio general		1,62	1,8	1,96	0,13	7,15	

Nota. Los valores de recolección de datos representan los días 20/03/2023 (0,0), 15/7/2023 (3,9), 15/9/2023 (6,0) y 09/10/2023 (6,8). Los tratamientos con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de tukey al 95% de probabilidad.

En la figura 8 se muestran las líneas de tendencia de los cinco sustratos: S1: Tierra de bosque, S2: Tierra de bosque + tierra agrícola + arena, S3: Tierra agrícola + arena, S4: Tierra de bosque + arena, S5: Tierra agrícola. Se observa que todos los sustratos presentan una tendencia ascendente. Durante el período inicial (día 0,0 a 3,9), la tendencia muestra un crecimiento moderado, seguido de un rápido crecimiento hasta el último día de recolección de datos (6,8).

Figura 8

Tendencias de la variable de diámetro de tallo en el periodo de estudio



Nota. Los valores de recolección de datos representan los días 15/7/2023 (3,9), 15/9/2023 (6,0) y 09/10/2023 (6,8). Los tratamientos con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de tukey al 95% de probabilidad.

4.4.4 Altura de planta

La prueba de Kruskal Wallis reveló diferencias estadísticas significativas en los días 6,6 y 6,8 (Tabla 14). En el día 6,6, el sustrato S5 mostró una mayor eficiencia con una media de 13,3 cm, mientras que los sustratos S1, S2, S3 y S4 presentaron medias estadísticamente iguales de 12,2

cm, 12,6 cm, 12,7 cm y 11,8 cm, respectivamente. En el día 6,8, el sustrato S5 fue superior con una media de 1,9 cm, mientras que los sustratos S1, S2, S3 y S4 presentaron medias de 16,1 cm, 18,3 cm, 16,7 cm y 15,7 cm, respectivamente. En los días 0,0 y 3,9, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los sustratos (Tabla 14). La tabla también muestra que los cinco sustratos presentaron una homogeneidad moderada en los cuatro días de recolección de recolección de datos (Rustom, 2012). Sin embargo, los sustratos S2 y S3 presentaron un coeficiente de variación menor a 5% en los días 0,0, 3,9 y 6,8, lo que indica una gran homogeneidad según los criterios propuestos por Rustom (2012).

Tabla 14

Prueba de Kruskal Wallis para la variable; altura de planta

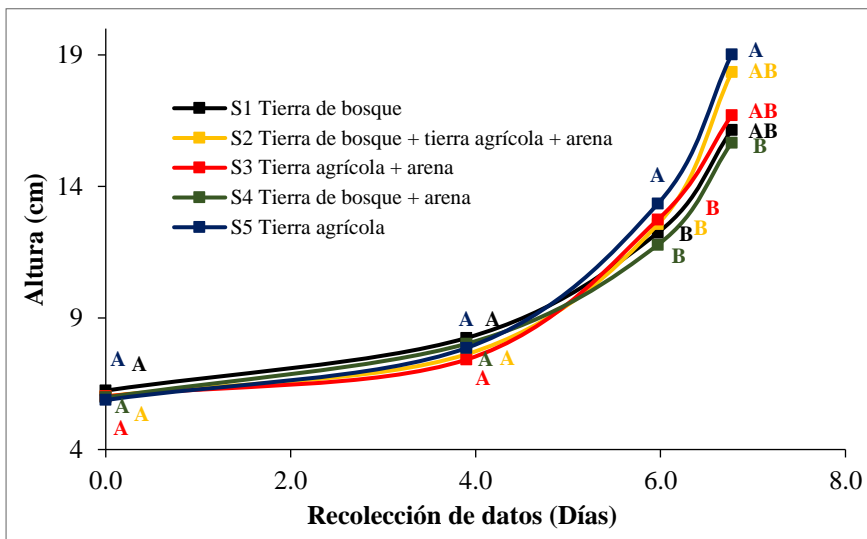
Recolección de datos (Día)	Tratamientos	Mín	Media	Máx	D.E.	C.V (%)	Kruskal Wallis
0,0	Tierra de bosque (S1)	5,7	6,2	7,1	0,6	8,9	a
0,0	Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	5,6	6	6,3	0,3	4,6	a
0,0	Tierra agrícola + arena (S3)	5,5	6	6,9	0,5	8,9	a
0,0	Tierra de bosque + arena (S4)	5,2	6	6,5	0,5	8,4	a
0,0	Tierra agrícola (S5)	5,4	5,9	6,6	0,5	7,8	a
3,9	Tierra de bosque (S1)	7,7	8,2	9	0,6	7,4	a
3,9	Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	7,2	7,6	7,8	0,3	3,3	a
3,9	Tierra agrícola + arena (S3)	7,1	7,4	7,7	0,2	3,2	a
3,9	Tierra de bosque + arena (S4)	7,5	8	8,6	0,4	5,4	a
3,9	Tierra agrícola (S5)	6,3	7,9	9,2	1,2	15,6	a
6,0	Tierra de bosque (S1)	10,9	12,2	13,2	0,9	7,6	b
6,0	Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	10,2	12,6	13,6	1,4	11,1	b
6,0	Tierra agrícola + arena (S3)	11,9	12,7	13,6	0,8	6,3	b
6,0	Tierra de bosque + arena (S4)	9,8	11,8	12,6	1,2	10	b
6,0	Tierra agrícola (S5)	10,8	13,3	16,2	2,1	15,4	a
6,8	Tierra de bosque (S1)	14,2	16,1	18,3	1,8	11,3	ab
6,8	Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	17,7	18,3	19,8	0,9	4,6	ab
6,8	Tierra agrícola + arena (S3)	16	16,7	17,3	0,5	2,8	ab
6,8	Tierra de bosque + arena (S4)	12	15,7	17,6	2,4	15,2	b
6,8	Tierra agrícola (S5)	16,5	19	22,1	2	10,6	a
Promedio general		9,66	10,88	12	0,955	8,42	

Nota. Los valores de recolección de datos representan los días 20/03/2023 (0,0), 15/7/2023 (3,9), 15/9/2023 (6,0) y 09/10/2023 (6,8). Los tratamientos con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de tukey al 95% de probabilidad.

La figura 9 presenta las líneas de tendencia de los cinco sustratos evaluados: S1: Tierra de bosque, S2: Tierra de bosque + tierra agrícola + arena, S3: Tierra agrícola + arena, S4: Tierra de bosque + arena, S5: Tierra agrícola. Se observa que, desde el día del repique (27/02/23) hasta el día 3,9, el crecimiento fue moderado. Posteriormente, se registró un crecimiento acelerado hasta la última fecha de recolección de datos. Los resultados indican que el sustrato más eficiente fue S5, mientras que el menos eficiente fue S4.

Figura 9

Evolución de la variable de altura de planta entre el 15/7/2023 y el 09/10/2023



Nota. Los valores de recolección de datos representan los días 15/7/2023 (3,9), 15/9/2023 (6,0) y 09/10/2023 (6,8). Los tratamientos con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de tukey al 95% de probabilidad.

Tabla 15

Cálculo de índices de crecimiento y calidad de planta en la especie V. macracantha

Tratamientos	Repetición	Promedio							
		Masa seca de la parte aérea (g)	Masa seca de la raíz (g)	Masa total (g)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Proporción altura/raíz	Índice de robustez	Índice de calidad de Dickson
Tierra de bosque (S1)	1	3,66	1,3	4,96	14,36	2,68	2,81	5,35	0,61
Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	1	3,68	1,45	5,12	17,54	2,77	2,54	6,33	0,58
Tierra agrícola + arena (S3)	1	3,23	2,49	5,72	16,3	2,6	1,3	6,28	0,75
Tierra de bosque + arena (S4)	1	2,59	1,47	4,06	18,33	2,66	1,76	6,89	0,47
Tierra agrícola (S5)	1	3,48	1,37	4,85	14,17	2,31	2,54	6,13	0,56
Tierra de bosque (S1)	2	4,03	1,46	5,49	18,3	2,22	2,76	8,24	0,5
Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	2	4,87	1,37	6,24	17,67	2,59	3,55	6,83	0,6
Tierra agrícola + arena (S3)	2	4,77	1,95	6,71	18,09	2,54	2,45	7,13	0,7
Tierra de bosque + arena (S4)	2	3,91	1,87	5,78	19,75	2,68	2,09	7,36	0,61
Tierra agrícola (S5)	2	3,97	1,71	5,68	17,77	2,95	2,32	6,01	0,68
Tierra de bosque (S1)	3	3,41	1,6	5,01	16,7	2,56	2,13	6,51	0,58
Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena S2	3	4,25	1,73	5,98	16,71	2,65	2,45	6,3	0,68
Tierra agrícola + arena (S3)	3	4,97	1,84	6,8	17,29	2,6	2,71	6,64	0,73
Tierra de bosque + arena (S4)	3	2,75	1,04	3,79	16,83	2,33	2,64	7,22	0,38
Tierra agrícola (S5)	3	4,16	1,73	5,89	16	2,59	2,41	6,18	0,69
Tierra de bosque (S1)	4	2,16	1,14	3,3	14,57	2,4	1,89	6,08	0,41
Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	4	3,37	1	4,37	17,54	2,64	3,39	6,64	0,44
Tierra agrícola + arena S3	4	3,61	1,4	5,01	16,64	2,44	2,58	6,83	0,53
Tierra de bosque + arena (S4)	4	3,4	1,47	4,87	17,58	2,4	2,31	7,32	0,51
Tierra agrícola (S5)	4	5,47	1,94	7,41	12	1,91	2,82	6,27	0,81
Tierra de bosque (S1)	5	3,24	1,27	4,51	19	2,63	2,55	7,22	0,46
Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	5	4,8	1,84	6,64	16,54	3,05	2,61	5,42	0,83
Tierra agrícola + arena (S3)	5	4,53	1,91	6,43	19,08	3,18	2,38	6	0,77
Tierra de bosque + arena (S4)	5	2,86	1,18	4,04	22,14	3,03	2,43	7,31	0,41
Tierra agrícola (S5)	5	3,195	1,085	4,28	18,4	2,7	2,94	6,79	0,44

Nota. El promedio se determinó de la tabla 20. Cálculos de variables: Proporción altura/raíz: Peso seco parte aérea (g)/Peso seco de la raíz (g). Índice de robustez: Altura (cm)/Diámetro de tallo (mm). Índice de calidad de Dickson: Masa total/ Proporción altura/raíz + Índice de robustez.

4.4.5 Índice de robustez

En cuanto al Índice de robustez, los sustratos S4 y S5 mostraron un coeficiente de variación menor al 5% (Tabla 16), lo que indica una gran homogeneidad según los criterios propuestos por Rustom (2012). Por otro lado, los sustratos S1, S2 y S3 presentaron coeficientes de variación de 16,54%, 8,59% y 6,78%, respectivamente, lo que sugiere una homogeneidad moderada (Rustom, 2012). La prueba de Kruskal Wallis reveló que los sustratos S1 y S4 fueron estadísticamente superiores, con medias de 6,8 y 7,22, respectivamente (Tabla 16).

Tabla 16

Prueba de Kruskal Wallis para la variable; índice de robustez. Altura (cm)/Diámetro de tallo (mm)

Tratamientos	Mín	Media	Máx	D.E.	C.V (%)	Kruskal Wallis
Tierra de bosque (S1)	5,35	6,68	8,24	1,1	16,54	Ab
Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	5,42	6,3	6,83	0,54	8,59	B
Tierra agrícola + arena (S3)	6	6,58	7,13	0,45	6,78	B
Tierra de bosque + arena (S4)	6,89	7,22	7,36	0,19	2,65	Ab
Tierra agrícola (S5)	6,01	6,28	6,79	0,3	4,82	B
Promedio general	7,93	6,61	7,27	0,52	7,88	

Nota. Los tratamientos con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de tukey al 95% de probabilidad.

4.4.6 Proporción altura/raíz

La prueba de Kruskal Wallis no reveló diferencias estadísticas significativas en la variable proporción altura/raíz. Los cinco sustratos presentaron una media común de 2,5 g (Tabla 17). Además, el coeficiente de variación osciló entre 10,19% y 24,86% (Tabla 17), lo que indica una homogeneidad moderada según los criterios propuestos por Rustom (2012).

Tabla 17

Prueba de Tukey para la variable; proporción altura/raíz. Peso seco parte aérea (g)/Peso seco de la raíz (g)

Tratamientos	Mín	Media	Máx	D.E	C.V (%)	Kruskal Wallis
Tierra de bosque (S1)	1,89	2,43	2,81	0,4	16,59	A
Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	2,45	2,91	3,55	0,52	17,86	A
Tierra agrícola + arena (S3)	1,3	2,28	2,71	0,56	24,71	A
Tierra de bosque + arena (S4)	1,76	2,25	2,64	0,34	15	A
Tierra agrícola (S5)	2,32	2,61	2,94	0,27	10,19	A
Promedio general	1,94	2,5	2,93	0,42	16,87	

Nota. Los tratamientos con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de tukey al 95% de probabilidad.

4.4.7 Índice de calidad de Dickson

La prueba de Kruskal Wallis no reveló diferencias estadísticas significativas en la variable Índice de calidad de Dickson entre los cinco sustratos, los cuales presentaron un promedio general de 0,59 (Tabla 18). Los valores del coeficiente de variación son de 13, 84% a 22,86%, los cuales muestran una homogeneidad moderada (Rustom, 2012).

Tabla 18

Prueba de Kruskal Wallis para la variable; índice de calidad de Dickson

Tratamientos	Mín	Media	Máx	D.E.	C.V (%)	Kruska l Wallis
Tierra de bosque (S1)	0,41	0,51	0,61	0,08	16,19	A
Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	0,44	0,63	0,83	0,14	22,86	A
Tierra agrícola + arena (S3)	0,53	0,7	0,77	0,1	13,84	A
Tierra de bosque + arena (S4)	0,38	0,48	0,61	0,09	19	A
Tierra agrícola (S5)	0,44	0,64	0,81	0,14	22,14	A
Promedio general	0,44	0,59	0,73	0,11	18,1	

Nota. Los tratamientos con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de tukey al 95% de probabilidad.

4.5 Contrastación de hipótesis

El experimento realizado evidenció que los sustratos S1, S2, S3, S4 y S5 (figura 3) influyen en el crecimiento y desarrollo del estadio plántula. Algunas variables como la altura, diámetro de tallo y el índice de robustez presentaron diferencias estadísticas significativas. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Ha2: Los sustratos influyen significativamente en el crecimiento y desarrollo del estadio plántula de *Vachelia macracantha* en el distrito de Chota, Cajamarca.

4.6 Discusión de resultados del experimento en sustratos

4.6.1 Supervivencia de plántulas

Los sustratos no presentaron diferencias estadísticas significativas. Esto puede deberse a que las fabáceas presentan simbiosis y tienen la capacidad de fijar nitrógeno (Bedout-Mora et al., 2022). El análisis de suelos realizado por el Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA] (2023), reveló que el sustrato de tierra de bosque se distinguió por su alto contenido de materia orgánica y fósforo. Por otro lado, los demás sustratos presentan alta cantidad de carbonatos. Todos los sustratos tuvieron pH alcalino. Los resultados también revelaron la carencia de nitrógeno, ácido fosfórico, óxido de potasio y estiércol (figura 10), que pudo haber afectado los resultados. En este sentido, es relevante considerar las recomendaciones de nutrientes del INIA (tabla 18), que resaltan la necesidad de estos elementos para garantizar un crecimiento ideal de la especie.

El porcentaje de supervivencia de plántulas en los cinco sustratos varió entre 60% y 92% (Tabla 11), lo que coincide con los resultados reportados por Venier et al. (2013), quienes encontraron

que las especies de *A. aroma*, *A. caven*, *A. atramentaria*, *A. gilliesii* y *A. praecox* mostraron un porcentaje de supervivencia de 65% a 100% bajo diferentes condiciones de luz y disponibilidad de agua. Sin embargo, nuestros resultados difieren de los obtenidos por Mora et al. (2010), quienes reportaron un porcentaje de supervivencia de 87,3% a 81,8% en *A. saligna* sometida a dos medios áridos de crecimiento.

Según Mathers et al. (2007), las especies de leguminosas crecen óptimamente en suelos con porosidad superior al 50%. En el estudio, los sustratos presentaron diferentes clases texturales: S1, S2 y S4 (Arena franca), S3 (Franco arenoso) y S5 (Franco arcillo arenoso) (Figura 10). Aunque se esperaba que los sustratos de arena franca (S1, S2 y S4) mostraran los mejores resultados debido a su alta porosidad, solo alcanzaron un porcentaje de supervivencia de 69% a 84%. Sorprendentemente, el sustrato S3 (Franco arenoso) presentó el mayor porcentaje de supervivencia (92%). Esto sugiere que la textura del sustrato no es un factor determinante en la supervivencia de la especie estudiada.

Mascarini et al. (2012), destacan que la cantidad de agua en el sustrato es un factor determinante en el crecimiento de las plantas, ya que el exceso de agua en la rizosfera reduce la disponibilidad de oxígeno en las raíces y afecta la absorción de nutrientes. En este estudio, se encontró que el sustrato S3, con un 7,57% de agua disponible (Figura 10), presentó el mayor porcentaje de supervivencia (92%). Por otro lado, los sustratos S1, S2 y S4, con niveles de humedad menores al 6%, mostraron porcentajes de supervivencia inferiores a 89,3%. Por lo tanto, se puede concluir que el nivel de humedad óptimo para el crecimiento de la especie estudiada es de aproximadamente 7,57% de agua disponible.

El sustrato S1 presentó un pH neutro de 7,1 y una conductividad eléctrica baja de 41,70 mS/m, lo que indica un suelo libre de sales. Sin embargo, fue el sustrato con el menor porcentaje de supervivencia (60%), lo que sugiere que pudo haber provocado efectos tóxicos en la raíz, como menciona el INIA (2023). Por otro lado, los sustratos S2, S3, S4 y S5 mostraron valores de pH medianamente alcalinos, con valores de 8,1, 8,2, 8,2 y 8,0, respectivamente. Estos sustratos presentaron mejores porcentajes de supervivencia, lo que indica que la *V. macracanta* se desarrolla óptimamente en suelos medianamente alcalinos y con baja conductividad eléctrica (Tabla 11). Esto coincide con lo mencionado por Mathers et al. (2007), quienes destacan que el pH y la conductividad eléctrica influyen significativamente en el crecimiento radicular de las plantas.

4.6.2 Número de hojas

Los datos obtenidos del análisis estadístico para el número de hojas evidenciaron que no existen diferencias significativas entre los resultados con respecto a los distintos sustratos, presentaron valores entre 3,34 y 12,56 hojas. Sin embargo, en un estudio realizado por Reyes et al. (2018) en plantones de *Gmelina arborea* Roxb. Reportaron diferencias significativas para cada uno de los sustratos utilizados (tierra de monte, cascarilla de café, aserrín, cáscara de cacao, bagazo de caña y estiércol de ganado), obtuvieron valores entre 28,76 a 39,26, esto debido posiblemente a la combinación de los sustratos que utilizaron los autores. Asimismo, según Abanto et al. (2016) reportó valores de 5 y 13 hojas por plantón de capirona, dichos valores fueron similares a los reportados en el estudio.

En la Figura 9, se observa que las líneas de tendencia disminuyeron bruscamente el día 3,9 (15/7/2023), pero posteriormente se recuperaron, mostrando una tendencia similar a la del día 0,0

(20/03/2023) en el día 6,8 (09/10/2023). Este patrón puede atribuirse al exceso de agua en el sustrato, ya que el experimento se instaló durante la época de lluvia (27/02/23). Según Meloni et al. (2004), el crecimiento se ve limitado cuando existe un estrés elevado. Además, es posible que el estrés del repique también haya influido, considerando que la especie requiere un desarrollo radicular extenso.

4.6.3 Diámetro de tallo

En cuanto al diámetro del tallo, no se encontraron diferencias significativas entre los sustratos en los días 0,0, 3,9 y 6,0. Sin embargo, en el día 6,8 (09/10/23), los sustratos S1 (2,60 mm), S3 (2,56 mm) y S4 (2,34 mm) mostraron valores superiores en diámetro de tallo en comparación con los sustratos S2 (2,34 mm) y S5 (2,92 mm). Estos resultados difieren de los reportados por Domínguez & Espinosa, (2021), quienes obtuvieron valores entre 3,70 mm y 4,28 mm de diámetro en *Hymenaea courbaril* utilizando sustratos como tierra negra, peat moss, aserrín de mango y arena de río. De manera similar, Rodríguez et al. (2018) reportaron un diámetro de 3,2 mm en plántones de *Prosopis laevigata* cultivados en un sustrato compuesto por 60% turba de musgo, 20% agrolita y 20% vermiculita. Estos valores son superiores a los obtenidos en nuestro estudio, lo que sugiere que la ausencia de materia orgánica en descomposición en nuestros sustratos podría haber limitado el crecimiento de la especie (Tabla 18).

De manera similar, Vite (2018) obtuvo valores de diámetro entre 2,40 mm y 6,25 mm en plantas de faique, los cuales son similares a los reportados en nuestro estudio. Esto se debe a que el autor también estudió el mismo tipo de planta y el período de tiempo fue comparable. Además, Vite (2018) sugiere que las pequeñas diferencias en el crecimiento de los plántones pueden atribuirse a las diferentes combinaciones de sustratos utilizados.

4.6.4 Altura de planta

En cuanto a la altura de la planta, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los sustratos en los días 0,0 y 3,9 (Tabla 14), con valores que variaron entre 5,2 cm y 7,7 cm. Sin embargo, en el día 6,0, se observaron diferencias significativas entre los sustratos S1 (12,2 cm), S2 (12,6 cm), S3 (12,7 cm) y S4 (11,8 cm). Además, en el día 6,8, se evidenciaron diferencias entre los sustratos S1 (16,1 cm), S2 (18,3 cm) y S3 (16,7 cm) con respecto a S4 (15,7 cm) y S5 (19,0 cm).

Los resultados obtenidos en este estudio difieren de los reportados por Salto et al. (2016), quienes encontraron que el sustrato de corteza de pino compostada + perlita + vermiculita produjo plantas de *Prosopis alba* con una altura de 30,7 cm en 150 días. En contraste, nuestros resultados mostraron valores inferiores, lo que podría deberse a las diferencias en las características del sustrato. El sustrato utilizado por Salto et al. (2016) tenía un pH de 6,2 y una conductividad eléctrica de 33,2-54,2 mS/m, mientras que nuestros sustratos tenían un pH mayor a 7,1 y una conductividad eléctrica de 17,40-41,70 mS/m. Por otro lado, Moreno et al. (2014) reportaron alturas de 136 cm en plantones de *Acacia farnesiana* cultivados en un sustrato de vermicompost + arena (10:90), lo que supera nuestros resultados. Esto se debe probablemente a las diferencias en los atributos químicos, físicos y la concentración de compuestos orgánicos de los sustratos utilizados.

Además, Vite (2018) al determinar la altura de los plantones de faique obtuvo valores entre 24,93 cm y 58,78 cm los mismos que son superiores a los reportados en nuestro estudio, esto debido posiblemente a las combinaciones y componentes de los diferentes sustratos, ya que el autor utilizó

sustratos que facilitaban la retención de humedad y que contiene mayor cantidad de componentes orgánicos, los cuales ayudan a la obtención de plántulas de mejor calidad, desde el punto de vista morfológico permite proporcionar las condiciones apropiadas al cultivo para el crecimiento de sus raíces (Ortega Martínez et al., 2010).

4.6.5 Índice de robustez

En la variable de índice de robustez, los datos presentaron diferencias significativas (tabla 16) entre los sustratos S1 (6,68) y S4 (7,36), fueron superiores con respecto a los sustratos S2, S3 y S5 (tabla 15). De los sustratos S1 y S4 su clase textural fue arena franca y contenían potasio (K) de 335 ppm a 395 ppm, lo cual evidencia que el sustrato con esas características el valor del índice de robustez es mayor. Amaral de Melo et al. (2018) encontraron valores de índice de robustez hasta de 5,08, en plántulas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth, que fueron producidas en tubetes que contenían 280 cm³ de sustrato. Los resultados son similares a los reportados en el estudio; probablemente el tamaño de los contenedores influye en el índice de robustez. En el estudio se utilizó bolsas que contenían 6361.5 cm³ de sustrato. Por otro lado, Reyes et al. (2018) menciona que el índice de robustez debe ser bajo ya que lo contrario indica desbalance en el crecimiento de las plántulas. Además, menciona que dichos valores varían de acuerdo a cada especie y del tipo de sustrato utilizado. Asimismo, Domínguez y Espinoza (2021), reportaron valores 7,65 a 10,83 en plántulas de algarrobo (*Hymenaea courbaril*) siendo superiores a los reportados en nuestro estudio.

4.6.6 Proporción altura/raíz

Los datos obtenidos del análisis estadístico para la variable de proporción altura/raíz evidenciaron que no existen diferencias significativas entre los resultados en ninguno de los sustratos (tabla 17),

presentando valores homogéneos; siendo el sustrato S2 el que presentó mayor valor de 2,91. Dichos valores difieren a los reportados por Zida et al. (2008), ellos reportaron 1,7 de proporción altura/raíz en *Acacia macrostachya* luego de seis meses de trasplante. Esto se debe probablemente al sustrato en el que se realizó el estudio. En la investigación de *V. macracantha* los plántones permanecieron siete meses en sustratos, en cambio, la *A. macrostachya* estuvo en campo definitivo. Mateo et al. (2014) reportó valores de 0,46, en sustrato de tierra de monte 85% + tezontle 15% en plántones de cuatro meses de *Acacia retinodes* Schldl, esto se debe probablemente a la especie en que se estudia y las condiciones climáticas en que se realiza el estudio.

4.6.7 Índice de calidad de Dickson

Los resultados de la variable índice de calidad de Dickson no mostraron diferencias significativas entre los sustratos, presentando valores relativamente homogéneos: S1 (0,51), S2 (0,63), S3 (0,70), S4 (0,48) y S5 (0,64). El sustrato S3 presentó el mejor índice de calidad de Dickson (Tabla 18). Estos resultados son similares a los de Amaral de Melo et al. (2018), quienes encontraron valores de 0,6 en sustrato a base de corteza de pino descompuesta, estiércol, carne de res descompuesta, fibra de coco y vermiculita de grano medio, en plántones de *Mimosa caesalpinifolia* de 120 días. La composición del sustrato, rica en fósforo y potasio, probablemente influyó en estos resultados. En contraste, los resultados de Prieto et al. (2018) difieren de los obtenidos en este estudio, con valores entre 0,1 y 0,07 en plántones de *Prosopis laevigata* de veintiún semanas de edad. La cantidad de biomasa está influenciada principalmente por el fósforo (P) (López et al., 2012), que fue alto en este estudio, lo que explica los valores mayores de índice de calidad. Según Sánchez et al. (2011), los valores mínimos de índice de calidad deben ser mayores de 0,2, por lo que los plántones de *Vachellia macracantha* cumplen con los estándares establecidos.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El tratamiento pre germinativo escarificación mecánica (corte de la testa de la semilla con un corta uñas) es ideal para la propagación de la *Vachellia macracantha*. Mostró mejores resultados en las variables de porcentaje de germinación y velocidad de germinación, lo que sugiere su efectividad para mejorar la germinación de la especie.

El sustrato S3, compuesto por una mezcla de tierra agrícola y arena en proporción 1,5:1,5, es adecuado para la propagación de *Vachellia macracantha*. Presentó mejores resultados en las variables de porcentaje de supervivencia de plántulas, número de hojas e índice de calidad de Dickson. Además, es fácilmente disponible y su obtención es económica, lo que facilita su adopción por parte de los productores locales interesados en el establecimiento de plantaciones de *Vachellia macracantha*.

El sustrato S4, compuesto por tierra de bosque y arena, también demostró ser una opción eficaz para la propagación de *V. macracantha*, ya que presentó mejores resultados en la variable de índice de robustez. Además, en las variables de porcentaje de supervivencia y número de hojas, los datos lo posicionaron como la segunda opción más eficiente. Su disponibilidad facilita su obtención, lo que lo convierte también en una opción viable para la propagación de esta especie.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda utilizar el tratamiento pre germinativo de escarificación mecánica en la propagación de la *Vachellia macracantha*. Este proceso consiste en realizar un corte en la cubierta

de la semilla, seguido de la siembra directa en bolsas con sustrato. Esta técnica no solo optimiza la germinación, sino que también asegura un crecimiento más rápido de las plántulas, ya que elimina la necesidad de trasplante desde una cama de almácigo a las bolsas.

Cuando se estudien especies pertenecientes a la familia Fabaceae, se recomienda realizar experimentos durante las temporadas de ausencia de lluvias y en zonas cálidas donde las especies crecen en condiciones óptimas. Esta estrategia es fundamental debido a que las condiciones ambientales, especialmente la precipitación y la temperatura, pueden interferir significativamente en el normal desarrollo y crecimiento de estas especies.

Se recomienda llevar a cabo investigaciones sobre la supervivencia de plántulas de *Vachellia macracantha* en su hábitat natural, en condiciones de campo definitivo. Este tipo de estudio permitirá evaluar de manera más precisa el crecimiento inicial y la adaptación de las plántulas en el entorno donde se espera que crezcan y se desarrollen.

Se sugiere investigar la capacidad de *Vachellia macracantha* para la restauración de áreas degradadas en sus zonas de distribución. Esta investigación es crucial, ya que la especie tiene un gran potencial para contribuir a la recuperación de ecosistemas afectados por la deforestación y la degradación del suelo. Evaluar su efectividad en la restauración no solo proporcionará información valiosa sobre su papel ecológico, sino que también podrá guiar futuras iniciativas de reforestación en la región.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

- Abanto, C., García, D., Guerra, W., Murga, H., Saldaña, G., Vázquez, D., & Tadashi, R. (2016). Sustratos orgánicos en la producción de plantas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.). *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 341–347. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.23>
- Abril-Saltos, R., Ruiz-Vasquez, T., Alonso-Lazo, J., & Cabrera-Murillo, G. (2017). Germinación, diámetro de semilla y tratamientos pregerminativos en especies con diferentes finalidades de uso. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 703–717. <https://www.redalyc.org/journal/437/43752453014/html/>
- Amaral de Melo, L., Henrique, A., Sergio dos Santos, P., Rodrigues de Oliveira, R., & Teodora, D. (2018). Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. Produzidas em diferentes volumes de recipientes. *Ciência Florestal*, 28(1), 47–55. <https://www.scielo.br/j/cflo/a/4g7GCLJhp3Zwffg44vJrSyQ/>
- Amoakoh, O. A., Nortey, D. D. N., Sagoe, F., Amoako, P. K., & Jallah, C. K. (2017). Effects of pre-sowing treatments on the germination and early growth performance of *Pouteria campachiana*. *Forest Science and Technology*, 13(2), 83–86. <https://doi.org/10.1080/21580103.2017.1315961>
- Arteaga, M. (2024). Efecto de la tala indiscriminada del faique (*Acacia macracantha*) por el incremento demográfico en el distrito Santa Cruz, Cajamarca [Universidad Cesar Vallejo]. In *Universidad Cesar Vallejo*. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/134049/Arteaga_CMMN-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Atencio, L., Colmenares, R., Ramirez-Villalobos, M., & Marcano, D. (2003). Tratamientos pregerminativos en acacia San Francisco (*Peltophorum pterocarpum*) Fabaceae. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 6, 2–7. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182003000100007
- Azcón, J., & Talón, M. (2013). Fundamentos de fisiología vegetal. In *Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias* (2nd ed.). McGraw-Hill. Education. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>
- Baskin, C., & Baskin, J. (2014). *Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination* (2nd ed.). Academic Press is an imprint of Elsevier. <http://library.lol/main/ED42708DD0A85FC4D72BB62D71188C11>
- Bedout-Mora, M., Solis-Ramos, L., Valverde-Barrantes, O., & Rojas-Jiménez, K. (2022). Capacidad de nodulación en especies forestales leguminosas (Fabaceae) según su filogenia y características morfológicas Nodulation. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Julio-Diciembre)*, 19(45), 19. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v19i45.6315>
- Beltrano, J., & Gimenez, D. O. (2015). *Cultivo en hidroponía* (1st ed.). Editorial de la Universidad de La plata (EduLP).

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Bradford, K., & Nonogaki, H. (2007). *Seed development, dormancy and germination* (Office (ed.); Primera). Blackwell.
- Bussmann, R., & Douglas, S. (2015). *Plantas medicinales de los andes y la amazonia-La Flora mágica y medicinal del Norte del Perú*. (1st ed., Issue November). Graficart SRL. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3485.0962>
- Caroca, R., Zapata, N., & Vargas, M. (2016). Efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.). *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 32(2), 94–101. <https://doi.org/10.4067/s0719-38902016000200002>
- Carvalho, N. ., & Nakagawa, E. (2012). *Sementes: ciencia, tecnologia e producao* (5th ed., Vol. 1). <https://livraria.funep.org.br/product/sementes-ciencia-tecnologia-e-producao-5-edicao/>
- Charcape R., J. M., Correa S., V. A., & Chunga E., J. C. (2017). Especies arbóreas presentes en la Región Piura. *Indes*, 3(1), 60–85. <https://doi.org/10.25127/indes.201501.00>
- Chuncho, G., Chuncho, C., & Aguirre, Z. (2019). Anatomía y morfología vegetal. In *Universidad Nacional de Loja* (1st ed., Vol. 1). Ediloja Cía. Ltda. <https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2019-12/ANATOMÍA Y MORFOLOGÍA VEGETAL.pdf>
- Damazo, A. M. (2018). *Efecto del compost y riego por goteo solar en el crecimiento de Acacia macracantha en la Zona Reservada Lomas de Ancón, Lima 2018*. [Tesis de pre grado, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40573/Tarazona_DMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- De morales, F., Matos, V., Da silva, M., Ferreira, E., Santos, H., Rodrigues, I., & Bittar, S. (2012). Tratamientos pré-germinativos em sementes de *Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn. – Leguminosae-Mimosoidae. *Scientia Plena*, 8(5), 1–5. <https://www.scienciaplenua.org.br/sp/article/view/551>
- Del Amo, S., Del Carmen, M., Ramos, J., & Campillo, C. S. (2002). *Germinación y manejo de especies forestales tropicales*. CONAFOR-CONACYT. <https://www.uv.mx/personal/sdelamo/files/2012/11/Germinacion-y-manejo-de-especies.pdf>
- Domínguez, A., & Espinosa, S. (2021). Evaluación de sustratos alternativos en la germinación y crecimiento inicial de *Hymenaea courbaril* L. en condiciones de vivero. *Revista Forestal Del Perú*, 36(1), 107. <https://doi.org/10.21704/rfp.v1i36.1707>
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción , conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74–85. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr11110.pdf>

- Samia, M. Z., Nahed M. R., & Rashed, N. M. (2018). Influence of pre germination treatments on overcoming seed dormancy and seedling growth of baobab (*Adansonia digitata* L.). *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 45(2), 465–476. <https://doi.org/10.21608/zjar.2018.49170>
- Fernandes, P., Ursulino, E., Pereira dos Anjos, A., Silva, R., Ferreira, D. a C., JMarques, Y., De Sousa, L., & Dias, A. (2016). Temperature and pre-germinative treatments for overcoming *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (Fabaceae) seeds dormancy. *African Journal of Agricultural Research*, 11(37), 3548–3553. <https://doi.org/10.5897/ajar2016.11493>
- Fernandez, F., Huaccha, A., Barturen, L., Quiñones, L., & Sánchez, T. (2022). Efecto del sustrato en la germinación de *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae). *Ecosistemas*, 31(1), 1–5. <https://doi.org/https://doi.org/10.7818/ECOS.2314>
- Ghildiyal, J., RajwaR, G., Tewari, L., Kandpal, H., & Juyal, P. (2021). Plant Physiology and Biochemistry. In *Uttarakhand Open University* (Vol. 19, Issue 3). <https://doi.org/10.2307/4108213>
- Gutiérrez, B., Koch, L., Villegas, D., Gonzalez, J., Ly, D., Molina, M., Rojas, P., & Velasquez, E. (2021). Análisis de germinación de semillas de *Eucalyptus nitens* tratadas con radiación gamma: Indicios de efecto hormético. *Ciencia & Investigación Forestal*, 27(3), 7–16. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2021.554>
- Hernandes de Bernal, N., Tizado, C., Him de freites, C., Días, E., Torrealba, E., & Rodríguez, Z. (2011). Evaluación de tratamientos pregerminativos para estimular la emergencia en cuatro especies forrajeras arbóreas. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 28(18), 536–546. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27025/27649>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la Investigación: Las rutas de la investigación. In *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (1st ed.). Printed by Edamsa Impresiones, S.A. de C. V.
- Hernández, H. (2012). "Metodologías De Evaluación, Caracterización Y Programación Del Riego En Sustratos. In *Centro de Investigación en Química Aplicada*. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/411/1/RomanAntonioHernandezHipolito.pdf>
- Hopking, W. (2006). Plant Development. In *Chelsea House* (1st ed.). Copyright.
- Illescas, E., Rodríguez, D., Villanueva, A., Borja, M. A., Ordóñez, V., & Ortega, L. (2021). Factors influencing physical dormancy and its elimination in two legumes genus. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 27(3), 413–429. <https://doi.org/10.5154/R.RCHSCFA.2020.06.041>
- Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. (2010). Efecto de los tratamientos pre germinativos en el incremento de la germinación en semillas de Aliso *Alnus jorullensis*, en el Distrito de Valera, Región Amazonas. In *Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana* (Vol. 1). <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/PUBL1261.pdf>

Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2023). *Informe de ensayo N° 04160-23/SU/LABSAF - Baños del Inca*.

Iroko, O., Sowunmi, I., Ejekiigbe, J., Rufiai, S., & Wahab, W. (2021). Seed germination of *Faidherbia albida* (Delile) A. Chev as influenced by different pretreatments. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.* Vol., 25(7), 1305–1309. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.4314/jasem.v25i7.28> Copyright:

Joaquin, R. (2016). Tratamientos pregerminativos y masa de la semilla como estrategia para mejorar la producción de plántulas de aguacate raza guatemalteca. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 115–125. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31149.28648>

Krieger, S., Gómez, S., Piquín, E., Curti, R., & Sueldo, E. (2017). Efecto promotor de un biofertilizante en plantas de chíá (*Salviahispanica* L.). *Agrotecnia*, 25(25), 28. <https://doi.org/10.30972/agr.0252456>

La Barrera, S. D. (2021). Deforestación en la región amazónica del Perú : Situación y perspectivas. *Revista Electronica de Medioambiente.UCM*, 21(1), 20–39. https://www.ucm.es/iuca/file/articulo_2_m-a_2021-1?ver

Lal, M., & Bhatla, S. (2018). *Plant Physiology, Development and Metabolism* (1st ed., pp. 1029–1095). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2023-1_32

Leon, G. (2000). Promising Gums from Sources other than *Acacia senegal*. In *Cell and Developmental Biology of Arabinogalactan-Proteins* (Vol. 22, pp. 253–261). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4207-0_22

Lopez, D., Fernandez, M., & Verga, A. (2012). Respuesta diferenciada a la sequía de plantas jóvenes de *Prosopis chilensis*, *P. flexuosa* y sus híbridos interespecíficos : implicancias para la reforestación en zonas áridas. *Ecología Austral*, 22(January 2019), 43–52. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2012000100005

Maldonado, F., Ruales, C., Caviedes, M., Ramírez, D., & León, A. (2018). An evaluation of physical and mechanical scarification methods on seed germination of *Vachellia macracantha* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger. *Acta Agron*, 67(1), 120–125. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n1.60696>

Marcelo, J. L., Pennington, R. T., Reynel, C., & Zevallos, P. (2010). *Guia ilustrada de la flora lenhosa de los bosques estacionalmente secos de Jaén, Perú Bosques Estacionalmente Secos del Perú* (2nd ed., Issue September 2010). <https://www.researchgate.net/publication/256281711>

Martins, C., Machado, C., Cámara, A., & Nakagawa, J. (2008). Methods to overcome dormancy in barbatimão seeds. *Acta Scient*, 30(3), 381–335.

Mascarini, L., Lorenzo, G., Svartz, H., Pesenti, S., & Amado, S. (2012). Tamaño de contenedor y tipo de sustrato afectan la eficiencia en el uso del agua en *Gerbera jamesonii* para flor cortada. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, 18(1), 71.

<https://doi.org/10.14295/rbho.v18i1.695>

- Mateo, J. J., Capulín, J., Araujo, M. R., Suárez, A., & Mitjans, B. (2014). Crecimiento de *Acacia retinodes Schlttdl.* en sustratos a base de aserrín de pino y envases tratados con cobre. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 2(2), 191–202. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5223134>
- Mathers, H. M., Lowe, S. B., Scagel, C., Struve, D. K., & Case, L. T. (2007). Abiotic factors influencing root growth of woody nursery plants in containers. *Horttechnology*, 17(June), 151–162. <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/17/2/article-p151.xml>
- Meloni, D. A., Gulotta, M. R., Martínez, C. A., & Oliva, M. A. (2004). The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 16(1), 39–46. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202004000100006>
- Mera, M., & Simbaña, E. (2016). Evaluación de la capacidad calorífica de biocombustible sólido a partir de residuos lignocelulósicos de café frente a leña de espino y eucalipto. *Axioma*, 15(1), 35–41. <http://pucesinews.pucesi.edu.ec/index.php/axioma/article/view/457/443>
- Ministerio de Agroindustria. (2018). *Manual de Vivero*. INTA. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/40611/mod_resource/content/1/020000_Manual_de_Vivero.pdf
- Missanjo, E., Chioza, A., & Kulapani, C. (2014). Effects of different pretreatments to the seed on seedling emergence and growth of *Acacia polyacantha*. *International Journal of Forestry Research*, 1, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2014/583069>
- Mmolutsi, G. G., Matswane, C., Mojeremane, W., Mathowa, T., & Teketay, D. (2020). Application and use of presowing treatment methods to improve germination of *Vachellia karroo* (Hayne) Banfi & Galasso. *Agriculture and Forestry*, 4(1), 47–54. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.3837659>
- Mora, F., Perret, S., Scapim, C. A., & Arnhold, E. (2010). Genetic parameters of growth and survival in *Acacia saligna shrubs*. *Ciencia e Investigación Agraria*, 37(2), 5–14. <https://doi.org/10.4067/s0718-16202010000200001>
- Moreno, A., Solís, G., Blanco, E., Vásquez, J., Guzmán, L. M. P., Rodríguez, N., & Figueroa, U. (2014). Desarrollo de plántulas de huizache (*Acacia farnesiana*) en sustratos con vermicompost. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 20(1), 55–62. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.03.009>
- Olatunji, D., Maku, J., & Odumefun, O. (2012). Effect of pre-treatments on the germination and early seedlings growth of *Acacia auriculiformis* Cunn. Ex. Benth. *African Journal of Plant Science*, 6(14), 364–369. <https://doi.org/10.5897/ajps11.255>
- Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D., & Tucto, A. (2017). Vivero forestal para la producción de plantones de especies forestales nativas: experiencias en Molinopampa, Amazonas- Perú. In

Manual (No. 2; Vol. 1). <https://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/348/1/Olivadoctec-2014d.pdf>

Organización de las Naciones Unidas, & Ministerio del Ambiente Ecuador. (2012). *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador* (A. y T. E. Ministerio del Ambiente (ed.); 1st ed.).

https://www.researchgate.net/publication/280625434_Especies_forestales_de_los_bosques_secos_del_Ecuador

Ortega Martínez, L. D., Sánchez Olarte, J., Ocampo Mendoza, J., Sandoval-Castro, E., Salcido Ramos, B. A., & Manzo Ramos, F. (2010). Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai*, 6(3), 339–346. <https://doi.org/10.35197/rx.06.03.2010.02.lo>

Orwa, C., Muta, A., & Kindt, R. (2009). *Faidherbia albida: An agroforestry database. A tree Reference and selection guide* (Vol. 4). https://www.researchgate.net/publication/282247745_Agroforestry_Database_a_tree_reference_and_selection_guide_version_40_httpwww_worldagroforestry_orgsitestreedbtree_databases_asp

Paulo, A. F. R., Edna, U. A., Antonio, P. dos A. N., Robson, L. S. de M., Domingos, da C. F. J., Janaina, M. M., Wallace, de S. L., & Amanda, K. D. B. (2016). Temperatura y tratamientos pregerminativos para la superación de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (Fabáceas) latencia. *African Journal of Agricultural Research*, 11(37), 3548–3553. <https://doi.org/10.5897/ajar2016.11493>

Prieto, J. Á., Rosales, S., Sigala, J. Á., Madrid, R. E., & Mejía, J. M. (2018). Producción de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. con diferentes mezclas de sustrato. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(20), 50–57. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v4i20.369>

Poder Ejecutivo. (2006, 13 de junio). *Decreto Supremo 043-2006-AG, que aprueba la Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre*. Diario oficial el peruano. <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2016/03/D.S.-N-043-2006-AG-Aprueban-Categorizacin-de-Especies-Amenazadas-de-Flora-Silvestre.pdf>

R Core Team. (2020). *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.gbif.org/tool/81287/r-a-language-and-environment-for-statistical-computing>

Ramos, A., & Lombardi, I. (2020). Calidad de plantas en un vivero de tecnología intermedia en Huánuco: Estudio de caso con *Eucalipto urograndis*. *Revista Forestal Del Perú*, 35(2), 132–145. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v35i2.1581> Calidad

Reyes, J., Pimienta de la Torre, D., Rodríguez, J., Mario, F., & Polomeque, E. (2018). Calidad de planta de *Gmelina arborea* Roxb. producida con diferentes mezclas de sustratos en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 111–130.

- Reynel, C., Pennington, T., & Pennington, T. (2016). *Arboles del Perú* (1st ed.).
- Rivas Medina, G., González Cervantes, G., Valencia Castro, C., Sánchez Cohen, I., & Villanueva Díaz, J. (2005). Morfología y escarificación de la semilla de mezquite, huizache y ahuehuete. *Técnica Pecuaria En México*, 43(3), 441–448. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61343314.pdf>
- Rodríguez, A., & Pérez, J. (2017). *Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento*. 1(82), 179–200. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Rodríguez, A., Robles, C., Ruíz, R., López, E., Sedeño, J., & Rodríguez, A. (2014). Índices de germinación y elongación radical de *Lactuca sativa* en el biomonitoreo de la calidad del agua del río Chalma. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(3), 307–316.
- Rodríguez, R., Razo, R., Juárez, J., Fonseca, J., López, G., & Fernández, A. (2018). Germinación y crecimiento inicial de *Prosopis laevigata* utilizando sustratos locales. *Iberoamericana de Ciencias*, 5(1), 24–33. <https://1library.co/title/germinacion-y-crecimiento-inicial-de-prosopis-laevigata-utilizando-sustratos-locales>
- Romero, G., Echevarría, M., Trillo, F., Hidalgo, V., Aguirre, L., Robles, R., & Núñez, J. (2020). Efecto del faique (*Acacia macracantha*) sobre el valor nutricional del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) en un sistema silvopastoril. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 31(1), e17562. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17562>
- Rustom, A. (2012). Estadística descriptiva, Probabilidad e Inferencia. In *Universidad de Chile* (Vol. 1, Issue 5). <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/120284>
- Ruth, R. (2000). Efecto de iones y otros factores físicos sobre la germinación de semillas. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 44(3), 233–236. <https://www.redalyc.org/pdf/475/47544311.pdf>
- Sáenz, J., Muñoz, H., Ángel, C., Rueda, A., & Hernández, J. (2018). Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero “Morelia”, estado de Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(26), 98–111. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i26.293>
- Salto, C., García, M., & Harrand, L. (2013). Influencia de diferentes sustratos y envases sobre variables morfológicas de dos especies de *Prosopis* en vivero. *Quebracho*, 21(1), 90–102. <https://www.redalyc.org/pdf/481/48130000010.pdf>
- Salto, C., Harrand, L., Oberschelp, G., & Ewens, M. (2016). Crecimiento de plantines de *Prosopis alba* en diferentes sustratos, contenedores y condiciones de vivero. *Bosque*, 37(3), 527–537. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000300010>
- Sánchez-Soto, B. H., Pacheco-Aispuro, E., Lugo-García, G. A., Reyes-Olivas, Á., & García-Moya, E. (2017). Métodos de escarificación en semillas de *Guaiacum coulteri*, especie amenazada del bosque tropical caducifolio del norte de Sinaloa, México. *Gayana - Botanica*, 74(2), 262–268. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432017000200262>

- Sánchez, A., & Vásquez, C. (2010). *Mapa climático* (G. regional de Cajamarca (ed.)). <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/MapaClimatico.pdf>
- Sanchez, M., Vasquez, B., Rios, P., Caballero, M., & Grande, C. (2011). Producción de (*Cedrela odorata* L.), en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en *Tecpan de Galeana*, Guerrero, México. *Ra Ximhai*, 7(1), 123–132. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46116742012>
- Servicio Nacional Forestal Silvestre y de Fauna Silvestre. (2020). *Inventario nacional forestal y de fauna silvestre*. (1st ed., Vol. 215). Annals of the New York Academy of Sciences. <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2020/09/Informe-del-Inventario-Nacional-Forestal-y-de-Fauna-Silvestre-Panel-1-Versión-amigable.pdf>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). Plant Physiology. In *Science progress* (3rd ed., Vol. 34, Issue 136). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108486392>
- Thangjam, U., & Sahoo, U. K. (2017). Effects of different pre-treatments and germination media on seed germination and seedling growth of *Parkia timoriana* (DC.) Merr. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 5(1), 98–105. [https://doi.org/10.18006/2017.5\(1\).098.105](https://doi.org/10.18006/2017.5(1).098.105)
- Tian, X., Knapp, A. D., Moore, K. J., Brummer, E. C., & Bailey, T. B. (2002). Cupule removal and caryopsis scarification improves germination of eastern gamagrass seed. *Crop Science*, 42(1), 185–189. <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.1850>
- Vásquez, A. (2001). *Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia*. Universidad del Tolima. <https://www.yumpu.com/es/document/read/15650049/silvicultura-de-plantaciones-forestales-en-colombia-universidad-del->
- Venier, P., Cabido, M., Mangeaud, A., & Funes, G. (2013). Crecimiento y supervivencia de plántulas de cinco especies de Acacia (Fabaceae), que coexisten en bosques secos neotropicales de Argentina, en distintas condiciones de disponibilidad de luz y agua. *Revista de Biología Tropical*, 61(2), 501–514. <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i2.11143>
- Villarreal, J., Rocha, A., Cárdenas, M., Moreno, S., González, M., & Vargas, V. (2013). Morphometric characteristics, viability and germination of mesquite and sweet acacia seeds in northeastern Mexico. *Phyton*, 82(1), 169–174. https://www.researchgate.net/publication/289106939_Morphometric_characteristics_viability_and_germination_of_mesquite_and_sweet_acacia_seeds_in_northeastern_Mexico
- Vite, R. (2018). *Influencia del sustrato en la producción de plantones de faique (Acacia macracantha Humb. & Bonpl. ex wild)*. Valle del medio Piura. [Tesis de pre grado, Universidad Nacional de Piura]. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1298/AGR-VIT-MAR-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Viveros, H., Hernández, J. Di, Velasco, M. V., Robles, R., Ruiz, C., Aparicio, A., Martínez, M. D. J., Hernández, J., & Hernández, M. L. (2018). Análisis de semilla, tratamientos

pregerminativos de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. y su crecimiento inicial. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(30), 52–65. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i30.207>

Zetta, B., Amrani, S., & A, N. (2017). Effects of pre-germination treatments, salt and water stress on germination of *Acacia ehrenbergiana* Hayne and *Acacia seyal* Del.(Mimosoideae) wo Algerian native species. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(4), 355–368. <https://doi.org/10.15666/aeer/1504>

Zida, D., Tigabu, M., Sawadogo, L., & Odén, P. C. (2008). Initial seedling morphological characteristics and field performance of two sudanian savanna species in relation to nursery production period and watering regimes. *Forest Ecology and Management*, 255(7), 2151–2162. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.12.029>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Tabla 19

Recomendaciones de nutrientes para optimizar los sustratos

Sustrato	Cantidad de nutrientes kg/ha			Cantidades Tn/ha
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Estiércol
Tierra de bosque (S1)	20	50	30	
Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	60	80	30	2,50
Tierra agrícola + arena (S3)	70	70	30	3,50
Tierra de bosque + arena (S4)	60	80	30	2,50
Tierra agrícola (S5)	50	50	30	1,50

Nota. En la tabla se presenta las recomendaciones del INIA para enriquecer los sustratos y promover un óptimo crecimiento a la especie estudiada (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2023).

Tabla 20

Peso de cinco plantas por tratamiento en masa verde y seca, de la parte aérea y radical

Sustrato	Repetición	Masa verde parte aérea (g)	Masa verde de la raíz (g)	Día 1		Día 2	
				Masa seca parte aérea (g)	Masa seca de la raíz (g)	Masa seca parte aérea (g)	Masa seca de la raíz (g)
Tierra de bosque (S1)	1	7,11	2,42	3,73	1,4	3,58	1,2
Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	1	9,89	3,31	4	1,7	3,35	1,19
Tierra agrícola + arena (S3)	1	7,65	4,04	3,26	2,59	3,19	2,39
Tierra de bosque + arena (S4)	1	7,1	3,02	2,57	1,5	2,6	1,44
Tierra agrícola (S5)	1	8,24	5,59	3,47	1,42	3,48	1,32
Tierra de bosque (S1)	2	8,24	5,59	3,99	1,43	4,06	1,49
Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	2	9,28	3,09	4,94	1,47	4,79	1,27
Tierra agrícola + arena (S3)	2	10,59	4,75	4,74	1,99	4,79	1,9
Tierra de bosque + arena (S4)	2	11,18	4,99	3,85	1,85	3,96	1,89
Tierra agrícola (S5)	2	9,68	3,85	4,04	1,78	3,89	1,64
Tierra de bosque (S1)	3	9,9	4,06	3,77	2,03	3,05	1,17
Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena S2	3	9,8	4,03	4,34	1,92	4,15	1,54
Tierra agrícola + arena (S3)	3	13,22	3,1	4,96	1,87	4,97	1,8
Tierra de bosque + arena (S4)	3	7,49	3,28	2,88	1,09	2,61	0,99
Tierra agrícola (S5)	3	11,66	3,37	4,7	1,61	3,62	1,84
Tierra de bosque (S1)	4	6,81	3,18	3,09	1,14	1,23	1,14
Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	4	9,05	2,03	3,39	1,05	3,35	0,94
Tierra agrícola + arena S3	4	9,27	2,59	3,61	1,57	3,61	1,23
Tierra de bosque + arena (S4)	4	11,45	5,45	1,7	1,25	5,1	1,69
Tierra agrícola (S5)	4	14,6	4,15	5,53	2,08	5,4	1,8
Tierra de bosque (S1)	5	7,19	2,63	3,32	1,36	3,15	1,18
Tierra de bosque + tierra agrícola+ arena (S2)	5	12,1	4,38	4,89	1,98	4,7	1,7
Tierra agrícola + arena (S3)	5	11,98	3,61	4,5	1,9	4,55	1,91
Tierra de bosque + arena (S4)	5	7,06	2,6	2,82	1,14	2,9	1,21
Tierra agrícola (S5)	5	10,78	3,05	3,2	1,09	3,19	1,08

Figura 10

Análisis de sustratos en el laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO
N° 04160-23/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : QUINTANA BENAVIDES JANIL
 Propietario / Productor : ELIAS MEJIA MEJIA
 Dirección del cliente : PS.J. SANTA ROSA 203- CHOTA
 Solicitado por : Cliente
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 05 muestras
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico oscura
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : RESIDENCIAL LAS PALMERAS / CHOTA / CHOTA / CAJAMARCA
 Fecha(s) de muestreo : 26/0/2023
 Fecha de recepción de muestra(s) : 26/03/2023
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare - LABSAF Baños del Inca
 Fecha(s) de análisis : 29/03/2023
 Cotización del servicio : 091-23-BI
 Fecha de emisión : 12/04/2023

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6	
Código de Laboratorio	SU152-BI-23	SU153-BI-23	SU154-BI-23	SU155-BI-23	SU156-BI-23		
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	
Fecha de Muestreo	: 26/0/2023	: 26/0/2023	: 26/0/2023	: 26/0/2023	: 26/0/2023		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	17:00	17:00	17:00	17:00	17:00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	M1	M2	M3	M4	M5		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados				
pH	unid. pH	0,1	7,1	8,1	8,2	8,2	8,0
Acidez intercambiable (**)	(Cmol/Kg)	--	--	--	--	--	--
Aluminio (**)	(Cmol/Kg)	--	--	--	--	--	--
Carbonatos(**)	%	--	5,73	25,09	24,70	25,43	25,09
Materia Orgánica	%	0,1	15,4	3,6	2,5	3,5	4,3
Fosforo (**)	ppm	--	45,39	7,30	11,16	7,85	19,43
Potasio (**)	ppm	--	335	385	390	395	380
Conductividad Eléctrica	mS/m	0,0	41,70	21,40	17,98	17,40	17,91
Análisis de Textura							
Arena (**)	%	--	74	84	60	84	54
Limo (**)	%	--	10	10	18	10	22
Arcilla (**)	%	--	16	6	22	6	24
Clase Textural (**)	---	--	Arena Franca	Arena Franca	Franco Arenoso	Arena Franca	Franco Arcillo Arenoso
Parámetros hídricos							
Capacidad de campo (**)	%	--	11,35	9,96	16,02	9,96	18,00
Punto de marchitez (**)	%	--	5,51	4,64	8,45	4,64	9,69
Agua disponible (**)	%	--	5,84	5,32	7,57	5,32	8,31
Densidad aparente (**)	g/ml	--	1,52	1,56	1,44	1,56	1,41





Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
Dirección: Jr. Wiracocha s/n Baños del Inca, Cajamarca - Cajamarca



Firmado digitalmente por:
CABRERA HOYOS Hector
Antonio FAU 2013
Activo: Soy el autor de este documento
Fecha: 13/04/2023 08:38:45-0500

Figura 11

Permiso otorgado por el SERFOR para recolocación de material biológico



Firmado digitalmente por CORONEL
PE/PE/2 Marco Wilson FAU
2046283627.pdf
Cargo: Administrador Técnico F.B.
Módulo: S coyol autor del documento
Fecha: 12.04.2023 10:35:36 -05:00

Cajamarca, 12 de Abril del 2023

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA N° D000046-2023-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-

VISTOS:

La solicitud de autorización con fines de investigación científica de flora con colecta de fecha 31 de marzo de 2023 presentada por el Sr. **Elias Mejía Mejía** y el **INFTEC N°D000018 -2023-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS- CAJAMARCA-LGP** de fecha 0 5 de abril de 2023, y;

CONSIDERANDO:

Que, la Constitución Política del Perú, establece que los recursos naturales renovables y no renovables, son patrimonio de la nación, siendo por ese motivo responsabilidad del Estado promover el uso sostenible de los recursos naturales, la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas a través de una legislación adecuada;

Que La Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, tiene por objeto establecer el marco legal para regular, promover y supervisar la actividad forestal y de fauna silvestre. Dicha Ley, en su artículo 13 indica que el SERFOR es la Autoridad Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, que ejerce competencias y funciones en el ámbito nacional, se sujeta al marco normativo sobre la materia y actúa en concordancia con las políticas, planes y objetivos nacionales, constituyéndose en el ente rector del Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre, y en su autoridad técnica normativa, encargada de dictar las normas y establecer los procedimientos relacionados al ámbito de su competencia. Hasta que los Gobiernos Regionales suscriban el acta de entrega y recepción y adecuen sus instrumentos institucionales y de gestión, a fin de ejercer las funciones transferidas previstas en los literales e) y q) del Artículo 51° de la ley N° 27867- Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales;

Que, mediante Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI, se aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del SERFOR, el cual tiene entre sus funciones principales: a) Planificar, Ejecutar, Apoyar, Supervisar y Controlar, la Política Nacional Forestal y de Fauna Silvestre; y b) Gestionar y promover el uso sostenible, la conservación y la protección de los recursos forestales y de fauna silvestre;

Que, mediante Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI, de fecha 03 de septiembre de 2014, se modifica el Reglamento de Organización y Funciones del SERFOR, contemplando en la Primera Disposición Complementaria Transitoria que las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre se incorporan al SERFOR, como órganos desconcentrados de actuación local, siendo una de sus funciones; "Actuar como primera instancia en la gestión y administración de los recursos forestales y de fauna silvestre, dentro del ámbito territorial de su competencia y acorde a las atribuciones reconocidas";

Que, conforme al Artículo 147° de la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna, la Autoridad Regional Forestal y de Fauna Silvestre (.....) El SERFOR, como ente rector del SINAFOR coordina con las autoridades que toman parte en el control y vigilancia forestal y de fauna silvestre, orienta las actividades y asegura la capacitación en materia forestal y de fauna silvestre de los integrantes del sistema.

SERFOR

Firmado digitalmente por GR.
PE/GR/02CHE Luzio Cesar FAU
2046283627.pdf
Módulo: S coy V. B.
Fecha: 11.04.2023 14:19:16 -05:00

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Que, el artículo 154°, del Reglamento para la Gestión Forestal, aprobado mediante Decreto Supremo N° 018-2015- MINAGRI, en adelante "Reglamento", precisa que la investigación científica del Patrimonio se aprueba mediante autorizaciones, salvaguardando los derechos del país respecto de su patrimonio genético nativo. Dichas autorizaciones no requieren del pago de derecho de trámite.

Que, mediante solicitud registrada el 31 de marzo de 2023 presentada por el Sr. **Elias Mejía Mejía**, Bachiller de la Universidad Nacional de Chota; requirió a la ATFFS CAJAMARCA, la autorización para realizar investigación científica de flora silvestre con colecta, fuera de Áreas Naturales Protegidas, en el proyecto titulado "**Evaluación de tratamientos pre germinativos y sustratos en el crecimiento inicial de Vachellia macracantha Humb & Bonpl ex Willd (faique) en el distrito de Chota, Cajamarca**"; a realizarse en el distrito de Cochabamba, provincia de Chota, departamento de Cajamarca en las coordenadas:

N°	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA	COORDENADAS	
					NORTE	ESTE
1	Cajamarca	Chota	Cochabamba	17	9283300	734410
2	Cajamarca	Chota	Cochabamba	17	9283264	734367
3	Cajamarca	Chota	Cochabamba	17	9283081	735399

Que, el **INFTEC N°D000018 -2023-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS- CAJAMARCA-SEDE CAJAMARCA** de fecha 05 de abril 2023, concluye que, la solicitud de autorización con fines de investigación científica de flora silvestre con colecta del proyecto titulado "**Evaluación de tratamientos pre germinativos y sustratos en el crecimiento inicial de Vachellia macracantha Humb & Bonpl ex Willd (faique) en el distrito de Chota, Cajamarca**", durante el período comprendido **entre la emisión de la resolución hasta el 10 de mayo del 2023** fuera de Áreas Protegidas, cumple con las condiciones mínimas y los requisitos previstos en el numeral 7.2 de la evaluación de las condiciones y los requisitos para aprobación Resolución de Dirección Ejecutiva N°060-2016- SERFOR/DE (01/04/2016)

Que, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Forestal y de Fauna Silvestre Ley N° 29763 y su Reglamento para la Gestión Forestal aprobado mediante D. S. 018-2015-MINAGRI, y en uso de las facultades conferidas en la Primera Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI;

Que, en uso de las atribuciones conferidas por el Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, aprobado por Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI, modificado por el Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI y la Resolución de Dirección Ejecutiva N° 029-2015-SERFOR-DE, de fecha 21 de mayo del 2022, mediante la RDE N° D000122-2022-MIDAGRI-SERFOR-DE; se Resuelve Designar al señor Juan Agustín Estela Ruiz en el cargo de Administrador

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: [Url: https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/](https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/) Clave: RSRQMHY



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Técnico Forestal y de Fauna Silvestre de la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre – ATFFS Cajamarca, cargo considerado de confianza, y;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: Otorgar la autorización con fines de investigación científica de flora silvestre con colecta, del proyecto titulado “Evaluación de tratamientos pre germinativos y sustratos en el crecimiento inicial de *Vachellia macracantha* Humb & Bonpl ex Willd (faique) en el distrito de Chota, Cajamarca” correspondiéndole el código de autorización **N° 06 -CAJ/AUT-IFL-2023-006**.

ARTÍCULO 2°: En la referida autorización para realizar investigación científica de flora silvestre, con colecta, se le reconoce como **investigador principal** al Sr. **ELÍAS MEJIA MEJIA** identificado con DNI N°, **76003015**; con domicilio legal en pasaje Rosa Campos, N° 203 de la ciudad de Chota, Distrito y Provincia Chota, Departamento de Cajamarca, Teléfono N° 981727791, Correo electrónico 2017032021@unach.edu.pe; y como **Co-investigador** al Sr. **JIM JAIRO VILLENA VELASQUEZ** identificado con DNI N° 41825131, con domicilio legal en Jr. Union 150- Barrio San Pedro, del distrito, provincia y departamento de Cajamarca con teléfono 973360697 y correo electrónico jairovilvenavelasquez@gmail.com

ARTÍCULO 3°: La presente autorización incluye la colecta de:

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	FINALIDAD DE LA COLECTA
<i>Vachellia macracantha</i>	Faique	Semillas	2 kg	Análisis

A efectuarse en el distrito de Cochabamba, provincia de Chota, departamento de Cajamarca fuera de Áreas Naturales Protegidas; por el período de **colecta** comprendido entre la emisión de la resolución y el **10 de mayo del 2023** fuera de Áreas Protegidas.

ARTÍCULO 4°: El titular de la autorización se compromete a:

- No extraer especímenes, ni muestras biológicas de flora silvestre no autorizada, no ceder los mismos a terceras personas, ni utilizarlos para fines distintos a lo autorizado.
- No contactar ni ingresar a los territorios comunales sin contar con la autorización de las autoridades comunales correspondiente.
- Retirar todo el material empleado para la ejecución del presente estudio una vez terminado el trabajo de campo y levantamiento de información biológica.
- Depositar el material colectado en una institución científica nacional depositaria de material biológico, así como entregar a la ATFFS Cajamarca la constancia de dicho depósito. En casos debidamente justificados, y siempre que el material colectado no constituya holotipos ni ejemplares únicos, el depósito se

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: RS9QMHY



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

podrá realizar en una institución distinta a la mencionada para ellos se requiere la autorización del SERFOR.

- e. Solo en el caso que por razones científicas acotadas se requiere enviar al extranjero parte del material colectado, el interesado deberá gestionar el correspondiente permiso de exportación ante la Dirección General Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR, así como pasar el control respectivo. Los ejemplares únicos de los grupos taxonómicos colectados y holotipos solo podrán ser exportados en calidad de préstamo.
- f. Entregar a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Cajamarca, una (01) copia del informe final en idioma español (incluyendo versión digital) como resultado de la autorización otorgada, copias del material fotográfico y los slides que pueda ser utilizadas para difusión. Asimismo, entregar una (01) copia de las publicaciones producto de la investigación realizada en formato impreso y digital.
- g. El informe Final deberá contener una lista taxonómica de las especies objeto de la presente autorización de colecta, en formato MS Excel. Esta lista deberá contar con sus respectivas coordenadas en formato UTM (Datum WGS84), incluyendo la zona (17.18 o 19). Asimismo, incluir los datos de colecta de cada espécimen. El Informe Final que debe ser usado se encuentra en el Anexo 1 de la presente resolución.
- h. El cumplimiento de lo señalado en el literal d) y g) no deberá ser mayor a los seis (06) meses al vencimiento de la presente autorización.
- i. Solicitar anticipadamente a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Cajamarca y dentro del plazo de vigencia de la resolución, cualquier cambio en las características de la investigación aprobada, que demanden la modificación de la presente resolución.
- j. Indicar el número de la resolución en las publicaciones generadas a partir de la autorización concedida.

ARTÍCULO 5°: El titular del mencionado estudio deberá implementar todas las medidas de seguridad y eliminación de impactos que se puedan producir por las actividades propias de las actividades de la fase de campo, como toma de datos, tratamiento y transporte de muestras, transporte de equipos, personal, etc.

ARTÍCULO 6°: La Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Cajamarca del SERFOR, no se responsabiliza por accidentes o daños sufridos por el solicitante de la presente autorización durante la ejecución del Proyecto; asimismo, se reserva el derecho de demandar del Proyecto de Investigación los cambios a que hubiese lugar en caso se formulen ajustes sobre la presente autorización.

ARTÍCULO 7°: Notificar a Sr. **ELÍAS MEJIA MEJIA** identificado con DNI N° 76003015; con domicilio legal en pasaje Rosa Campos, N° 203 de la ciudad de Chota, Distrito y Provincia Chota, Departamento de Cajamarca, Teléfono N° 981727791, Correo electrónico 2017032021@unach.edu.pe ; y al Sr. **JIM JAIRO VILLENAS VELASQUEZ** identificado con DNI N° 41825131, con domicilio legal en Jr. Unión 150- Barrio San Pedro, del distrito, provincia y departamento de Cajamarca con teléfono 973360697 y correo electrónico jairovillenasvelasquez@gmail.com

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: RSRQMHY



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

ARTÍCULO 8°: Remitir copia de la presente Resolución a la Oficina de Servicios al Usuario y Trámite Documentario, para su custodia y Archivo en el repositorio digital.

ARTÍCULO 9°: Disponer la publicación de la presente Resolución en el Portal Web del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre: <https://www.gob.pe/serfor>



Documento firmado digitalmente

MARCO WILSON CORONEL PEREZ
ADMINISTRADOR TECNICO FFS
ATFFS - CAJAMARCA

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: RSRQMHY

Figura 12

Formato de evaluación del experimento de germinación


Universidad Nacional Autónoma de Chota


FICHA DE EVALUACIÓN DEL EXPERIMENTO EN TRATAMIENTOS PRE GERMINATIVOS

Proyecto de tesis: Evaluación de tratamientos pre germinativos y sustratos en el crecimiento inicial de Vachellia macracantha Humb & Bonpl ex Willd (faique) en el distrito de Chota, Cajamarca.

Autor: Elías Mejía Mejía, **Asesores:** M. Sc. Jim Jairo Villena Velásquez, Ing. Juan Rodrigo Baselly Villanueva.

Fecha de instalación del experimento: 03/2/2023 **Hora de recolección de datos:** 8:00 a 9:00a.m

Días	Numero de semilla germinada																Total
	Repetición 1				Repetición 2				Repetición 3				Repetición 4				
	C	H	T	S	T	S	H	C	T	C	S	H	H	C	S	T	
Día 1	-																
Día 2	-																
Día 3	-																
Día 4	-																
Día 5	-																
Día 6										7				2	1		4
Día 7	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	1	3	1	9
Día 8	1	-	-	1	-	2	-	1	-	3	1	-	-	1	1	-	11
Día 9	4	-	2	2	1	1	2	-	1	8	1	-	2	3	1	1	29
Día 10	14	2	1	1	-	7	2	9	2	13	-	5	1	19	2	2	80
Día 11	14	1	2	2	-	2	2	14	5	6	-	-	2	4	-	-	57
Día 12	10	3	2	2	1	1	3	5	5	5	4	4	3	3	3	2	53
Día 13	2	3	4	1	6	5	4	5	1	5	2	2	3	6	4	3	56
Día 14	-	5	5	4	2	3	1	2	1	-	6	4	3	3	1	2	42
Día 15	-	2	1	3	4	2	1	2	1	1	2	3	4	1	4	1	32
Día 16	-	1	2	2	7	3	1	1	2	1	3	3	2	-	3	1	32
Día 17	-	2	1	-	3	1	1	-	1	1	4	2	3	2	2	-	23
Día 18	-	2	2	2	2	-	2	1	-	-	2	2	2	1	-	2	20
Día 19	-	-	2	1	2	-	1	-	2	1	1	-	2	-	-	2	14
Día 20	1	1	-	1	-	-	-	3	-	1	-	2	-	-	-	5	14
Día 21	1	-	2	-	1	1	1	-	-	-	1	1	2	-	-	-	10
Día 22	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2	2	8
Día 23	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	1	5
Día 24	-	1	1	-	-	2	1	-	1	1	1	1	-	-	-	-	9
Día 25	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Día 26	-	-	-	-	-	-	2	1	1	1	-	-	-	-	-	2	6
Día 27	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	4
Día 28	-	2	2	1	2	2	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	12
Día 29	-	1	-	1	1	-	-	-	3	-	1	-	-	-	1	2	10
Día 30	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	4
Día 31	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	3
Día 32	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
Día 33	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2

Ingeniería forestal y ambiental



Día 34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
Día 35	-	-	-	-	-	-	-	2	2	1	1	-	-	-	-	4
Día 36	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	3
Día 37	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Día 38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Día 39	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Día 40	-	1	-	1	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	3	8
Día 41	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2
Día 42																
Día 43																
Día 44																
Día 45																

Nota: Ácido sulfúrico (S), Agua hervida (H), escarificación mecánica (C), testigo (T).

FICHA DE EVALUACIÓN: CONTEO FINAL DE SEMILLAS GERMINADAS (FIN DEL EXPERIMENTO):

Repetición 1	Total de semillas germinados N°	Semillas malogradas N°
Escarificación mecánica (C)	48	2
Agua hervida (H)	31	1
Testigo (T)	29	2
Ácido sulfúrico (S)	32	-
Repetición 2		
Testigo (T)	30	1
Ácido sulfúrico (S)	38	2
Agua hervida (H)	22	2
Escarificación mecánica (C)	49	
Repetición 3		
Testigo (T)	28	
Escarificación mecánica (C)	48	2
Ácido sulfúrico (S)	33	1
Agua hervida (H)	26	2
Repetición 4		
Agua hervida (H)	32	2
Escarificación mecánica (C)	46	3
Ácido sulfúrico (S)	29	3
Testigo (T)	36	2

Figura 13

Formato de evaluación; masa verde y seca de parte aérea, masa verde y seca raíz

FICHA DE EVALUACIÓN DEL EXPERIMENTO EN SUSTRATOS

Proyecto de tesis: Evaluación de tratamientos pre germinativos y sustratos en el crecimiento inicial de *Vachellia macracantha* Humb & Bonpl ex Willd (faigue) en el distrito de Chota, Cajamarca.

Autor: Elias Mejia Mejia. Asesores: M. Sc. Jim Jairo Villena Velásquez, Ing. Juan Rodrigo Baselly Villanueva.

Sustrato	Repetición	Masa verde parte aérea	Masa verde de la raíz	Masa seca parte aérea (día 1)	Masa seca de la raíz (día 1)	Masa seca parte aérea (día 2)	Masa seca de la raíz (día 2)	Masa seca parte aérea (día 3)	Masa seca de la raíz (día 3)
S4 (tierra de bosque + arena)	1	2.10	3.02	2.52	1.80	2.60	1.44		
S3 (tierra agrícola + arena)	1	2.65	4.04	3.16	2.59	3.19	2.32		
S5 (tierra agrícola)	1	3.24	5.52	3.47	1.42	2.48	1.32		
S2 (tierra de bosque + tierra agrícola + arena)	1	2.89	3.21	4.00	1.70	2.58	1.12	4.10	1.22
S1 (tierra de bosque)	1	2.11	2.42	3.23	1.40				
S5 (tierra agrícola)	2	2.68	3.95	4.04	1.78	3.89	1.64		
S4 (tierra de bosque + arena)	2	2.12	4.99	3.85	1.95	3.96	1.99		
S1 (tierra de bosque)	2	2.24	5.59	3.99	1.43	4.06	2.47		
S2 (tierra de bosque + tierra agrícola + arena)	2	2.27	3.09	4.94	1.42	4.22	1.12		
S3 (tierra agrícola + arena)	2	2.59	4.75	4.24	1.99	4.22	1.90		
S2 (tierra de bosque + tierra agrícola + arena)	3	2.90	4.03	4.54	1.92	4.15	1.54		
S1 (tierra de bosque)	3	2.90	4.06	3.77	2.03	3.05	1.12		
S4 (tierra de bosque + arena)	3	2.47	3.28	2.88	1.09	2.61	0.92		
S5 (tierra agrícola)	3	2.66	3.32	4.00	1.61	3.62	1.84		
S3 (tierra agrícola + arena)	3	2.22	3.10	4.96	1.97	4.92	1.80		
S3 (tierra agrícola + arena)	4	2.27	2.52	3.67	1.82	3.67	1.23		
S5 (tierra agrícola)	4	2.46	4.15	5.53	2.08	5.40	1.80		
S2 (tierra de bosque + tierra agrícola + arena)	4	2.05	2.03	3.39	1.05	3.35	0.94		
S1 (tierra de bosque)	4	2.91	3.12	3.07	1.14				
S4 (tierra de bosque + arena)	4	2.48	5.40	1.40	5	5.10	1.69		
S1 (tierra de bosque)	5	2.77	2.63	3.52	1.86	3.15	1.19		
S5 (tierra agrícola)	5	2.25	3.05	3.20	1.02	3.72	1.08		
S3 (tierra agrícola + arena)	5	2.98	3.61	4.90	1.90	4.55	1.92		
S4 (tierra de bosque + arena)	5	2.06	2.60	2.82	1.14	2.90	1.21		
S2 (tierra de bosque + tierra agrícola + arena)	5	2.10	4.32	4.89	1.99	4.20	1.70		

Figura 14

Formato de evaluación del experimento en sustratos

FORMATOS DE EVALUACIÓN DEL EXPERIMENTO EN SUSTRATOS

Proyecto de tesis: Evaluación de tratamientos pre germinativos y sustratos en el crecimiento inicial de *Vachellia macracantha* Humb & Bonpl ex Willd (faigue) en el distrito de Chota, Cajamarca.

Autor: Elias Mejia Mejia. Asesor: M. Sc. Jim Jairo Villena Velásquez, Co-asesor: Ing. Juan Rodrigo Baselly Villanueva.

Fecha de instalación del experimento: 06/2/2023

Obs	Sustrato	Repetición	N° de planta	Altura	Diametro de tallo	Numero de hojas
1	S4 (tierra de bosque + arena)	1	1	5.8	1.48	8
2	S4 (tierra de bosque + arena)	1	2	4.9	1.29	8
3	S4 (tierra de bosque + arena)	1	3	7.4	1.89	9
4	S4 (tierra de bosque + arena)	1	4	6.7	1.48	14
5	S4 (tierra de bosque + arena)	1	5	6.1	1.26	7
6	S4 (tierra de bosque + arena)	1	6	5.1	1.29	6
7	S4 (tierra de bosque + arena)	1	7	6.8	1.48	16
8	S4 (tierra de bosque + arena)	1	8	6.7	1.21	14
9	S4 (tierra de bosque + arena)	1	9	5.4	1.32	12
10	S4 (tierra de bosque + arena)	1	10	7.1	1.32	17
11	S4 (tierra de bosque + arena)	1	11	7.6	1.58	16
12	S4 (tierra de bosque + arena)	1	12	7.1	1.5	12
13	S4 (tierra de bosque + arena)	1	13	7	1.32	12
14	S4 (tierra de bosque + arena)	1	14	6.3	1.49	10
15	S4 (tierra de bosque + arena)	1	15	7.9	1.14	10
16	S2 (tierra agrícola + arena)	1	1	6.5	1.02	8

Figura 15

Semillas de Vachellia macracantha



Figura 16

Tratamiento escarificación mecánica a semillas de Vachellia macracantha



Figura 17

Tratamiento de agua hervida a semillas de Vachellia macracantha

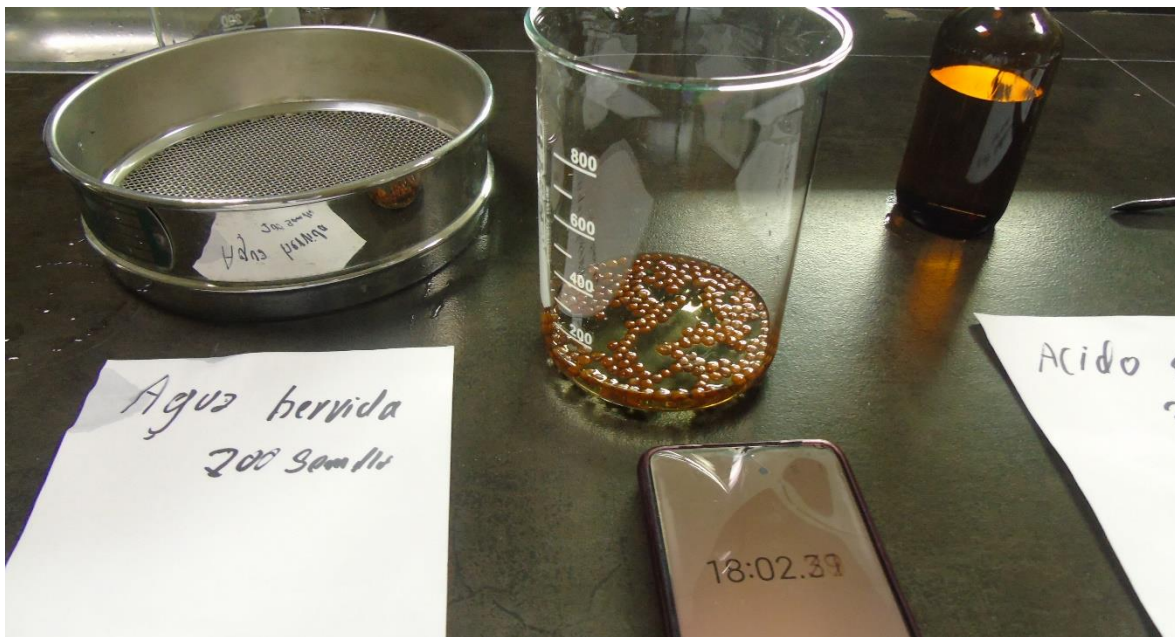


Figura 18

Preparación de tratamiento con ácido sulfúrico al 98% de concentración



Figura 19

Ubicación de las semillas en las placas petri, de acuerdo al diseño experimental



Figura 20

Cálculo de la intensidad luminosa con el luxómetro

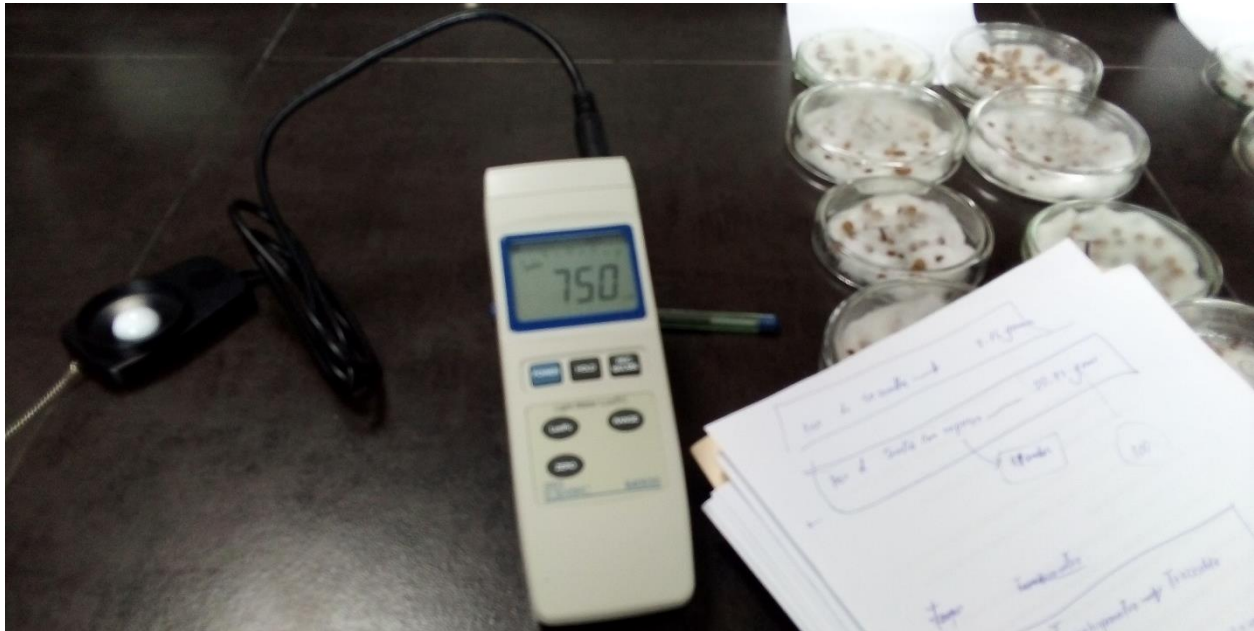


Figura 21

Experimento de tratamientos pre germinativos en semillas de Vachellia macracantha



Figura 22

Recolección del sustrato; tierra de bosque



Figura 23

Llenado del sustrato en bolsas de polietileno de 18cm x 25cm



Figura 24

Evaluación: conteo diario de semillas germinadas



Figura 25

Codificación de muestras, para el análisis en el laboratorio del INIA, Cajamarca



Figura 26

Recolección de datos; 30 días después del repique



Figura 27

Recolección de datos de la variable altura de planta



Figura 28

Recolección de datos de la variable diámetro de tallo



Figura 29

Altura de planta: 24 cm alcanzados en la última recolección de datos



Figura 30

Recolección de datos de la variable número de hojas



Figura 31

Plantas codificadas, para determinar variables con equipos de laboratorio



Figura 32

Acondicionamiento de muestras, para determinar el peso de aéreo y radical



Figura 33

Acondicionamiento de los plántones para el peso en fresco: aérea y radical



Figura 34

*Peso fresco de plántones de *Vachelia macracantha* en balanza analítica*



Figura 35

Recolección de los datos de peso en verde de la parte aérea



Figura 36

Colocación de muestras codificadas en mufla, de acuerdo al diseño experimental



Figura 37

*Reforestación con las plantas (*Vachelia macracantha*) utilizadas en el experimento*

