

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL



TESIS:

Tipos de sustrato en la propagación de plantones de “quina”

***Ladenbergia oblongifolia* (Humb. Ex Mutis) L.**

Anderson, Pichari - Cusco, 2021

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGROFORESTAL

PRESENTADO POR:

Bach. Fredy RODRIGUEZ CCENHUA

ASESOR:

Mtro. Carlos Maximo MALPICA RAMOS

AYACUCHO - PERÚ

2024

*A mis padres, por su apoyo incondicional durante
mi formación profesional.*

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, por acogerme durante los cinco años y permitirme ser parte de esta prestigiosa Institución.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal, por acogerme en sus cálidas aulas y brindarme conocimiento e instrumentos de mucha utilidad en mi formación profesional.

A mi Asesor Mtro. Carlos Máximo Malpica Ramos y Co-asesor Doctor Rómulo Agustín Solano Ramos, por su exigencia e incansable esfuerzo en mi desarrollo profesional.

Al Dr. Yuri Gálvez Gastelú, por su recomendación y apoyo en la culminación del informe final del trabajo de investigación.

A todos los docentes; por brindarme sus conocimientos y su orientación durante mi formación profesional y que será de mucha utilidad en mi desempeño en el campo laboral.

Al proyecto especial de los valles ríos Apurímac, Ene y Mantaro (PROVRAEM), por el apoyo logístico.

A mis compañeros y amigos quienes me brindaron su amistad y apoyo en mejoras de mi conocimiento diario.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	viii
Índice de anexos.....	ix
Resumen.....	x
Introducción	1

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO..... 3

1.1. Antecedentes	3
1.2. Bases teóricas	10
1.2.1. <i>Sustrato</i>	10
1.2.2. <i>Propiedades físicas de los sustratos</i>	14
1.2.3. <i>Propiedades químicas de los sustratos</i>	15
1.2.4. <i>Componentes de los sustratos</i>	19
1.2.5. <i>Historia y distribución del género Cinchona</i>	20
1.2.6. <i>Descripción botánica de Ladenbergia oblongifolia</i>	22
1.2.7. <i>Taxonomía de Ladenbergia oblongifolia</i>	22
1.2.8. <i>Descripción ecológica de Ladenbergia oblongifolia</i>	22
1.2.9. <i>Características de semilla de Ladenbergia oblongifolia</i>	24
1.2.10. <i>Calidad de los plantones de Ladenbergia oblongifolia</i>	27
1.2.11. <i>Propagación de plantones por semilla vegetativa</i>	29
1.2.12. <i>Propagación en bandejas de polietileno</i>	30
1.2.13. <i>Usos de Ladenbergia oblongifolia</i>	30

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA..... 32

2.1. Ubicación del ensayo.....	32
2.1.1. <i>Ubicación política</i>	32
2.1.2. <i>Ubicación geográfica</i>	32

2.2.	Límites.....	32
2.3.	Extensión territorial.....	33
2.4.	Características agroclimáticas del distrito	33
2.5.	Materiales y equipos.....	34
2.5.1.	<i>Materiales para producción y evaluación</i>	34
2.5.2.	<i>Equipos de laboratorio</i>	35
2.5.3.	<i>Material biológico</i>	35
2.5.4.	<i>Insumos</i>	35
2.5.5.	<i>Herramientas</i>	35
2.6.	Factores en estudio	35
2.6.1.	<i>Tipos de sustrato</i>	35
2.6.2.	<i>Tratamientos</i>	36
2.7.	Diseño experimental.....	36
2.8.	Distribución del campo experimental.....	37
2.9.	Parámetros evaluados	37
2.9.1.	<i>Altura del plantón (cm)</i>	38
2.9.2.	<i>Diámetro de tallo (mm)</i>	38
2.9.3.	<i>Longitud de raíz (cm)</i>	38
2.9.4.	<i>Número de hojas</i>	38
2.9.5.	<i>Número de raíz</i>	38
2.9.6.	<i>Índice de robustez</i>	38
2.9.7.	<i>Relación altura de plantón-longitud de raíz (R A/LR)</i>	39
2.10.	Conducción del experimento.....	39
2.10.1.	<i>Recolección de semilla</i>	39
2.10.2.	<i>Preparación de cama de almacigo</i>	40
2.10.3.	<i>Almacigado de la semilla</i>	41
2.10.4.	<i>Recolección de materiales para la preparación de sustratos para el repique</i>	41
2.10.5.	<i>Preparación y llenado de sustrato en tubetes</i>	42
2.10.6.	<i>Repique</i>	42
2.10.7.	<i>Crianza de plantones</i>	42
2.11.	Procesamiento de datos	43
2.12.	Problemas específicos	43

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
3.1. Altura del plantón.....	44
3.2. Diámetro de tallo	46
3.3. Longitud de raíz.....	47
3.4. Número de hojas.....	49
3.5. Número de raíces.....	50
3.6. Índice de robustez.....	51
3.7. Índice de relación de altura de plantón y longitud de raíz (AP/LR).....	53
 CONCLUSIONES	 55
RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. <i>Elementos químicos en los abonos orgánicos.....</i>	18
Tabla 1.2. <i>Análisis de sustratos para producción de cinco especies forestales en Costa Rica</i>	19
Tabla 1.3. <i>Valores para calificar la calidad de plantones.....</i>	29
Tabla 2.1. <i>Interpretación de los resultados del análisis de los sustratos del ensayo</i>	34
Tabla 3.1. <i>Análisis de variancia de altura de plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm</i>	44
Tabla 3.2. <i>Análisis de variancia del diámetro de tallo del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm</i>	46
Tabla 3.3. <i>Análisis de variancia de longitud de raíz del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm</i>	47
Tabla 3.4. <i>Análisis de variancia de longitud de raíz del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm</i>	49
Tabla 3.5. <i>Análisis de variancia del número de raíces del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm</i>	50
Tabla 3.6. <i>Análisis de variancia del índice de robustez del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm</i>	51
Tabla 3.7. <i>Análisis de variancia de índice de relación de altura de plantón y longitud de raíz de quina (Ladenbergia oblongifolia), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm.....</i>	53

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. <i>Mapa de ubicación del distrito de Pichari</i>	33
Figura 2.2. <i>Balance hídrico del distrito de Pichari (2020).....</i>	34
Figura 2.3. <i>Croquis de distribución de los tratamientos en el vivero</i>	37
Figura 2.4. <i>Medición de la altura utilizando el vernier digital.....</i>	39
Figura 2.5. <i>Floración – fructificación, de Ladenbergia oblongifolia.....</i>	40
Figura 2.6. <i>Fruto y semillas de la especie Ladenbergia oblongifolia.....</i>	40
Figura 2.7. <i>Cama germinadora de semilla de Ladenbergia oblongifolia.....</i>	41
Figura 3.1. <i>Prueba de Duncan de altura de plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia)</i>	44
Figura 3.2. <i>Prueba de Duncan de diámetro de tallo del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia).....</i>	46
Figura 3.3. <i>Prueba de Duncan de la longitud de raíz del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia).....</i>	48
Figura 3.4. <i>Prueba de Duncan del número de hojas del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia).....</i>	49
Figura 3.5. <i>Prueba de Duncan del número de raíces del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia).....</i>	50
Figura 3.6. <i>Prueba de Duncan del Índice de robustez de los plantones de Ladenbergia oblongifolia</i>	52
Figura 3.7. <i>Prueba de Duncan del Índice de altura de plantón y longitud de raíz de Ladenbergia oblongifolia.....</i>	53

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Panel fotográfico	63
Anexo 2. Análisis de suelo	71
Anexo 3. Datos de cálculo de índices de calidad de plantas	73

RESUMEN

El estudio tipos de sustrato en la propagación de plantones de “quina” *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. Ex Mutis) L. tiene como objetivo determinar el efecto de los tipos de sustrato en la propagación de plantones de *Ladenbergia oblongifolia* bajo condiciones del vivero del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – MIDAGRI, distrito de Pichari, provincia La Convención, región Cusco, a 650 msnm. Se utilizó cinco tipos de sustrato: T0 (18% S1+ 73% S2 + 5% arena + 5% aserrín); T1 (71% S1+18% S2+4% arena+ 4%aserrin+ 2% guano de isla); T2 (15%S1+15%S2+60% S3+4% arena+4% aserrín + 2% guano de isla); T3 (13%S1+13%S2+13%S3+52%S4+3%arena+3%aserrín+2% guano de las islas) y T4 (12% S1+12%S2+12%S3+12%S4+46%S5+ 3%arena+3%aserrin + 1% guano). Los resultados indican que los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄ tienen efectos positivos y directos sobre las características de plantones de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), siendo superiores al testigo (T₀), en altura de planta (5.02 cm), diámetro del tallo (2.16 mm), longitud de raíz (15.16 cm), número de raíces (18.4) y número de hojas (15.11). Todos los tratamientos produjeron plantones de alta calidad, considerando los índices de robustez e índice de la relación altura de plantón y longitud de raíz. Asimismo, el tratamiento T4 (sustrato compuesto por 12%S1+12%S2+12%S3+12%S4+46% S5+3%arena+3%aserrin + 1% guano) tiene mayor efecto en la producción de plantones de quina (*Ladenbergia oblongifolia*) superando a los otros tratamientos en altura de la planta, diámetro del tallo, longitud de raíz, número de raíces y número de hojas.

Palabras clave: *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. Ex Mutis) L., Pichari, sustrato y vivero.

INTRODUCCIÓN

El árbol de la quina es un término comúnmente conocido a las especies del Género *Cinchona*. No obstante, representar la riqueza vegetal del Perú, en el escudo nacional, en la actualidad, varias especies de este género se encuentran en peligro de extinción, a pesar de que tiene una alta importancia económica, social, ecológica y ambiental para nuestro país. Históricamente, el género *Cinchona* aparece en Sudamérica, dentro del área llamado “eje de la salud” en el mapa del mundo andino; resaltando su importancia al representar la región como el centro de curación de las antiguas culturas andinas que se extendía desde Ecuador hasta Bolivia.

Además, es una especie muy importante dentro de los bosques húmedos, no solo porque alberga fauna silvestre, sino también, porque lo utilizan en la medicina tradicional, por las bondades farmacológicas que le atribuyen.

Dado el estado actual, es necesario e imprescindible incrementar las áreas de cultivo de quina, sin embargo, se desconoce una tecnología adecuada para su propagación, por ejemplo, tratamientos de semillas, tipos de sustrato, requerimientos agroclimáticos, etc.

Asimismo, existe escasa información respecto a los sustratos para la propagación de la “quina” es por ello, que en el presente estudio se ha planteado determinar el efecto de tipos de sustrato en la propagación de plantones de calidad de *Ladenbergia oblongifolia*, que servirá como fuente de información para los agricultores interesados en esta especie, en especial, para los Valle de los ríos Apurímac, Ene y el Mantaro (VRAEM).

Los objetivos de la presente investigación fueron:

Objetivo general

Determinar el efecto de los tipos de sustrato en la propagación de plantones de quina (*Ladenbergia oblongifolia* (Humb. Ex Mutis) L). Anderson, Pichari-Cusco, 2021

Objetivos específicos

1. Comparar la influencia de los cinco tipos de sustrato en la propagación de plantones de quina (*Ladenbergia oblongifolia*) en vivero.
2. Determinar el tipo de sustrato más adecuado para la propagación de plantones de quina (*Ladenbergia oblongifolia*) en vivero.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Sarria (2015) evaluó “propagación en vivero de cascarrillo (*Ladenbergia oblongifolia*) en la Meseta de Popayán, Departamento del Cauca, Colombia”, con el objetivo de:

Evaluar la propagación en vivero de semillas y estacas, y el comportamiento en laboratorio de las semillas de cascarrillo. En la propagación asexual por estacas no se logró resultado positivo alguno, el origen de las semillas de Santa Helena muestra mayor porcentaje de pureza y peso de mil semillas a diferencia de los originarios de Farallones, que mostró un bajo porcentaje de germinación. (p. 1)

Asicon (2013,) realizó la “evaluación de cuatro sustratos en semilleros de quina (*Cinchona ledgeriana*; Rubiaceae) en Escuintla, Guatemala”, con el objetivo de:

Evaluar el efecto de cuatro sustratos en el desarrollo vegetativo de la planta de quina en la fase de semilleros. Se usó sustratos comunes en el medio y mezclas de lombricompost y bovinaza. Las variables de estudio fueron; altura de la planta, volumen radicular, biomasa, caracterización de los sustratos y costos de producción. Los resultados demuestran que, la mezcla de 30% de tierra negra, 40% de arena blanca y 30% de bovinaza, presentó las mejores características químicas a diferencia de los otros tratamientos, asimismo, fue superior en altura de plántula (3.2 cm), volumen radicular (0.023 cm³ peso de planta verde, 70 miligramos y 5.5 miligramos de peso de plántula. (p. 55)

Gallego y Díaz (2008), investigaron la “propagación asexual de cascarrillo (*Ladenbergia oblongifolia*, Mutis) en condiciones de vivero en el municipio de Popayán en el departamento del Cauca. a”, con el objetivo de:

Evaluar el método de propagación asexual por medio de estacas de cascarrillo

(*Ladenbergia oblongifolia*, Mutis) en condiciones de vivero en el municipio de Popayán en el departamento del Cauca. Utilizaron estacas y dos enraizadores: (sábila y ANA al 0.40%) y dos procedencias (tocón y ramas) resultando cuatro tratamientos: tocón-sábila, tocón-ANA, ramas-sábila y ramas-ANA; más los testigos de tocón y de ramas. Los resultados obtenidos fueron óptimos en porcentaje de yemas y de sobrevivencia, en los tratamientos tocón-sábila y tocón-ANA y formación de raíces el tratamiento tocón-ANA, fue superior. (p. 11)

Fernández et al. (2022) evaluaron el “efecto del sustrato en la propagación sexual de *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae)”, con el objetivo de:

Estudiar el efecto del sustrato sobre la propagación sexual de *C. officinalis*. Se aplicó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos de acuerdo con el tipo de sustrato T1 (25 % de tierra de bosque + 75 % de arena), T2 (50 % de tierra de bosque + 50 % de arena), T3 (75 % de tierra de bosque + 25 % de arena), T4 (100 % de tierra de bosque) y T5 (100 % de arena). En los tratamientos se emplearon tres repeticiones y 100 semillas por unidad experimental. El inicio de la germinación de *C. officinalis* ocurrió a partir de los 12 días después de la siembra hasta el día 42. El sustrato tierra de bosque tuvo mejor efecto en el índice (18.45 ± 3.63), velocidad (0.40 ± 0.06), tiempo (21.44 ± 0.98) y porcentaje de germinación ($85 \% \pm 13.23 \%$); seguido por los tratamientos T3 y T2. Por su parte, T5 fue el tratamiento con menor efecto sobre la germinación de *C. officinalis*. El estudio evidencia que el tipo de sustrato empleado favoreció el proceso de germinación de semillas de *C. officinalis*; sugiriendo usar un sustrato procedente de bosques naturales y puro (sin combinación). (p. 1)

Barrutia et al. (2020), estudiaron “germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L. en tres tipos de suelos de Cajamarca, Perú”, con el objetivo de:

Determinar el potencial germinativo de la planta fuera de su hábitat natural, manteniendo condiciones similares, para su posible reintroducción en aquellas zonas donde ha desaparecido producto de la deforestación y la sobreexplotación. En la investigación se analiza la germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L., en tres suelos de poblaciones ubicadas en tres sectores de la provincia de Cajamarca en Perú, para su reintroducción en zonas donde ha desaparecido. Las semillas se recolectaron en las localidades de donde se obtuvieron las muestras se

suelo y se trasladaron a la ciudad de Trujillo, Perú. Se estableció un diseño experimental por bloque con tres suelos y tres réplicas de 2 kg cada una con 100 semillas por réplica, para un total de 300 semillas por suelo. Se utilizaron envases de plástico perforados, con tapa. Se aplicó riego por atomización diariamente y se taparon las unidades para conservar la humedad. El lapso de conteo de las plántulas fue entre 13 y 60 días; además, se midió la altura de estas al final del estudio. Se realizó análisis de varianza no paramétrica con $\alpha = 0,05$ para establecer la influencia del suelo sobre el porcentaje de germinación. Se concluyó que las semillas de *C. officinalis* L. pueden germinar manteniendo las condiciones similares a las de su hábitat (temperatura y humedad); también el suelo donde germinó la mayor cantidad de semillas fue el de textura franco-arenosa. Se concluyó que el tipo de suelo tiene influencia significativa sobre el porcentaje de germinación con $p < 0.05$. Se demostró que se puede reproducir fuera de su hábitat con fines de reforestación de las zonas de donde ha desaparecido esta planta emblemática del Perú. (p. 76)

León (2019) evaluó la “germinación de semillas de *Ladenbergia oblongifolia* (Mutis) L., en diferentes sustratos”, con el objetivo de:

Determinar las propiedades físicas y químicas de los sustratos; el mejor sustrato en función del porcentaje de germinación de las semillas; el porcentaje de pureza y energía germinativa de semillas en diferentes sustratos; y registrar la temperatura y humedad relativa. La colecta botánica se realizó en el centro poblado de Maronilla. La metodología consistió en el acondicionamiento de una cama germinadora de 3 m x 1 m, recolección de sustratos y semillas y se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) a un nivel de significación del 0.05%. Los resultados fueron: T0 (testigo) y T3 (mantillo) presentaron una textura arena y franco limoso respectivamente mientras T1 (humus) y T2 (materia orgánica) presentaron mayor contenido de nitrógeno, fósforo y potasio y T4 (musgo) mayor contenido de humedad 20.57%, presentó mayor porcentaje de germinación T4 (musgo) con 40.67%, siendo este el mejor sustrato. Las semillas de *Ladenbergia oblongifolia* (Mutis) L. presentaron 77.52% de pureza por lo que existió una buena calidad de semillas mientras que el tratamiento con mayor porcentaje de energía germinativa fue T4 (musgo) con 28.5% en un período de 17 días y la temperatura y humedad relativa promedio fue de 25.98 °C y 81.33%, respectivamente, durante

los 32 días de evaluación. (xiii)

Vásquez et al. (2019) realizó la “comparación de sustratos en la propagación sexual y asexual del árbol de la quina (*Cinchona officinalis*)”, con el objetivo de:

Comparar ocho tipos de sustratos en la propagación sexual y asexual de *C. officinalis* en proporciones de (70 % de humus + 20 % de tierra orgánica + 10% de arena); (70 % de hojarasca +20 % de tierra orgánica +10 % de arena) ; (70 % franco arenoso + 20% de tierra orgánica +10 % de arena); (35% de humus + 35% de hojarasca + 20% tierra orgánica + 10% de arena); (35% de humus + 35% franco arenoso +20% tierra orgánica + 10% de arena); (35% hojarasca + 35% franco arenoso +20% tierra orgánica + 10% de arena); (25% de humus + 25% de hojarasca + 20% tierra orgánica + 10% de arena) ; (25% de humus + 25% de hojarasca +25% franco arenoso + 20% tierra orgánica + 10% de arena) , más 1 testigos (50% tierra orgánica + 50% arena); en la propagación sexual se evaluó el porcentaje de germinación de las semillas, obteniendo, que el T6 (35% de hojarasca + 35% de franco arenoso + 20 % de tierra orgánica y 10% de arena) alcanzo el mayor porcentaje de germinación con un 30%, alcanzando a los 60 días una altura de 4.2 cm por plántula. Mientras que; en la propagación asexual se realizó: ensayos de enraizamiento de estacas, evaluando el número de brotes, número de raíces, longitud de raíces por estaca; alcanzando el T6 el mayor número de brotes por estaca con 3 brotes; con una longitud de raíces de 4 cm por estaca plantada. (p. 77)

Campos (2018) comprobó los “reguladores de crecimiento y medios de cultivo en la micropropagación de *Chinchona pubescens* Vahl (Cascarilla)”, con el objetivo de:

Evaluar el efecto de reguladores de crecimiento y medios de cultivo en la micropropagación de la *Cinchona pubescens* Vahl, “Cascarilla”, así como determinar el mejor medio de cultivo, determinar el tipo y la concentración de reguladores de crecimiento vegetal más apropiados y finalmente proponer un protocolo de micropropagación para la *Cinchona pubescens* Vahl , “Cascarilla”. Para la realización de esta investigación de llevó a cabo en dos fases, campo y laboratorio, las acciones realizadas en campo estuvieron enmarcadas a la recolección de semillas de *Cinchona pubescens* Vahl (C.P La Cascarilla), así como la germinación de estas, la segunda fase se llevó a cabo en el laboratorio de

Biotecnología de la Universidad Nacional de Jaén, en donde se realizó la micropropagación propiamente dicha. Entre los resultados obtenidos se observa que en la fase de desinfección al aplicar hipoclorito de calcio al 3% por 20 minutos, obtenemos como respuesta que el 95.8% de los explantes se encuentran limpios, además el medio Campbell y Durzan es el adecuado para la micropropagación de esta especie, combinándolo con las fitohormonas 0.5 mg/l de BAP más 0.5 mg/l de KIN (citoquininas) y 1mg/l de ANA más 1mg/l de AIB (auxinas) y para la fase de aclimatación el sustrato con mejores resultados, fue el de Turba (60%) más arena (40%). En conclusión, la micropropagación de *Cinchona pubescens* Vahl fue exitosa y servirá como base para otras investigaciones relacionadas a este tema. (p. 9)

Villar et al. (2018), evaluó los “efectos de dos tratamientos pre-germinativos y el tiempo de almacenamiento en el Poder Germinativo de las Semilla de la *Cinchona officinallis* L.”, con el objetivo de:

Estudiar el efecto de dos tratamientos pre-germinativos y la estimación del tiempo de viabilidad de las semillas. Se evaluó el Poder Germinativo (PG) de semillas en función de 2 tratamientos pre-germinativos (remojo de semillas por 5 días en agua fría permanente y cambiándola diariamente) y a su tiempo de almacenamiento. Determinándose que no existe diferencia del PG entre tratamientos y el testigo, pero el remojo de semillas cambiando el agua diariamente aceleró y homogenizó la germinación. Además, la disminución del P.G. en función al tiempo de almacenamiento puede ser representado por el modelo $\% P. G. = e^{(4.7229 - 0.0496 * meses)}$, ϵ , que tiene un R^2 de 0.882; estimándose que las semillas de la Quina de los árboles semilleros identificados pierden toda su viabilidad alrededor de los 3 años. (p. 1)

Espinosa y Ríos (2017), evaluaron los “patrones de crecimiento de *Cinchona officinalis* in vitro y ex vitro; respuestas de plántulas micropropagadas y de semillas”, con el objetivo de:

Evaluar los efectos de la micropropagación sobre los patrones de crecimiento y sobrevivencia de plántulas in vitro de *Cinchona officinalis* L., una especie que ha sido fuertemente impactada por procesos de tala dentro de bosques naturales durante la época de la colonia. Se realizó un monitoreo de un total de 120 plántulas

in vitro y 1988 plántulas *ex vitro* por 8 meses a partir del último repique. Adicionalmente, en cada plántula se contabilizó la cantidad de brotes axilares. Los resultados obtenidos mostraron un efecto remanente de los procesos de micropropagación, los cuales inicialmente inciden en la cantidad de brotes de las plántulas y en el crecimiento; sin embargo, este efecto no influye de forma negativa en la sobrevivencia de las plántulas durante la fase *ex vitro*. (p. 73)

Calvo-Alvarado et al. (2008), evaluaron el “efecto de cinco sustratos en el contenido foliar de nutrientes y crecimiento inicial de tres especies forestales empleadas en Mesoamérica”, con el objetivo de:

Estudiar el impacto de la aplicación de enmiendas en el crecimiento inicial de las especies/clones, la diferencia de crecimiento según el tipo de sustrato y la respuesta de las especies/clones al tipo de suelo y enmiendas en el contenido foliar de nutrientes. Se estableció un ensayo para evaluar el efecto de cinco sustratos en el crecimiento, contenido foliar de nutrientes y clorofila (valores SPAD-502) de tres especies forestales. Los sustratos fueron: tres tipos de suelos (Ultisol, Andisol, Inceptisol) y de dos suelos modificados; Ultisol mejorado con CaCO_3 +NPK y Andisol con NPK. Las especies seleccionadas fueron *Gmelina arborea* (L.) Roxb (melina), *Tectona grandis* Lf. (teca) y *Swietenia macrophylla* King (caoba). Se incluyó en los ensayos clones de teca y de melina. Se concluye que el sustrato de Ultisol mejorado tiene tasas de crecimientos comparables o mejores que los otros sustratos, lo que corrobora que este tipo de suelo se puede mejorar para proyectos de reforestación. Las interacciones entre especies y los niveles de fertilidad son distintas, pero en general el nivel de fertilidad, el pH, la saturación intercambiable de acidez en porcentaje (SA%) y el nivel de K son factores importantes que controlan el buen crecimiento y se relacionan con la concentración de nutrientes foliares. Teca es la especie que tuvo mayores concentraciones foliares de P, Fe, Cu y B, mientras que melina concentró más N, Ca, Mg, Zn y Mn. Los clones de teca y melina muestran una tendencia a tener menor concentración de Fe foliar con respecto a los arbolitos. Las lecturas de clorofila según el SPAD no brindan consistencia suficiente para ser empleadas como indicadores de vigor de planta. (p. 1)

Campos (2014), evaluó el “efecto del ácido giberélico, nitrato de potasio y agua

de coco en la germinación de semillas de *Cinchona pubescens* Vahl. “quina”, con el objetivo de:

Evaluar el efecto del ácido giberélico, nitrato de potasio y agua de coco en la germinación de sus semillas.

Se colectaron los frutos maduros y cerrados en las montañas del distrito de Colasay (Sectores el Laurel, el Clarinero y aguas frías), Jaén. Luego fueron trasladados al laboratorio para extraer las semillas y proceder a su tratamiento. El análisis de los resultados muestra que un lote de 1000 semillas pesa 0.24 gr. con un porcentaje de humedad del 16.67 %. El nitrato de potasio actuó como un promotor en la aceleración de la germinación de las semillas, donde a la concentración de 1000 ppm brindó la más alta tasa en porcentajes de germinación, energía germinativa y valor de germinación, en cambio el tratamiento con AG3 a las concentraciones de 1000, 2000 y 3000 ppm actuó como un inhibidor en la germinación de estas semillas; recomendando que no se justifica una alta inversión en la adquisición del ácido giberélico, cuando se puede implementar un sistema fácil y económico, como lo es el tratamiento con KNO_3 . (p. 3)

Berrocal (2016), evaluó el “efecto de los abonos orgánicos en el crecimiento de plántones de café (*Coffea arabica* L.) bajo condiciones de vivero”, con el objetivo de:

Evaluar cuatro abonos orgánicos en diferentes dosis de aplicación en el crecimiento de plántones de café (*Coffea arabica* L.) variedad Caturra Roja bajo condiciones de vivero en Tingo María. Se adoptó el diseño completamente al azar con trece tratamientos incluyendo un testigo, empleando 20 unidades experimentales para cada tratamiento. Los resultados encontrados al final del experimento indican que el tratamiento T1 (Bocashi 5:1) obtuvo la mayor altura de tallo con (20.62 cm), con respecto al diámetro de tallo el tratamiento T1 (Bocashi 5:1) resultó con mayor diámetro (4.45 mm), en cuanto a número de hojas el tratamiento T11 (Estiércol de vacuno 3:1) logró tener la mayor cantidad de hojas (12.85), el tratamiento que logró mayor longitud de raíces fue T11 (Estiércol de vacuno 3:1) con (26.50 cm), con respecto al volumen de raíces el tratamiento que logró mejores resultados fue T1 (Bocashi 5:1) con (8.70 cm^3), en materia seca el tratamiento que obtuvo mejor resultado fue T5 (Humus 3:1) con (24.80 g), en la variable área foliar el mejor resultado logró el tratamiento T12 (Estiércol de vacuno 1:1) con un área de 476.55 cm^2 .

More et al. (2018), evaluó la “relación tamaño y calidad del plantón en condiciones de vivero de Ulcumano (*Retrophyllum rospigliosii*) en INIA San Ramón, Chanchamayo, Perú”, con el objetivo de:

Evaluar las diferencias morfológicas de los plantones y predice el comportamiento que tendrá en el campo; expresa además el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez. Utilizando la metodología del índice de calidad de Dickson. El tamaño aéreo del plantón con el sistema radicular se encuentra en desequilibrio ya que a medida que crecen los plantones, la raíz principal en todos los tratamientos se observa un crecimiento mínimo, no significativo, reduciendo las tasas de supervivencia en campo, lo que se demuestra que son plantas que no toleran el estrés hídrico alto o extremo en sus primeros estadios. Todos los plantones presentan una buena asociación micorrítica, ayudando a las plantas en un mejor desarrollo futuro en su campo definitivo. A medida que los plantones son más grandes, la producción de biomasa aérea como radicular aumentan, pero de manera desproporcionada, ya que la biomasa aérea a partir de 40 cm empieza con notorio aumento, mientras que el radicular es mínimo. El porcentaje de lignificación y de humedad se ha mantenido constante en los diferentes tamaños. Por tanto, el índice de calidad de Dickson confirma que a partir de los 40 hasta los 50 cm se encuentran los plantones de mejor calidad. Se recomienda utilizar un tamaño de bolsa de 2 kg, ya que es una especie de prolongado desarrollo en vivero; si la bolsa es pequeña se genera una reducción del sistema radicular, que a medida que crece la raíz principal se va torciendo y deformando hasta formar cola de chancho. (p. 29)

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Sustrato

Nieto (2009), sostienen que el sustrato es “un material sólido, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, distinto del suelo, que en forma pura o mezclado con otros va a permitir el anclaje del sistema radicular, desempeñando así, un papel de soporte para la planta” (p.34).

Lemaire et al. (2005), respecto al sustrato señala lo siguiente:

Un sistema de tres fracciones y cada una de ellas cumple una función propia: la fracción sólida asegura el mantenimiento mecánico del sistema radicular y la

estabilidad de la planta, la fracción líquida aporta a la planta el agua y por interacción con la fracción sólida, los nutrientes necesarios. Por último, la fracción gaseosa asegura las transferencias de oxígeno y CO₂ del entorno radicular. (p. 57)

Aserrín. Rivera (2020) respecto al uso y aprovechamiento del aserrín o viruta de madera como abono orgánico manifiesta que:

Debido a la problemática originada por los residuos sólidos generados por la industria maderera; una de las alternativas propuestas e inclusive ya implementadas, hace muchos años, es el beneficio utilizar el aserrín o viruta de madera como abono orgánico. Esto debido a su gran capacidad de descomponer los hongos y su eficacia para impedir la proliferación de malas hierbas en las plantaciones, asimismo, señala que es un material muy abundante y barato. Su capacidad de retención de agua, así como su espacio poroso pueden hacer variar de acuerdo con el tamaño de sus partículas o mezclando el aserrín con viruta. Además, indica que el aserrín fue adoptado como medio de cultivo, a causa de su bajo costo, ligereza y disponibilidad. Un aserrín moderadamente fino, o mezclado con una buena proporción de viruta, suele ser más adecuado, a causa de que la humedad se difunde en mejores condiciones con éstos que con el aserrín grueso. (p.13)

Arena fina. Según Texier (2013) desde el punto de vista del uso de arena, como sustrato para las propagaciones de plántones forestales considera lo siguiente:

La arena resiste el paso del tiempo y la agresión de los minerales disueltos en la solución nutritiva. La arena fue uno de los sustratos más antiguos en los primeros días de la hidroponía. Hoy en día, rara vez uso arena como sustrato debido a su baja capacidad de humedad y porosidad. La densidad aparente de la arena es alta (1,5 -1,8 g / cm³), y el contenido de humedad y la porosidad están por debajo del 1%. Una de las ventajas de la arena es su importante neutralidad química. Puede ser útil en mezcla cuando sea necesario disminuir la capacidad de retención de humedad del sustrato. La arena es una de las sustancias más utilizadas de sustratos, ya que mejora la estructura del sustrato, aunque se emplea en pequeñas cantidades. Cuenta con una capacidad media de retención de agua (del orden de un 20 por 100 del peso y más del 35 por 100 del volumen); su capacidad de intercambio catiónica

es nula y su pH puede variar entre cuatro y ocho. (p. 7)

Musgo. En relación con el uso e importancia del musgo, Soloaga (2014) sostiene que:

Este material no presenta salinidad, en forma natural presenta un pH muy ácido y debe ser neutralizado mediante la aplicación de carbonato de calcio. Se usa muy poco en la producción de hortalizas en invernadero, su uso está restringido a la producción de plántulas. La importancia de musgos radica en que son productores primarios de la cadena trófica, microhábitat para organismos diminutos, asimila y almacena mucho más carbono que todo el tallo de los árboles, soltando para la atmósfera mucho más oxígeno; controlan la erosión del suelo, la humedad del aire, inundaciones; son buenos indicadores ambientales y de perturbación humana de bosques nublados. (p. 13)

Tierra del lugar con cascajo. Según Castro (2008, como se citó en Serrano, 2017), menciona que:

El cascajo es un material muy ligero (densidad de 0.1 g/cm^3 aproximadamente) y con una gran capacidad de retención de agua (hasta 3 o 4 veces su peso). Es inerte, en consecuencia, carente de elementos nutritivos y se utiliza para preparar mezclas de suelos artificiales, para sustratos de cultivos hidropónicos y para viveros e invernaderos de multiplicación en el enraizamiento de esquejes.

En la opinión de Agroproductores (2017), el sustrato es un suelo mejorado que: Permite una buena absorción de las especies en el suelo final y en particular el buen desarrollo de las plantas pequeñas, las cuales deben tener las siguientes características edáficas: Estructura laminar de grano fino, pH moderado, buena capacidad de infiltración y retención de humedad, ausencia de patógenos. Un sustrato es cualquier soporte utilizado para el cultivo de plantas en contenedores, cuya finalidad es asegurar el anclaje y soporte de la planta. Por recipiente se entiende cualquier recipiente de altura limitada, cuyo fondo está a presión atmosférica. De acuerdo con esta definición, el contenedor puede tener dimensiones variables, siempre que exista tal altura, a diferencia del suelo natural, se encuentra aislado y drenado en el fondo. (p. 2)

Suelo arcilloso. En relación con el suelo arcillosos, Angelone et al. (2014, como se citó en Zapata, 2018), indica que:

Las arcillas son cualquier sedimentación o depósitos minerales formado por partículas muy pequeñas cuyo tamaño es inferior a los 0,002mm, y que se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratados. Se caracterizan por ser plásticas cuando se las humedecen y por la sonoridad y dureza al calentarla por encima de los 800°C. provienen de la alteración fisicoquímica, por acción principalmente del agua, de minerales que forman parte de otras rocas preexistentes (feldespatos, piroxenos y micas), surgiendo así los “minerales de la arcilla”, en función de que roca se altera y en qué grado. Cuando se refiere a la arcilla no se habla de un único material de composición simple, sino de uno muy diverso en origen y composición. (p. 7)

Tierra negra. Con relación a la tierra negra, Acosta (1984, como se citó en Ilbay, 2012) manifiesta que:

Este tipo de suelo se caracteriza porque en él existen complejos entre partículas minerales y orgánicas que retienen el agua y que protegen el humus de la descomposición, lo que quiere decir que tienen un alto contenido de materia orgánica y retienen mucha agua. El sustrato (tierra negra rica en nutrientes), es la cubierta superficial del suelo localizada generalmente a profundidades promedio de 10 cm., es un agregado de minerales y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica con textura, estructura y espacio poroso conocido como horizonte A generalmente de un color gris a negro. Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características del medio de cultivo como son propiedades físicas y químicas que dan como resultado el mejor tipo de suelo para planta, denominado tierra negra. La tierra negra tiene cantidades proporcionales de limo, arcilla y arena. (p. 25)

Suelo de Pteridium. Al respecto, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2020), señala lo siguiente:

El género Pteridium llega a ser dominante sobre otras especies de flora dada una serie de características que le son ventajosas y le otorgan una capacidad de dispersión elevada, como reproducción por rizomas y esporas, una alta producción

de esporas viables por mucho tiempo, un extenso y prominente sistema de rizomas que reservan carbohidratos, alta cantidad de rebrotes dormantes, así como clones de larga vida y resistencia a los metales pesados. (p. 16)

Según Valdez-Ramírez et al. (2020), respecto Suelo de Pteridium otros autores hablan sobre la:

Reducción de la podzolización y un efecto estabilizador de la acidez, sin que exista una afectación de la macrofauna y los detritívoros del suelo, así como un aumento de la fertilidad edáfica al favorecer sus rizomas y su asociación con micorrizas mejora la aireación, lo cual hace suponer que no se da una degradación del suelo. Pteridium aquilinum contribuye en la transformación de los ecosistemas terrestres, pero la información al respecto es incipiente, y no se sabe a ciencia cierta el impacto que podría tener la presencia prolongada del helecho en algunos cambios químicos y de la macrofauna del suelo en los sitios invadidos. (p. 291)

1.2.2. *Propiedades físicas de los sustratos*

Bautista et al. (2004) Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del sustrato manifiesta que:

Son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. La estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del sustrato que se han propuesto como indicadores de su calidad. (p. 93)

Densidad. Respecto a la densidad del sustrato, Campos (2018) señala que:

La granulometría (migas de distintos tamaños), densidad real (es la densidad media de las insignificancias del sustrato sin envolver el ambiente poroso), densidad patente (división entre el peso seco de dicho sustrato y el volumen), aire poroso total, validez de filtración de caldo (validez de caldo expresada en gramos, que 100 gramos de sustrato seco pueden escoger. (p. 28)

Porosidad. Es la “propiedad importante que determina la aireación de la raíz, equilibrado con la retención de agua. Los niveles altos de porosidad (mínimos 80%) suben el peso de las raíces” (Peñuelas 1996, como se citó en Gil, 2014, p. 37).

Textura. Campos (2018) menciona “específicamente la textura del sustrato hace referencia al tamaño de las partículas que componen en sustrato” (p. 28).

Mientras que la Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015) menciona que:

La textura del suelo representa la porción de arena, limo y arcilla, componentes inorgánicos de varias formas y tamaños. Además, sus propiedades actúan como un factor de fertilidad que afecta la capacidad para retención del agua, drenaje, aireación, porcentaje de materia orgánico y otros indicadores. (p. 9)

1.2.3. *Propiedades químicas de los sustratos*

Respecto a los indicadores químicos de la calidad del sustrato Bautista et al. (2004) señala que:

Las condiciones que afectan la relación entre el suelo y la planta, la capacidad amortiguadora del suelo, calidad del agua, la disponibilidad de nutrientes para las plantas y microorganismos, presentando algunos indicadores como son la disponibilidad de nutrientes, carbono orgánico total y lábil, potencial de hidrogeno, la adsorción de fosfatos, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio de cationes, materia orgánica, nitrógeno total y mineralizado. (p. 10)

Por su parte Campos (2018), manifiesta que es el:

Componente que sufre o permanece latente a cambios químicos o en la manera de descomponerse, transferencia que ocurre por medio del sustrato y la solución nutritiva, esto es el alimento de las plantas por las raíces, tenemos el pH, CIC (capacidad de intercambio catiónico), contenido de sales. (p. 25)

Potencial Hidrogenión (pH). Mora (2015, como se citó en Bronsted, 2023), respecto al potencial hidrógeno señala que:

Es la medida que determina el grado de acidez como alcalinidad presente en el suelo, este parámetro es determinante en el desarrollo de la planta ya que limita el suministro de nutrientes esenciales, además en niveles altos o bajos de alcalinidad

o acidificación la macrofauna no logra sobrevivir. El instrumentó que mide los niveles de hidrógeno en el suelo se lo conoce como pH-metro o sensor de pH y dicha escala está definida por rangos entre 0 y 14. (p. 11)

Por su parte Paredes (2004) menciona que el:

pH, es para determinar la concentración de iones hidrogeno en el suelo, que controla la actividad de los microorganismos y la disponibilidad de nutrientes. El rango óptimo para el cultivo de cacao es 5,5-6,5. Un buen sustrato es un sustrato con una composición de 50% buena tierra, 25% MO y 25% arena. (p. 12)

Capacidad de intercambio catiónico. Respecto a capacidad de intercambio catiónico, FAO (2015) señala que:

Mide la cantidad de la carga negativa presentes en la superficie de componentes orgánicos y minerales en suelo, y reflejan la cantidad de cationes que el suelo pueden retener (Ca^{2+} , Mg^{2+} , etc.). Los cuales, se intercambiarán con otros iones de hidrogeno presente en la solución del suelo que son liberados por las raíces. Los niveles en la CIC indican una buena capacidad del suelo para la retención de cationes, disponibilidad y la cantidad de nutrientes para la planta y mejora el potencial de hidrogeno. Los suelos con una CIC bajan indican una baja capacidad para almacenar nutrientes y son arenosos (bajo contenido de MO). La CIC presentan unidad de medición en $\text{Cmol}(+)/\text{kg}$ o $\text{meq}/100\text{g}$ de suelo. (p. 36)

Nitrógeno. Mora (2016, como se cita en Perdomo y Barbazan, 2023) manifiesta que el nitrógeno en el suelo:

Generalmente nace de residuos de fertilizantes nitrogenados, y procesos del periodo del nitrógeno, este componente en el suelo es fijado como nitrógeno orgánico el cual por ocupaciones microbianas se transforma en diferentes maneras de nitrógeno como por ejemplo nitritos y amonio debido a que estas maneras son consumibles para las plantas y condicionan el aumento y desarrollo de la vegetación. (p. 11)

Fosforo. Respecto al fósforo la Dirección de Ciencias y Tecnologías Agropecuarios (DICTA, 2016), señala que:

Pertenece a los macroelementos que condiciona los procesos metabólicos,

transferencia de energía y descomposición de sustancias en las plantas, en el suelo está a modo de forma natural en las piedras y es liberado por procesos de erosión, además es incorporado de manera artificial por productos fosforados que son descargados o arrojados. (p. 8)

Potasio. Imas (2020, como se citó en Huamán, 2021) sostienen que el potasio es conocido como:

Elemento de calidad, mejora muchos aspectos como mayor porcentaje comercializable del rendimiento total, aumento en el porcentaje de proteína en los granos, mayor contenido de aceite y vitamina C, mejora el color y sabor de las frutas, aumento de tamaño de frutos y tubérculos, menores pérdidas durante el almacenamiento y transporte, y una vida más larga de las frutas y hortalizas en los anaqueles del supermercado. Es esencial para el crecimiento vegetal e indispensable en la agricultura moderna de altos rendimientos. Los cultivos absorben K igual o más que el nitrógeno. La aplicación de K trae aparejados productos agrícolas de alto valor y máximos rendimientos económicos para los agricultores. Juega un rol importante en la fotosíntesis, activa más de 60 sistemas enzimáticos, promueve la síntesis, traslocación y el almacenamiento de carbohidratos y optimiza la regulación hídrica en los tejidos vegetales. Estas múltiples funciones vitales del potasio hacen que sean numerosos los efectos positivos en la fertilización potásica: promoción de crecimiento radicular, aumento de la resistencia a la sequía y a las heladas, disminución de la incidencia de plagas y enfermedades, reducción a la tendencia del vuelco de cereales e incremento de la nodulación en leguminosas. (p. 19)

Calcio. Pérez (2017), respecto al calcio menciona que:

Cumple un papel estructural al mantener la integridad de la planta cumpliendo las siguientes funciones: Impedir los daños a la membrana celular, evitando el escape de sustancias intracelulares. El calcio actúa como un regulador de la división y extensión celular, a través de la activación de una proteína modulada por (calmodulina). Y también actuar modulando la acción de todas las hormonas vegetales, regulando la germinación, el crecimiento y senescencia. Retarda la senescencia y abscisión de hojas y frutos. El ión calcio juega un papel importante en el desarrollo vegetal y regulación metabólica; un aumento en la concentración

del calcio citoplasmático activa la enzima, sintetasa, situada en la membrana plasmática, dando lugar a la formación de callosa. El ión calcio libre, se reconoce actualmente como un regulador intracelular importante de numerosos procesos bioquímicos y fisiológico. (p. 30)

Materia orgánica. Primavesi (1984, como se citó en Garro, 2016) sostienen que la materia orgánica es:

Toda sustancia de origen vegetal o animal, provienen de plantas, conformada por hojas, troncos y raíces, o bien al originarse de animales e incluso microorganismos, por lo que estará formada por cuerpos muertos y sus excretas. Es importante entender que la materia orgánica no solo aporta nutrientes, sino que el humus, producto final de la degradación y capaz de mejorar la estructura y fertilidad del suelo, solo se produce a partir de materiales ricos en carbono y de lenta degradación, no se origina a partir de los estiércoles y leguminosas, materias que principalmente actúan como abono en el corto plazo. (p. 20)

Tabla 1.1

Elementos químicos en los abonos orgánicos

Composición	Humus de lombriz	Estiércol de vacuno	Gallinaza	Bocashi
pH	6.9	6.6	6.5	6.8
H %	14.49	14.01	14.39	9.64
Ceniza %	42.37	32.23	26.67	57.13
M.O %	57.63	67.77	73.33	42.87
N %	1.15	0.44	1.41	1.01
P %	1.04	0.3	0.37	0.32
K %	1.44	0.8	0.92	0.47
Ca %	6.26	0.81	3.29	1.24
Mg %	0.67	0.55	0.33	0.34
Na %	0.6	0.2	0.17	0.46
C/N	16	48	16	13

Nota. En esta tabla se muestra la composición de pH, humedad, ceniza, materia orgánica, relación C/N y los minerales en %, de cada uno de los abonos orgánicos, por Berrocal, 2016.

Tabla 1.2*Análisis de sustratos para producción de cinco especies forestales en Costa Rica*

Sustrato	Al	Ca	Mg	K	P	Cu	Fe	Mn	Zn
	cmol (+)/L					Mg/L			
Inceptisol	0.28	21.4	3.5	0.99	12.5	118	104	7.9	6.3
Andisol	0.3	9	1.57	0.69	12.4	27.3	22.5	10.1	5.7
Ultisol	1.4	0.83	0.18	0.13	3.1	10.3	501	3.1	2.4
Ultisol, CaCO ₃ , NPK	0.25	2.53	0.18	0.58	20	10.3	501	3.1	2.4
Andisol, NPK	0.3	9	1.57	1.14	20	27.3	22.5	10.1	5.7

Nota. Se muestra los análisis de cinco sustratos utilizados para la producción de cinco especies forestales en Costa Rica, por Calvo-Alvarado et al., 2015.

1.2.4. Componentes de los sustratos

“Los componentes de los sustratos varían de acuerdo a las especies que se va propagar y la accesibilidad y/o disponibilidad de los mismos. Es una mezcla de tierras (turbas), humus, arena, cascarilla de arroz y fertilizantes” (Campos, 2018, p. 26).

Turbas. “Es un material de origen vegetal, descompuestos normalmente con proporciones humificados” (Campos, 2018, p. 26).

Humus. Campos, 2018 respecto humus es “Producto de la digestión de las lombrices, materia orgánica” (p. 26). Mientras que Hortalizas (2014, como se citó en León, 2019) sostiene “que el humus modera cambios de acidez y neutraliza los componentes orgánicos tóxicos, entonces, el suelo que posee un porcentaje de materia orgánica humificada se encuentra con mayores defensas a bacterias y hongos” (p. 13).

Arena. “Material que procede de las canteras” (Campos, 2018, p. 26).

Mantillo. “Es un material descompuesto de la materia vegetal, normalmente lo encontramos en los primeros centímetros del suelo, particularmente es la mezcla de hojas, flores, ramas en descomposición” (Agromática, 2017, como se citó en León, 2019, p. 14). “La arena es un material que más se utiliza por ser fácil de usar, posee granulometría que le dan buen drenaje al sustrato” (Agromática, 2015, como se citó en León, 2019, p. 13).

Materia orgánica. “Es un insumo fuente de nitrógeno, fósforo y potasio, favorece

a la actividad de la microflora y microfauna, además de tiene reportes que la materia orgánica tiene capacidad de retener 200 veces su peso en agua” (INFOAGRO, 2017, como se citó en León, 2019, p. 16).

Musgo. “Es un material orgánico, con buenas propiedades en la retención y absorción de agua” (INFOJARDIN, 2015, como se citó en León, 2019, p. 17).

1.2.5. Historia y distribución del género *Cinchona*

Veneros y García (2022), en relación con la historia y distribución del Género *Cinchona*, señalan que la:

Primera referencia geográfica registrada para el género *Cinchona*, se encuentra en la montaña de Caxanuma (Loja, Ecuador). Las georreferencias históricas aumentaron notablemente de 1800-1899 a 1900-1999, con 1113 y 1942 ejemplares, respectivamente. Entre 1800 y 1899, las georreferencias abarcaron no solo los países andinos (Perú, Ecuador, Colombia, Bolivia) sino que también incluyeron ejemplares introducidos en Jamaica, Madagascar, India e Indonesia, el país con más colecciones en este centenario fue la India. El siglo XIX presentó el mayor número de referencias geográficas sin aumentar el número de países georreferenciados, Colombia alcanzó el mayor número de referencias geográficas. Desde el año 2000 hasta el 2021 obtuvo 2439 registros, en su mayoría ubicados en la región andina. De un total de 41 países con ocurrencias de *Cinchona* spp., Perú y Ecuador lideran las georreferencias. En Perú, *Cinchona* está georreferenciada en 16 de las 24 regiones, con la región de Cajamarca a la cabeza. El Perú cuenta con 24 especies de este género. (p. 10)

Medina et al. (2020) sostienen que la especie *Ladenbergia oblongifolia* conocida comúnmente como el árbol de la quina, quina o cascarilla son:

Los más representativa del género *Cinchona* es *Ladenbergia* y *Remejía*, estas pertenecen a la familia de las Rubiáceas, *Ladenbergia* tiene 35 especies de las cuales 7 son endémicas en el Perú. La especie *Ladenbergia oblongifolia* está siendo estudiada como árboles en la medicina natural, árboles conocidos como quina, cascarillas en la selva amazónica, realizaron un estudio sobre la cuantificación de alcaloides de la especie mencionada, a fin de revalorizar como recurso etnobotánico y acciones farmacológicas que le atribuyen. (p. 172)

Zevallos (2016, como se citó en León, 2019) asevera que el clima donde se distribuyen las especies del género *Ladenbergia* corresponden a:

Regiones de Ceja de Selva o Ceja de montaña, con características de cálido, húmedo con abundante y persistente precipitación, presencia de nubosidad en todo el año y los suelos donde se encuentran los podemos clasificar como coluviales y aluviales. Los suelos son de profundidad media a muy profundos, con textura media a pesada y elevado contenido de arcillas; los suelos con material calcáreo o calizas son más fértiles y de un pH más elevado; de tonos rojos a pardos. (p. 3)

Brack (2021) al respecto a la historia y distribución de la corteza peruana que salvó millones de vidas, sostiene que:

El pasado nos ha enseñado lo valioso de la conservación y de la necesidad de saber las bondades y características de especies que contribuyen a la vida y a la salud de la población. Muchas especies, son parte de la medicina tradicional de nuestros pueblos indígenas, como el árbol de la quina o cascarilla, cuyo notable aporte a la ciencia médica, desde hace tres siglos, ha logrado significativos beneficios a la población mundial. Reconocida como parte de nuestro patrimonio nacional, la quina ha significado, desde 1638, una contribución valiosa a la vida y a la salud. Las propiedades medicinales de su corteza han trascendido fronteras y han sanado desde pueblos hasta reyes, incluso a ejércitos. Sus usos terapéuticos motivaron numerosas expediciones científicas en el Perú y Sudamérica para investigar y replicar su presencia en otros continentes. Actualmente, la quina se encuentra en diez departamentos del Perú: Cajamarca, Piura, Lambayeque, Huánuco, Junín, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Cusco y Puno, en los que se han identificado 23 especies estudiadas. Algunas de ellas se encuentran en áreas naturales protegidas, donde se conservan muestras representativas de los ecosistemas y habitan especies que aportan a la economía y a la salud. El Estado peruano promueve la conservación de la quina al incluirla dentro de los programas de repoblamiento de especies y recuperación de ecosistemas. Asimismo, buscando crear conciencia, se proporcionan datos y hechos de nuestra historia asociados a la importancia de esta especie, que, además de ser medicinal, contribuye en materia ambiental y forestal. (pp.13-14)

1.2.6. Descripción botánica de *Ladenbergia oblongifolia*

Serrano (2013, como se citó en León, 2019), describe respecto a las características botánicas de quina (*Ladenbergia*) señalando que:

Esta especie por lo general son árboles grandes a medianos; pubescentes a glabros; en algunas ocasiones el fuste se descascarará a modo de láminas, es de corteza muy amarga, generalmente la corteza externa es de color marrón oscuro, fisurada ligeramente que se desprenden en pequeñas placas en forma irregular. Las hojas son de formas variables, desde casi orbiculares o lanceoladas, siendo algunas pubescentes y otras lisas. Poseen la vena media muy desarrollada y las venas laterales un poco prominentes. Son simples, opuestas y recusadas, de forma elíptico-ovalada; presentan dimensiones entre 7 a 18 cm de ancho y 8 a 27 cm de longitud. Las flores se distribuyen en panículas terminales con 20 a 25 cm de longitud. “La corola es gamopétala, con pétalos de color blanco, rosa o rojo y tiene cinco lóbulos valvados. El fruto es una cápsula color marrón oscuro con forma elipsoide y dehiscente, poseen semillas fusiformes, redondeadas con ala membranosa, son de 7-10 mm de largo, 2-3 mm de ancho y son ligeras para su tamaño. (p. 4).

1.2.7. Taxonomía de *Ladenbergia oblongifolia*

Medina et al. (2020), respecto a clasificación taxonomía de *Ladenbergia oblongifolia* (Mutis) L., señala que pertenece a:

Reino	: Plantae
División	: Tracheophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Rubiales
Familia	: Rubiaceae
Tribu	: Cinchoneae
Género	: <i>Ladenbergia</i>
Especie	: <i>Ladenbergia</i> sp. (p.170)

1.2.8. Descripción ecológica de *Ladenbergia oblongifolia*

Temperaturas y precipitación. Según Rodríguez y Ariza (1998) el árbol de *Ladenbergia oblongifolia* (Mutis) L. necesita de:

Climas cálidos, húmedos, con precipitaciones abundantes y nubosidad casi todo

el año. Para lo cual las precipitaciones anuales deben ser de casi 2,000 mm y un promedio de 865 mm/año de evapotranspiración potencial, su altitud promedio es de 900 hasta 2100 m.s.n.m. y posee una altura de distribución óptima de 1600 m.s.n.m. Para este género las zonas de mayor altitud no son adecuadas, por las heladas en las noches, pues este resiste temperaturas bajas hasta 6.5°C y altas hasta 25°C, estos cambios de temperaturas y precipitaciones están relacionados con la altitud y la latitud. (p. 7)

Suelos óptimos para el género. Padilla (2017) estudió la fenología y las características edáficas en el que crece árbol de la quina, determinando que:

Esta especie crece en suelos ricos en hierro, nitrógeno y materia orgánica; además alto contenido de acidez para todos los sectores presentando mayor porcentaje de arena que limo y arcilla. Asimismo, señalaron que los suelos más óptimos para las plantaciones de este género, son los de origen volcánico intemperizado y bajo un bosque virgen, y en cuanto a tierno sea el suelo, superior será el cultivo, dichos suelos son acentuados, desmoronables, productivas y con un adecuado drenado, con una densa cobertura de material orgánico y alta retención de humedad, son muy abundantes en bases, en especial el calcio para el que este género tiene necesidad, el pH de estos suelos pueden variar de 4.6 a 6.5, logra desarrollarse en distintos tipos de suelos, no obstante para el buen crecimiento de los árboles los suelos se deben acercar a las necesidades mencionadas con anterioridad. Los suelos donde se desarrolla este género están clasificados como coluviales y aluviales; se asientan en relieves ondulados con poca área suave, usualmente en laderas y en lugares donde predominan las pendientes, las especies de este género están ligadas con especies como: Cedro de altura, nogal, romerillo, zarzamora, guayacán. (p. 27)

Fenología de foliación. Según Villar et al. (2018), respecto a la fenología de foliación sostiene que es el:

Ciclo de vida de las hojas, que comprende tres etapas; hoja nueva, madura y defoliación que comienza con la formación de yemas foliares, es la acción de emitir hojas, iniciándose por un hinchado de las yemas a lo que sigue la separación de las escamas que antes las protegían, y finalmente la aparición de pequeñas hojas iniciales, las quinas son de hoja perenne, en otras palabras, muestra su follaje en

todo el año, tan pronto que sus hojas se van marchitando, estas se desprenden, produciendo nuevas en las zonas apicales de manera continua. Esta fase del nacimiento de hojas se observa en los meses de mayo a junio, la fase de hojas maduras y defoliadas se muestran en todo el año. (p. 14)

Fenología de floración. Según Villar et al. (2018), respecto a la fenología de floración sostiene que es:

La primera etapa del proceso reproductivo de árbol de quina, requisito para la formación de las semillas, se presenta una vez al año y gradualmente, con una duración aproximada de 10 meses y conducta cíclica; comienza formando el botón floral y finaliza con la separación de la flor. La fase de inicio se puede observar de enero a marzo y la fase plena de marzo a mayo. (p. 14)

Fenología de fructificación. Según Villar et al. (2018), respecto a la fenología de fructificación sostiene que la:

Fase de fructificación de árbol de la quina sostiene que: Esta etapa posee tres fases (inmaduro, maduro y dehiscente); y ocurre una vez al año, con una duración aproximada de 12 meses y una conducta cíclica, comienza formando el fruto y finaliza con la apertura de este y la dispersión de las semillas. La fase del fruto inmaduro se presenta de mayo a julio, la fase del fruto maduro de agosto a noviembre y la fase del fruto dehiscente de octubre a febrero. (p. 15)

1.2.9. Características de semilla de *Ladenbergia oblongifolia*

Albán-Castillo et al. (2020) respecto de las características de semillas de *Ladenbergia oblongifolia* manifiesta que:

La forma de la semilla de la quina es alar (longitud menor a 3.5 veces el ancho), permitiendo ser llevadas por el viento (anemocoría); el margen alar de la semilla es dentado irregularmente, muy frágil que se rompen fácilmente, tamaño de la semilla con endospermo y embrión pequeño tipo espatulado de color blanco (entre 10 a 12 mm). Se disgregan con facilidad en el medio, no obstante, su recolección es dificultosa y costosa. Al recolectarse tiene que almacenarse en un lugar seco, aireado y fresco, es recomendable hacer uso de depósitos aireados como son las bolsas de papel o sacos de malla fina (no se recomienda guardar en bolsas plásticas) previo a su almacenamiento deben seleccionar las semillas y desinfectar

con mucho cuidado. dichas semillas se producen entre fines de junio y fines de agosto. En los estudios de germinación llevados a cabo en semillas de este género se hallaron porcentajes muy bajos (8%) debido a que las semillas de calidad son muy difíciles de recolectar ya que son muy susceptibles al ataque de los insectos y otros agentes como la disponibilidad de luz, poco contenido de humedad y el estado de almacenamiento; por otra parte, el porcentaje de viabilidad promedio es alto al inicio pero que va disminuyendo con el tiempo de almacenamiento (9 meses). (pp. 423-424)

Germinación. Según Fungueiro et al. (2020) la germinación de la semilla es conjunto de procesos que implica lo siguiente:

La semilla salga de su estado de latencia o dormición y comience a crecer y desarrollarse como un nuevo individuo. El proceso germinativo implica una serie de acontecimientos metabólicos y morfogenéticos que se desencadenan cuando las condiciones del medio donde está la semilla son favorables para el crecimiento de la futura plántula. Estas condiciones ambientales están relacionadas con la luz, la temperatura, la presencia de oxígeno y la humedad, la estructura y los nutrientes del suelo. (p. 37)

Características de la germinación. Fungueiro et al. (2020) sostiene que en el proceso de germinación de semilla presenta las siguientes características:

- Depende de las condiciones del medio y del estado de la semilla.
- Puede ocurrir inmediatamente después de la dispersión de la semilla o luego de un período de latencia, durante el cual el embrión está vivo, pero las condiciones del medio son desfavorables.
- Involucra el consumo de las reservas nutritivas presentes en la semilla para que el embrión se desarrolle. (p. 38)

Etapas de la germinación. Según Fungueiro et al. (2020) el proceso de germinación de la semilla se divide en tres siguientes etapas o fases:

1. **Fase de imbibición:** la primera etapa implica la hidratación de la semilla. Esta fase es clave y su duración depende de la cantidad de agua en el medio y de la cubierta de la semilla. Tanto el déficit como el exceso de humedad, así como

también las bajas temperaturas, pueden afectar la germinación. La hinchazón que produce la absorción de agua desencadena una serie de reacciones metabólicas necesarias para la siguiente fase.

2. **Fase de germinación (en sentido estricto):** en la segunda etapa se activa el metabolismo de la semilla por completo. Esto permite transformar los nutrientes de reserva (glúcidos, proteínas y lípidos complejos) en sustancias sencillas que pueden ser utilizadas por el embrión para generar energía. A diferencia de las otras dos etapas, la absorción de agua es mínima durante esta fase.
3. **Fase de crecimiento:** la tercera etapa inicia con la extensión de la radícula (raíz rudimentaria) a través de la envoltura de la semilla. Posteriormente, comienza el desarrollo de la plántula. En esta fase vuelve a aumentar la absorción de agua y, además, se incrementa la actividad respiratoria y el gasto energético. Las semillas que alcanzan esta fase no pueden revertir el proceso de germinación, por lo que, si las condiciones del medio no son favorables, el embrión morirá.
(p. 39)

Tipos de germinación. Respecto a tipos de germinación de árbol de quina, Fungueiro et al. (2020) sostienen que existen dos tipos de germinación y son los siguientes:

La **germinación epigea**, los cotiledones emergen de la tierra y quedan sobre la superficie. Esto se debe al alargamiento del hipocótilo, que es el eje del embrión y se ubica entre la radícula y la plúmula (extremo opuesto). Al quedar sobre la superficie, los cotiledones se transforman en los primeros órganos fotosintéticos. Luego, por encima de los cotiledones se desarrollan las primeras hojas verdaderas a partir del epicótilo. Ejemplo; La tara, el pino tienen este tipo de germinación.

La **germinación hipogea**, los cotiledones no emergen de la tierra, sino que quedan debajo de la superficie y no se transforman en órganos fotosintéticos. Esto se debe a que el hipocótilo es muy corto o nulo. En este caso es el epicótilo el que se alarga y emerge de la tierra dando lugar a las primeras hojas verdaderas que, a su vez,

son los primeros órganos fotosintéticos. Ejemplo; El eucalipto, el roble tienen este tipo de germinación. (p. 40)

Dormancia o latencia. Albán-Castillo et al. (2020) en relación con la dormancia de la semilla, manifiestan que:

Hay semillas que teniendo la capacidad para germinar y siendo colocadas bajo condiciones adecuadas, no germinan. A este fenómeno se llama dormancia o latencia, además, señalan que “es consecuencia de la combinación de los factores ambientales y genéticos; la importancia de cada factor y la intensidad requerida dependen básicamente de la especie. (p. 425).

Poder Germinativo. La Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (ISTA, 2002), señala que:

El poder germinativo es la proporción expresado en % de semillas que dan lugar a un germen normal respecto del total de semillas de la muestra operativa en un plazo de tiempo determinado para cada especie. El objetivo fundamental del análisis de germinación (Poder Germinativo) consiste en estimar el número máximo de semillas que podrían germinar en condiciones óptimas. (p. 817)

Las fórmulas propuestas por ISTA (2002) es: $PG\% = N^\circ \text{ de semillas germinadas} / N^\circ \text{ de semillas sembradas} * 100$ (p. 817)

Velocidad de germinación. ISTA (2020) define “como la relación del número de semillas germinadas con el tiempo de germinación.

$$M = \sum \frac{n_i}{t}$$

Donde:

M: Velocidad de germinación

n_i : número de semillas germinadas

t: tiempo de germinación de la siembra hasta la germinación de la última semilla (p. 817)

1.2.10. Calidad de los plantones de *Ladenbergia oblongifolia*

Índices de calidad. Orozco et al. (2019) en relación con el índice de calidad de

plantón mencionan que:

El diámetro es una de las características de calidad más importante, predice la supervivencia de la planta en campo y define la robustez del tallo. Plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas. (p. 84)

Flores et al. (2021) mencionan que “para estimar la calidad de planta se debe tener en cuenta los criterios morfológicos de la planta, altura del tallo, diámetro a base de cuello y cantidad de biomasa, con estas variables se calculan el índice de robustez” (p. 3). “La calidad de la planta es uno de los componentes más importantes de los que depende el éxito de la restauración de una cubierta vegetal” (Villar, 2003, como se citó en Gil, 2014, p. 13).

Índice de robustez. Orozco et al., (2019), respecto al índice de robustez de plantón mencionan que es “la relación de la altura (cm) con el diámetro del cuello de raíz (mm)” (p. 76). “Este índice refleja la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm) y debe ser menor a seis” (Tinoco, 2014, p. 6). “El menor valor indica que se trata de arbolitos más bajos y gruesos, aptos para sitios con limitación de humedad, ya que valores superiores a seis los dispone a los daños por viento, sequías y heladas” (Rodríguez, 2008, citado por Tinoco, 2014, p. 6)

Relación altura de planta/longitud de la raíz. “Predice el éxito de la plantación y debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical de las plantas” (Orozco et al., 2019, p. 77).

Índice de lignificación. Orozco et al. (2019), señalan que “un índice de lignificación de 22.08 es una cifra que indica que la planta está con estrés hídrico. Además, mencionan que la mayor lignificación de una planta la hace más resistente a daños físicos” (p. 78). “La disminución del suministro de agua induce el estrés hídrico, lo cual contribuye a reducir el crecimiento en altura, promover la aparición de la yema apical e inicia mecanismos de resistencia a sequías y bajas temperaturas” (Tinoco, 2014, p. 7). “Consiste en determinar el porcentaje de peso seco, respecto al contenido de agua en las plantas, expresa el nivel de reacondicionamiento de las plantas donde los valores óptimos de lignina presentes en las coníferas están entre 25 y 30%” (Prieto et al., 2009 como se citó

en Tinoco, 2014, p. 8). “La lignificación del tallo le provee soporte a la planta ante el estrés hídrico, cambios ambientales y propicia su establecimiento en el campo, realiza múltiples funciones que son esenciales para la vida de las plantas” (Tinoco 2014, p. 10).

Orozco et al. (2019) establecieron “valores integrales para parámetros morfológicos y fisiológicos, para la calidad de planta en base a la altura, diámetro, longitud de raíz” (p. 78), cuyos valores se observa en la tabla 1.3.

$$IL = ((\text{Peso seco total de la planta}(g))/(\text{peso humedo total } (g))) \times 100$$

Índice tallo/raíz. Según Orozco et al. (2019) se refiere al “índice tallo/raíz señalan que es la relación entre el peso seco del tallo (gramos) sobre el peso seco de las raíces (gramos)”. (p. 78). More et al. (2018) señala que “los valores morfológicos y fisiológicos son muy importantes para determinar la calidad de los plantones forestales” (p. 35). (Ver tabla 1.3).

Tabla 1.3

Valores para calificar la calidad de plantones

Características		Calidad y rango		
		Alta	Media	Baja
Morfológicas	Altura	15-25	10-14.9	<10
	Diámetro basal (mm)	≥ 4	2.5–3.9	<2.5
	Relación altura/diámetro basal	<6	6.1-8.0	>8
	Relación altura/longitud de raíz	≤ 2	2.1-2.5	>2.5
	Relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz	1.5-2	2.1-2.5	>2.5
Fisiológicas	Índice de calidad de Dickson	≥ 0.5	0.49-0.2	<0.2

Nota. Se muestra los diferentes valores para calificar la calidad de plantas.

1.2.11. Propagación de plantones por semilla vegetativa

Albán-Castillo et al. (2020) respecto a las experiencias de propagación vegetativa de la especie, señalan que:

La alternativa de propagación por semillas posee resultados positivos, requiriendo un número alto de semillas, pero no siempre logra un buen porcentaje de germinación. Por ello se necesita obtener mayor cantidad de semillas viables, para logra alto porcentaje germinativa. Las semillas de quina necesitan de luz para

lograr germinar y son sembradas al voleo sobre la superficie del terreno de los semilleros, necesitan de mucho cuidado para evitar que estas se sequen o se mantengan demasiado húmedas. Es recomendable regar con un atomizador hasta que broten las plántulas. El proceso de germinación se observa entre 12 y 15 días de sembradas las semillas. La plantación se puede realizar en cualquier estación del año, pero lo recomendable es hacerlo en período seco, ya que así evitamos problemas mayores de pudrición. Cuando las plántulas emergieron, regar de tres a cuatro veces por día, para evitar un porcentaje mayor de pérdidas. Se trasplanta cuando las plántulas tengan de 4 a 5 cm de altura y permanecen en el vivero, más o menos cinco meses, se trasplantan a una distancia de 10 a 15 cm. Para adaptar gradualmente a las plántulas a los rayos del sol, se retiran progresivamente los cobertizos, hasta después de un año y medio. Un gr de semilla produce aproximadamente 1200 plántulas. Pruebas realizadas en Indonesia han concluido que influye mucho la localización y condiciones del vivero en las diferencias en rendimiento de corteza y contenido de quina en los clones o plantas que se producen por semillas. (pp. 424 - 425)

1.2.12. Propagación en bandejas de polietileno

Alcívar (2012, citado por Alejo y Reyes, 2014), respecto a la propagación en bandejas manifiesta que:

Las principales ventajas de esta tecnología es que garantiza una perfecta formación de las raíces de las plántulas. A diferencia de sembrar en bolsas de polietileno, que provoca que las raíces de las plantas se enrollen, las bandejas están dotadas de una ranura que permite que éstas se desarrollen en forma radicular (hacia abajo) y mejor. El sistema tradicional de viveros es más costoso y menos eficiente cuando se compara con las bandejas, que puede triplicar la cantidad y calidad de las plantas en menor tiempo y con el mismo presupuesto: terreno, agua y recurso humano. (p. 33)

1.2.13. Usos de *Ladenbergia oblongifolia*

Villar et al. (2018) en cuanto se refiere a usos y utilidades del árbol de la quina, manifiestan que:

Este género es calificado como maderable, con una alta calidad para tablones y muebles, difícilmente se raja o se descompone en el campo, es por ello que suele

ser utilizado como puntales en las minas. El color de la madera es rosado, flexible e excelente para ebanistería. Otros usos que se le atribuye a este género es que, al macerar en agua fría y luego hervirla se obtiene una bebida o brebaje de coloración rojiza o vino, que se le suministra al paciente con fiebre. Por otro lado, la corteza se usa como medicamento y eupéptico, de manera que se usa como preventivo y curativo del paludismo. El cocido de la corteza o bien el sulfato de la *Ladenbergia* es anti fermentativo en los catarros crónicos, en pacientes mal del estómago con fermentación ácida. (p.15)

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del ensayo

El trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones del Ministerio de Agricultura y Riego - MIDAGRI, frente al campo ferial, carretera a la Comunidad nativa Sankiroshi, del distrito de Pichari, ubicado en ceja de selva de la margen derecha de los ríos Apurímac entre los departamentos de Cusco y Ayacucho, al noroeste de la capital de la Provincia de la Convención, su ámbito territorial está comprendida entre las altitudes 250 m.s.n.m. y 3500 m.s.n.m., cuya capital del distrito, del mismo nombre, se encuentra situado a una altitud de 500 m.s.n.m.

2.1.1. Ubicación política

Región	: Cusco
Provincia	: La Convención
Distrito	: Pichari
Sector	: Carretera a Sankiroshi – frente al campo ferial.

2.1.2. Ubicación geográfica

Latitud sur	: 12°28'44"
Longitud oeste	: 73°47'09"
Posición con GPS coordenadas: 18L 627300, UTM 86115703	

2.2. Límites

- Por el norte con los distritos de Río Tambo y Pangoa, provincia de Satipo, departamento de Junín.
- Por el sur con el distrito de Kimbiri, provincia de La Convención, departamento de Cusco.
- Por el este con el distrito de Echarate, provincia de La Convención,

departamento de Cusco y con el distrito de Río Tambo, provincia de Satipo, departamento de Junín.

- Por el oeste con los distritos de Sivia y Llochegua, provincia de Huanta, Ayacucho y distrito de Pangoa, provincia de Satipo, departamento de Junín.

Figura 2.1

Mapa de ubicación del distrito de Pichari



Nota. distrito de Pichari en la Provincia de La Convención, Cusco *Nota.* Vivero forestal en la CCNN de Sankiroshi,.

2.3. Extensión territorial

Su ámbito territorial está comprendido entre 340 msnm en la confluencia del río Mantaro con el Apurímac y 4,200 m.s.n.m en las partes más altas; la capital distrital comprende 1 337.94 Km² (133,794.33 ha).

2.4. Características agroclimáticas del distrito

De acuerdo con los datos meteorológicos del año 2020, de la estación meteorológica del ejército peruano, base-Pichari, se presenta el balance hídrico para el distrito de Pichari (ver figura 2.2.) donde se puede observar que la temperatura promedio máximo alcanza a 30.8°C, la temperatura promedio mínimo es de 18.06°C, siendo la media mensual 24.4°C. La precipitación se presenta en forma variada, lo que permite determinar los meses con déficit de agua y meses con exceso de agua, por ejemplo; los meses con exceso de agua son diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo, setiembre,

octubre, noviembre y diciembre mientras que los meses con déficit de agua son junio y julio. El mes de agosto el valor de la precipitación es similar al valor de la evapotranspiración.

Figura 2.2

Balance hídrico del distrito de Pichari (2020)

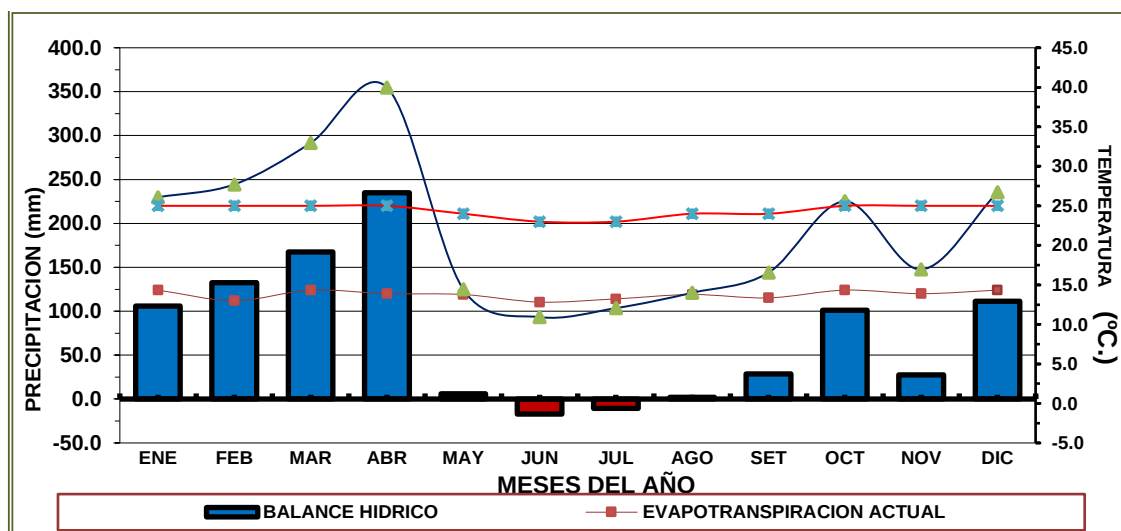


Tabla 2.1

Interpretación de los resultados del análisis de los sustratos del ensayo

Trat.	Clase textural	pH agua (1:2.5)	CE dS/m 1:1	M.O. %	Nt %	Fósforo disponible ppm P	Potasio disponible ppm K	CIC (Cmol (+) Kg
T ₀	Fr-Ao	Neutro	Muy ligeramente salino	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio
T ₁	Fr-Ao	Moderadamente ácido	Muy ligeramente salino	Medio	Medio	Alto	Bajo	Bajo
T ₂	Fr-Ao	Neutro	Muy ligeramente salino	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo
T ₃	Fr-Ao	Ligeramente ácido	Muy ligeramente salino	Medio	Medio	Alto	Bajo	Bajo
T ₄	Fr-Ao	Ligeramente ácido	Muy ligeramente salino	Medio	Medio	Alto	Bajo	Medio

2.5. Materiales y equipos

2.5.1. Materiales para producción y evaluación

- Bandejas de 54 unidades
- Tubetes de 180 cc

- Regadera
- Repicador
- Manguera
- Vernier digital
- Regla milimétrica

2.5.2. Equipos de laboratorio

- Balanza electrónica
- Horno

2.5.3. Material biológico

- Semilla de quina

2.5.4. Insumos

- Tierra de bosque virgen
- Tierra arcillosa con gravas
- Arcilla amarilla (donde crece la quina)
- Tierra negra
- Tierra arpillar
- Guano de las islas
- Aserrín
- Arena

2.5.5. Herramientas

- Pico
- Lampa
- Carretilla
- Zaranda

2.6. Factores en estudio

2.6.1. Tipos de sustrato

Los tipos de sustrato es el resultado de la mezcla en diferentes proporciones de los materiales recolectado del ámbito de estudio, tales como: tierra de bosque, tierra arcilla

con gravas, arcilla amarilla, tierra negra, tierra arpillar, aserrín y arena.

S1 = 18% (tierra de bosque virgen) + 72% (Tierra arcillosa con gravas) + 5% de arena + 5% de aserrín.

S2 = 72% (tierra de bosque virgen) +18% (Tierra arcillosa con gravas) + 4% arena +4%aserrin + 2% guano de la isla.

S3 = 15% (tierra de bosque virgen) +15% (Tierra arcillosa con gravas) +60% (Arcilla amarilla) + 4% arena + 4% aserrín + 2% guano de la isla.

S4 = 13% (tierra de bosque virgen) +13% (Tierra arcillosa con gravas) +13% Arcilla amarilla +53% +4%arena+4% aserrín + 2% guano de la isla.

S5 = 12% (tierra de bosque virgen) +12% (Tierra arcillosa con gravas) +12% Arcilla amarilla +12% Tierra negra +46% de tierra arpillar + 4% arena+4% aserrín + 2% guano de la isla.

2.6.2. Tratamientos

Se ha considerado como tratamientos a cada uno de los cinco tipos de sustratos previamente preparados:

T0 = S1 [18% (tierra de bosque virgen) + 72% (Tierra arcillosa con gravas) + 5% de arena + 5% de aserrín].

T1= S2 [72% (tierra de bosque virgen) +18% (Tierra arcillosa con gravas) + 4% arena +4%aserrin + 2% guano de la isla].

T2= S3 [15% (tierra de bosque virgen) +15% (Tierra arcillosa con gravas) +60% (Arcilla amarilla) + 4% arena + 4% aserrín + 2% guano de la isla].

T3= S4 [13% (tierra de bosque virgen) +13% (Tierra arcillosa con gravas) +13% Arcilla amarilla +53% +4%arena+4% aserrín + 2% guano de la isla].

T4= S5 [12% (tierra de bosque virgen) +12% (Tierra arcillosa con gravas) +12% Arcilla amarilla +12% Tierra negra +46% de tierra arpillar + 4% arena+4% aserrín + 2% guano de la isla].

2.7. Diseño experimental

Para el desarrollo del trabajo de investigación en vivero se utilizó el Diseño Completo Randomizado (DCR) con 5 tratamientos (tipos de sustrato) y 54 repeticiones, haciendo un total de 270 unidades experimentales.

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = j ésima observación del tratamiento i

$i = 1, 2, \dots, k$

$j = 1, 2, \dots, n_i$

U = Media global

T_i = Efecto del tratamiento i

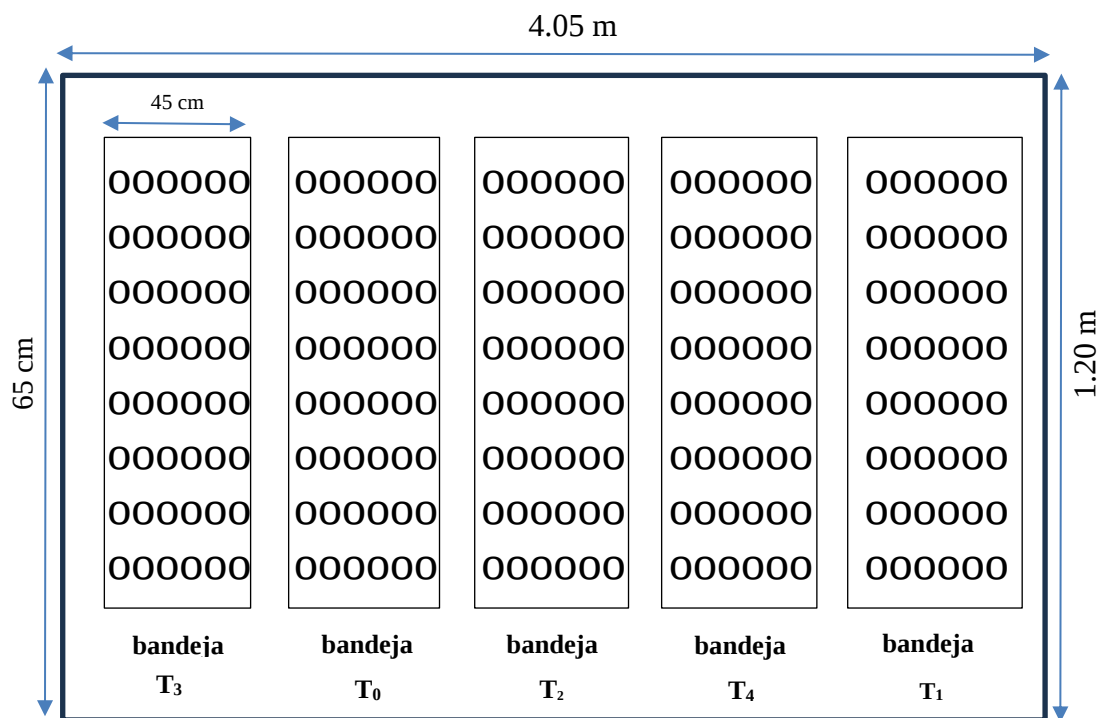
E_{ij} = Efecto del error experimental de la medición Y_{ij}

2.8. Distribución del campo experimental

La distribución del campo experimental se observa en la figura 2.3.

Figura 2.3

Croquis de distribución de los tratamientos en el vivero



2.9. Parámetros evaluados

La evaluación de los parámetros en estudio se efectuó durante y posterior del desarrollo de los plantones, es decir desde el momento de repique de la plántula, después de dos meses del desarrollo y la última se realizó después de cuatro meses de crianza en vivero de cada unidad experimental.

2.9.1. *Altura del plantón (cm)*

Para obtener la información de altura del plantón de cada unidad experimental, utilizando el vernier digital se procedió la medición de los plantones desde la base hasta el ápice del tallo, cuyos resultados son expresados en centímetros (cm).

2.9.2. *Diámetro de tallo (mm)*

Para obtener la información del diámetro de tallo del plantón de cada unidad experimental, utilizando el vernier digital en la base del tallo del plantón se efectuó las medidas correspondientes, cuyos resultados son expresados en milímetro (mm).

2.9.3. *Longitud de raíz (cm)*

Para obtener la información de la longitud de raíz del plantón de cada unidad experimental, con la ayuda del vernier digital se procedió la medición de todos los plantones desde la parte proximal hasta el distal de la raíz, cuyos resultados son expresados en centímetros (cm).

2.9.4. *Número de hojas*

Para lograr la información de número de hojas del plantón de cada unidad experimental, se contabilizó la cantidad de hojas que poseen los plantones, cuyos resultados son expresados en número.

2.9.5. *Número de raíz*

Para lograr la información de número de raíz del plantón de cada unidad experimental, se contabilizó la cantidad de raíces que poseen los plantones, cuyos resultados son expresados en número.

2.9.6. *Índice de robustez*

Es la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm); en tal sentido, los datos se obtuvieron dividiendo la altura del plantón entre el diámetro basal del tallo. Índice de robustez es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento, la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos y su valor debe ser menor a seis. Un valor inferior indica una mejor calidad de la planta, arbolitos más robustos, bajos y gruesos es son más aptos para sitios con limitación de humedad; valores superiores a seis sugieren una desproporción entre el crecimiento en

altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados

2.9.7. *Relación altura de plantón-longitud de raíz (R A/LR)*

Este dato se obtuvo utilizando la siguiente relación matemática: $R = BSA/BSR = \text{Biomasa seca aérea (g)} / \text{Biomasa seca raíz (g)}$

Figura 2.4

Medición de la altura utilizando el vernier digital



2.10. **Conducción del experimento**

En la conducción del presente trabajo de investigación, se ha considerado las diversas actividades agronómicas, las mismas que fueron aplicadas durante las diferentes etapas de propagación y desarrollo fenológico del plantón de la especie en estudio, tales como recolección de semilla, germinación de semilla, preparación de sustrato, repique, deshierbe y riego.

2.10.1. *Recolección de semilla*

Los frutos tipo cápsula de *Ladenbergia oblongifolia* (Mutis) L. se recolectaron de los árboles semilleros (coordenadas WGS 84 zona 18 S, 621345.52 Este, 8629913.98 Norte) de la comunidad de San Antonio, distrito de Pichari, provincia La convención, región Cusco. Una vez recolectada los racimos y seleccionada los frutos maduros (madurez fisiológica) se trasladó en cajas de cartón para luego dejar secar en aire libre a fin de facilitar la abertura de las cápsulas y extracción de las semillas.

Figura 2.5

Floración – fructificación, de Ladenbergia oblongifolia



Figura 2.6

Fruto y semillas de la especie Ladenbergia oblongifolia

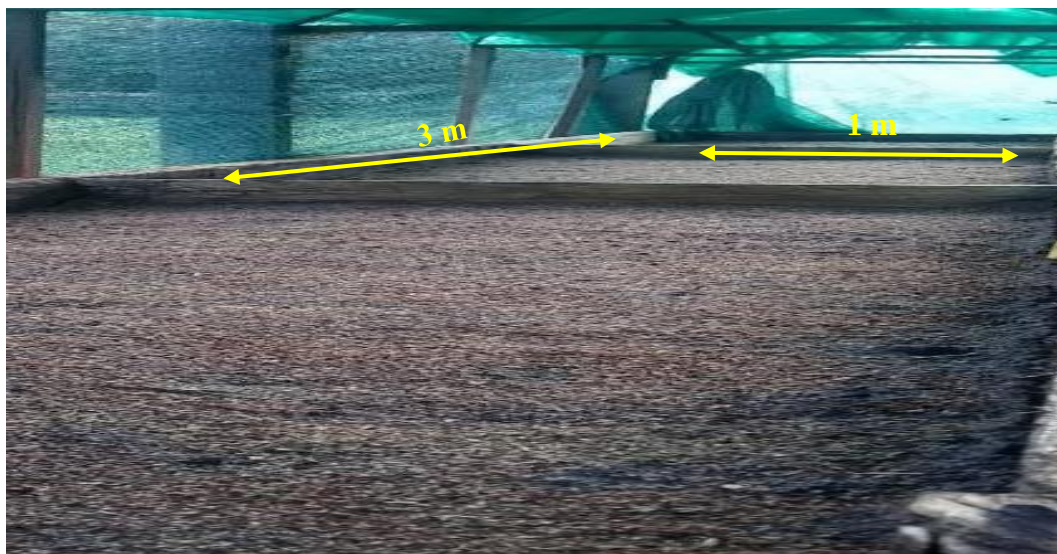


2.10.2. Preparación de cama de almacigo

Se preparó la cama germinadora a base de arena fina de río (100 % de arena) de 3.0 m de largo por 1.0 m de ancho y 0.25 m de profundidad, desinfectando con Tifón previo a la siembra.

Figura 2.7

*Cama germinadora de semilla de *Ladenbergia oblongifolia**



2.10.3. Almacigado de la semilla

Previo desinfección de las semillas utilizando Vitavax se efectuó la siembra, distribuyendo uniformemente las semillas de *Ladenbergia oblongifolia* tipo aladas (Figura 2.6) en la cama de almácigo, y en seguida se efectuó el riego pulverizado con mochila fumigadora con la finalidad de impregnar las semillas en el sustrato (arena) y evitar el desplazamiento por el viento. Finalmente, utilizando el cernidor se cubrió con una capa de arena fina desinfecta hasta tres veces del tamaño de la semilla. La germinación de las semillas empezó a los 25 días y finalizando a los 40 días.

2.10.4. Recolección de materiales para la preparación de sustratos para el repique

Los materiales que se emplearon en la preparación de los sustratos para el repique fueron: tierra de bosque, tierra arcilla con gravas, arcilla amarilla, tierra negra, tierra arpillar, aserrín y arena. La tierra de bosque fue recolectada de la parte alta del bosque primario (bosque no intervenido por el hombre) de la comunidad de Pueblo libre, la tierra arcilla con grava y arcilla amarilla fueron recolectadas de los bosque secundarios donde habita el género *Ladenbergia oblongifolia* de la comunidad de Amargura, la tierra negra u orgánica de textura franco arenoso fue recogida de purma de una parcela experimental de EPIAF, la tierra arpillar considerados suelo infértil y acida (lo que más existe en grandes extensiones en VRAEM) fue recolectada de la parcela del PROVRAEM- Pichari, la arena fue recolectada de la ribera del río Apurímac y el aserrín proviene de la carpintería de Leo en Pichari.

2.10.5. Preparación y llenado de sustrato en tubetes

La preparación de los sustratos consistió en mezclar los materiales acopiados de acuerdo con la proporción y tipos de sustrato en estudio, logrando preparar cinco tipos de sustrato: sustrato 1 = 18% (tierra de bosque virgen) + 72% (Tierra arcillosa con gravas) + 5% de arena + 5% de aserrín; sustrato 2 = 72% (tierra de bosque virgen) + 18% (Tierra arcillosa con gravas) + 4% arena + 4% aserrín + 2% guano de la isla; sustrato 3 = 15% (tierra de bosque virgen) + 15% (Tierra arcillosa con gravas) + 60% (Arcilla amarilla) + 4% arena + 4% aserrín + 2% guano de la isla; sustrato 4 = 13% (tierra de bosque virgen) + 13% (Tierra arcillosa con gravas) + 13% Arcilla amarilla + 53% + 4% arena + 4% aserrín + 2% guano de la isla; y S5 = 12% (tierra de bosque virgen) + 12% (Tierra arcillosa con gravas) + 12% Arcilla amarilla + 12% Tierra negra + 46% de tierra arpillar + 4% arena + 4% aserrín + 2% guano de la isla. En total se preparó 14,400 cm³ (0.0144 m³) por cada tipo sustrato, para luego llenar los 270 tubetes de 180 cm³.

2.10.6. Repique

Actividad que consistió en el traslado de los plantines desde la cama germinadora a los tubetes con sustrato. Con la ayuda de un repicador se hace un hoyo aproximadamente de 5 centímetros de profundidad en la parte central del tubete lleno de sustrato, seguidamente en el fondo del hoyo se coloca en forma vertical el plantín y con la ayuda del repicador se presiona alrededor de la plántula llenado de sustrato en los espacios vacíos.

2.10.7. Crianza de plantones

Consistió en realizar diversas labores agronómicas complementarias durante el ciclo vegetativo de la planta.

Desmalezado

Actividad que consistió en retirar la maleza de los tubetes, con la finalidad de evitar la competencia con las plántulas de *Ladenbergia oblongifolia*.

Riego

Actividad de vital importancia, se realizó tres o cuatro veces por semana, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar; incluso, se realizó diariamente en épocas con fuerte insolación.

Control fitosanitario

De acuerdo con la presencia de la enfermedad “pudrición radicular” se utilizó el producto Phynthon, en una dosis de 20 ml por mochila de 20 L, aplicando en dos oportunidades entre los meses de marzo y mayo.

2.11. Procesamiento de datos

Con los datos obtenidos utilizando el programa SPSS y Excel se efectuaron el análisis de varianza y las pruebas de contraste de Duncan.

2.12. Problemas específicos

- ¿En qué medida los tipos de sustrato tendrán efecto en las características de plantones de la quina (*Ladenbergia oblongifolia*) en Pichari?
- ¿Cuál de los sustratos será el más adecuado en la producción de plantones de calidad de la quina (*Ladenbergia oblongifolia*) en Pichari?

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura del plantón

Tabla 3.1

*Análisis de variancia de altura de plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm*

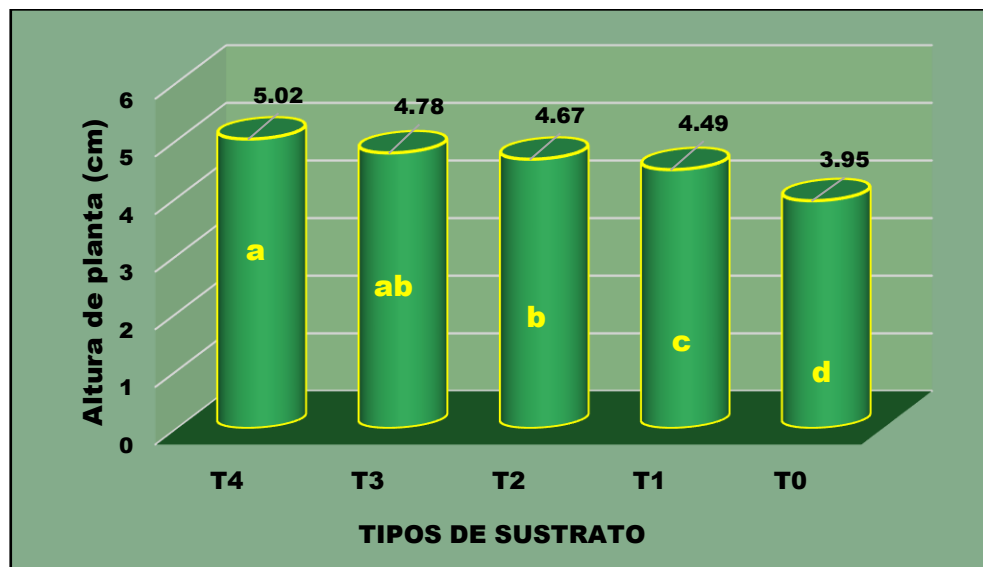
F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Tratamientos	4	35.22	8.80	19.17	<0.0001
Error	265	121.74	0.46		
Total	269	156.96			

C.V. = 14.79 %

En la tabla 3.1 se muestra el análisis de variancia de la altura de plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), donde se observa diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, hecho que demuestra que al menos uno de los tratamientos es diferente al resto.

Figura 3.1

*Prueba de Duncan de altura de plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*)*



Según la prueba de contraste de Duncan que se muestra en la Figura 3.1, donde se observa que los tratamientos T₄ (5.02 cm) y T₃ (4.78 cm) presentan los mayores valores en altura de planta, pero a su vez sin diferencia estadística entre ellos. Mientras tanto los tratamientos T₃ (4.78 cm) y T₂ (4.67 cm) no muestran diferencia estadística entre sí. El testigo (T₀) presenta la menor altura de planta (3.95 cm). Cuyos resultados demuestran que los tipos de sustrato si tienen influencia en la altura del plantón.

Comparado con el reporte de Vásquez et al. (2019) para el tratamiento testigo (50% de tierra orgánica, 50% de arena) que utilizó en *Cinchona officinalis*, las alturas de las plantas tienen en promedio dos centímetros menos que el tratamiento testigo (T₀) del presente estudio. Por otro lado, Asicon (2013) menciona que el sustrato óptimo para producir *Cinchona ledgeriana*, es a base de tierra negra, arena blanca y bovinaza en proporción de 30:40:30, debido a las características químicas sobresalientes.

Vásquez et al. (2019) utilizaron diferentes sustratos, siendo el mejor el sustrato compuesto por 35% hojarasca + 35% franco arenoso +20% tierra orgánica + 10% de arena, que a los 60 días alcanzó una longitud de 4.2 cm. Mientras en el presente ensayo se alcanzó 5.02 cm a los 120 días con el T₄, compuesto de 12% tierra de bosque virgen +12% Tierra arcillosa con gravas +12% Arcilla amarilla +12% Tierra negra +42% de tierra arpillar + 4% arena+4% aserrín + 2% guano de la isla.

Según Vásquez et al. (2019) la especie *Cinchona officinalis* se desarrolla mejor en suelos con un pH de 6,31, con 3,76 % de carbono, 0,32 % de nitrógeno, 425 ppm de potasio y 22,07 ppm de fósforo; mientras en el presente ensayo, la mayor altura se obtiene con el T₄ que presenta un pH casi neutro de 6.23, textura franco arenoso, 2.49% de materia orgánica, 7.76 de Ca⁺⁺ (cationes cambiables (Cmol (+) kg⁻¹), 0.12 % de nitrógeno, 75.9 ppm de potasio.

Por su parte Villalobos (2001) manifiesta que la presencia del nitrógeno en los “sustratos permite el crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas, no sólo por estar involucrado en la captación de la energía solar, sino también en la distribución y síntesis de moléculas que participan en el crecimiento celular” (p. 4), tal como sucedió en el presente trabajo de investigación.

De acuerdo con el análisis de caracterización del sustrato, el T₄ mantiene ventajas comparativas en materia orgánica (medio), en nitrógeno total (medio), fósforo, alto y CIC medio, respecto a los demás tratamientos incluyendo el testigo; en tal sentido, posiblemente sea la razón para tener mejor respuesta en altura del plantón en comparación con los otros tratamientos, porque especialmente el nitrógeno influye en el crecimiento de la planta.

3.2. Diámetro de tallo

Tabla 3.2

Análisis de variancia del diámetro de tallo del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm

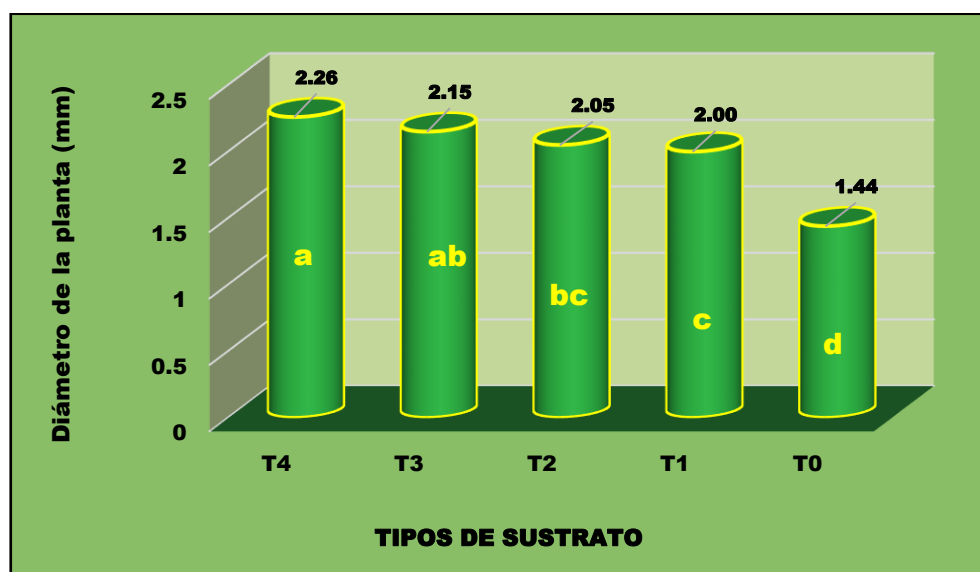
F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Tratamientos	4	21.98	5.50	38.89	<0.0001
Error	265	37.45	0.14		
Total	269	59.43			

C.V. = 19.00 %

En la tabla 3.2 se muestra el análisis de variancia del diámetro de tallo del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), donde se observa diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos, lo que significa que por lo menos un tratamiento es diferente a los demás.

Figura 3.2

Prueba de Duncan de diámetro de tallo del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia)



Efectuado la prueba de contraste de Duncan que se muestra en la figura 3.2, se observa que los tratamientos T₄ (2.16 mm) y T₃ (2.15 mm) son iguales estadísticamente y superior a los demás tratamientos; mientras que el tratamiento T₀ (testigo) presenta el menor diámetro de tallo con 1.44 mm.

Torres (1993, como se citó en Berrocal, 2016) mencionó que el nitrógeno es un elemento influyente en el crecimiento diametral de una planta; sin embargo, en el presente trabajo no concuerda dicha afirmación, porque, según el análisis de caracterización de los sustratos, el mayor porcentaje de nitrógeno (N%) se encuentra en el T₃ con 0.15% y consecuentemente debe de tener mejor respuesta, no obstante el T₄ que tiene 0.12% alcanza mayor diámetro de tallo, este resultado demuestra que no solo el nitrógeno influye en el crecimiento del diámetro del tallo de una planta, sino también otros elementos minerales y factores ambientales.

Berrocal (2016) detalla que los mayores diámetros de tallo en *Coffea arabica L* (especie perteneciente a la misma Familia Rubiaceae) fue con el sustrato a base de tierra agrícola y bocashi en la proporción de 5:1, a pesar de que el dicho sustrato no tiene mayor porcentaje de nitrógeno comparado con los otros tratamientos en estudio. Este resultado es concordante con lo obtenido en el presente ensayo, donde el mayor diámetro se obtuvo con el tratamiento 4 (T₄), sustrato que no tiene el mayor contenido de nitrógeno en relación con los otros sustratos, pero sí alto en fósforo y CIC, que también influyen en el crecimiento de cada una de las partes de la planta.

3.3. Longitud de raíz

Tabla 3.3

Análisis de variancia de longitud de raíz del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Tratamientos	4	177.56	44.39	28.39	<0.0001
Error	265	4414.32	1.56		
Total	269	591.87			

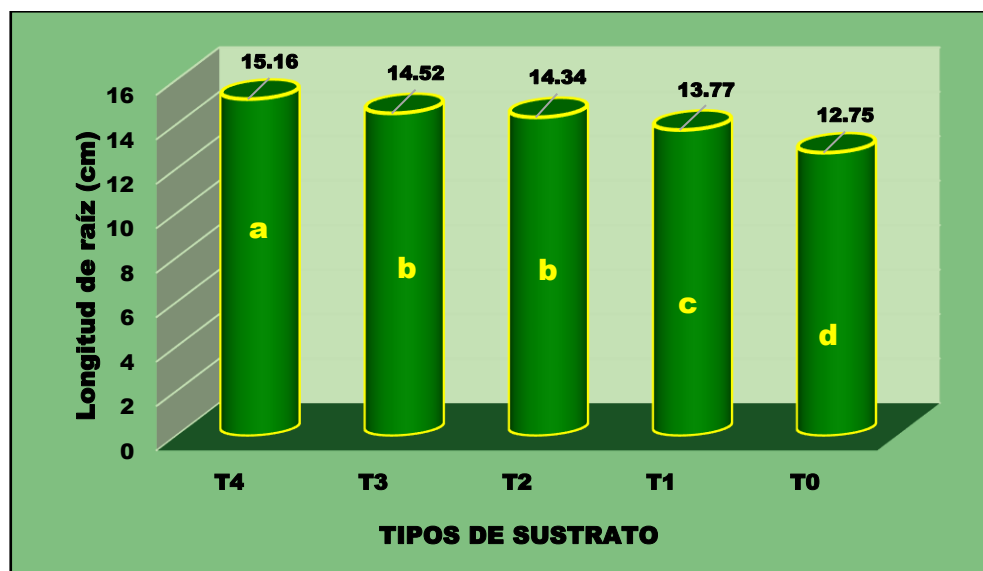
C.V. = 8.86 %

En la tabla 3.3 se muestra el análisis de varianza de la longitud de raíz del plantón

de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), donde se observa diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos, cuyo resultado demuestra que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás.

Figura 3.3

*Prueba de Duncan de la longitud de raíz del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*)*



Según la prueba de contraste de Duncan en la figura 3.3. se observa que el tratamiento T4 (15.16 cm) es superior a los demás tratamientos en estudio, seguido de los tratamientos T3 (14.52 cm) y T2 (14.34 cm) que a su vez son iguales estadísticamente, pero superiores a los tratamientos T1 y T0 (testigo) que presentaron las menores longitudes de raíz con 13.77 y 12.75 cm, respectivamente.

De acuerdo con los resultados obtenidos, con el tratamiento T4 se logra la mayor longitud de raíz, siendo el sustrato más adecuado para la propagación de los plantones de "quina", porque según el análisis de caracterización dicho sustrato franco arenoso contiene un pH ligero ácido de 6.23, contenido medio de materia orgánica que debe tener buena retención de humedad y el CIC medio. Además, resulta importante mencionar que la disponibilidad de fósforo alto también debió influenciar en la obtención mayor de longitud de la raíz; cuya aseveración es corroborado por Rodríguez y Ariza (1998), quienes consideran, los suelos óptimos para el desarrollo de la especie "quina" (*Ladenbergia oblongifolia*) deben tener un pH que varían de 4.6 a 6.5, buen drenaje, abundante material orgánico y alta retención de humedad.

3.4. Número de hojas

Tabla 3.4

*Análisis de variancia de longitud de raíz del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm*

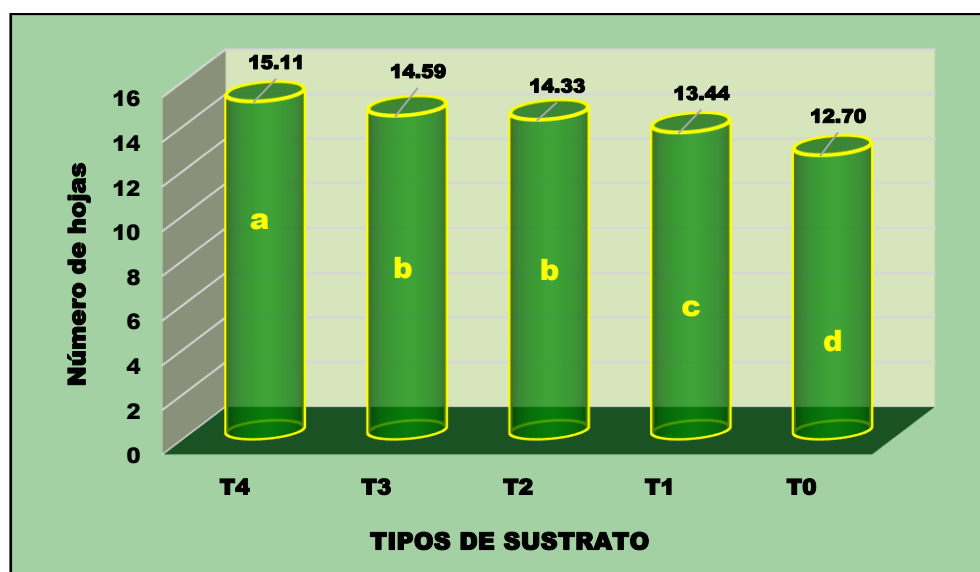
F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Tratamientos	4	1198.67	49.67	34.55	<0.0001
Error	265	380.96	1.44		
Total	269	579.63			

C.V. = 8.54 %

En la tabla 3.4 se muestra el análisis de variancia del número de hojas del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*) donde se observa diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, lo que significa que por lo menos uno de los tratamientos es diferente a los otros.

Figura 3.4

*Prueba de Duncan del número de hojas del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*)*



La prueba de contraste de Duncan (Figura 3.4), demuestra que el tratamiento T₄ (15.11) es superior a los demás tratamientos, seguido en orden descendente por el T₃ (14.59), T₂ (14.33), que a su vez son iguales entre sí, y T₁ (13.44), siendo el T₀ (testigo) el menor con 12.70 hojas.

Villalobos (2001) manifiesta que el contenido de “nitrógeno del sustrato permite

el crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas, no sólo por estar involucrado en la captación de la energía solar, sino en la distribución y síntesis de moléculas que participan en el crecimiento celular” (p. 4), por lo tanto, el número de hojas se ve influenciado directamente por el nitrógeno, sin embargo, debemos señalar que el número de hojas también depende del factor genético.

3.5. Número de raíces

Tabla 3.5

Análisis de variancia del número de raíces del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm

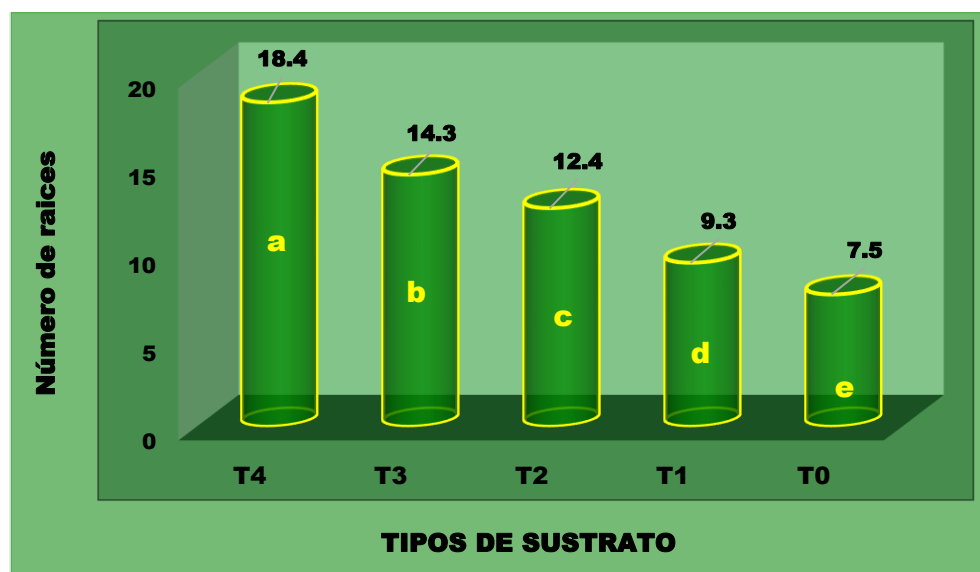
F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Tratamientos	4	4001.39	1000.38	340.12	<0.0001
Error	265	779.41	2.94		
Total	269	4780.80			

C.V. = 13.83 %

En la Tabla 3.5 se muestra el análisis de variancia del número de raíces del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*) donde se observa diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, dicho resultado demuestra que al menos uno de los tratamientos es diferente a los otros en estudio.

Figura 3.5

Prueba de Duncan del número de raíces del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia)



De acuerdo con la prueba Duncan presentada en la Figura 3.5, se observa que el tratamiento T4 alcanza 18.4 raíces, valor superior a los otros tratamientos, seguido en orden descendente por los tratamientos T3 (14.3), T2 (12.4), T1 (9.3) y testigo (T0) con 7.5 raíces. Cuya respuesta del tratamiento T4, probablemente está influenciada por la CIC medio, además del contenido alto de fósforo, tal como manifiesta Garvillo (2020) que, el fósforo promueve el desarrollo de las raíces ya que es un nutriente esencial para las plantas y desempeña un papel crucial en su crecimiento y desarrollo general. Sin un suministro adecuado de fósforo, las plantas no pueden sobrevivir ni prosperar. Además, señala que las raíces actúan como ancla de la planta y facilitan la absorción de agua y nutrientes del suelo, permitiendo la ramificación de las raíces, asegurando un sistema radical fuerte y saludable.

3.6. Índice de robustez

Tabla 3.6

Análisis de variancia del índice de robustez del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm

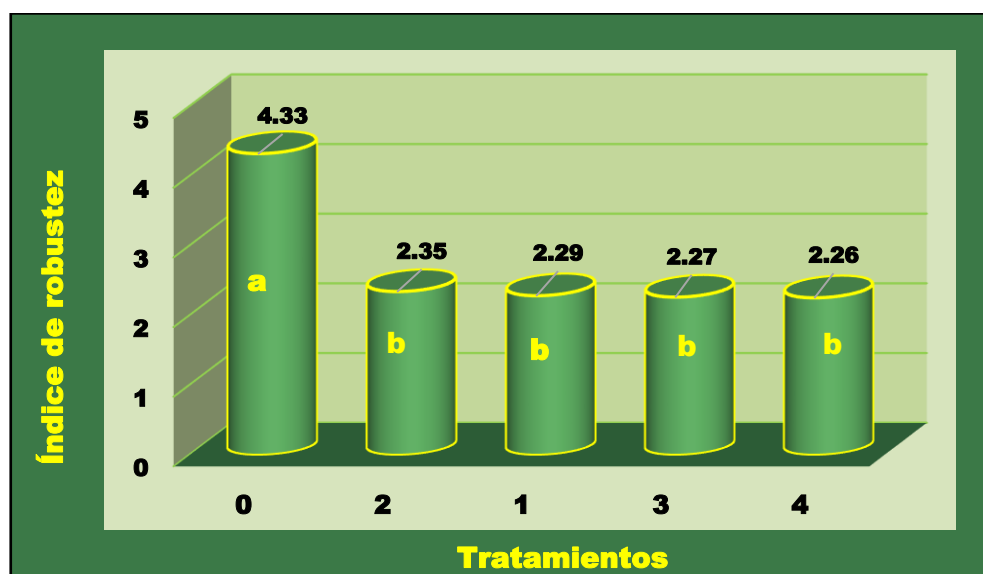
F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Tratamientos	4	178.77	44.69	10.81	<0.0001 **
Error	265	1096.00	4.14		
Total	269	1274.77			

C.V. = 75.33 %

La Tabla 3.6 muestra el análisis de varianza del índice de robustez de plantones de *Landerbergia oblongifolia* donde se observa una diferencia estadística altamente significativa para tratamientos, lo que significa que por lo menos uno de los tratamientos es diferente a los demás.

Figura 3.6

*Prueba de Duncan del Índice de robustez de los plantones de *Ladenbergia oblongifolia**



Efectuado la prueba de contraste de Duncan tal como se muestra en la Figura 3.6, se observa que el testigo (tratamiento T_0) es diferente con 4.33 de índice de robustez con relación a los demás tratamientos T_2 (2.35), T_1 (2.29), T_3 (2.27) y T_4 (2.26), respectivamente. No obstante, el coeficiente de variabilidad alto de 75.33% significa que los datos son incorrectos o no deseables; el caso es que los datos obtenidos muestran mayor dispersión del promedio, influenciado por algún variable interviniente.

De acuerdo con Tinoco (2014) el valor de índice de robustez debe ser menor a seis (6), debido a que los plantones de menor tamaño y grueso son los más aptos para sitios con poca humedad y condiciones extremas del medio; mientras que, los plantones grandes y débiles sufrirían daños a los fuertes vientos y condiciones medioambientales adversas. Por otro lado, More (2018) indica que plantones con índice de robustez < 6 , es calidad buena, entre 6.1 y 8.0 es de calidad mediana y plantones > 8 son de calidad baja. Corroborando con ambos autores y el resultado del presente trabajo, todos los tratamientos en estudio poseen índice de robustez inferiores al valor seis (6), en tal sentido, todos los plantones se encuentran dentro del rango de calidad buena.

3.7. Índice de relación de altura de plantón y longitud de raíz (AP/LR)

Tabla 3.7

Análisis de variancia de índice de relación de altura de plantón y longitud de raíz de quina (Ladenbergia oblongifolia), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm

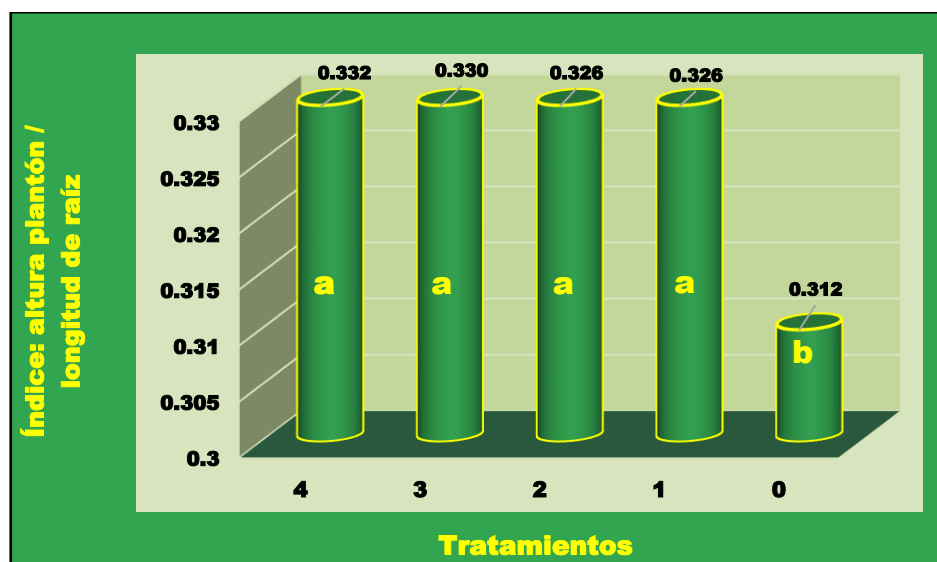
F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Tratamientos	4	0.01	0.0034	1.67	0.1562 ns
Error	265	0.54	0.0020		
Total	269	0.55			

C.V. = 13.82 %

En la Tabla 3.7 se presenta el análisis de variancia del índice de relación de altura de plantón y longitud de raíz de *Ladenbergia oblongifolia*, donde no existe diferencia estadística entre los tratamientos, cuyo resultado demuestra que todos los tratamientos son similares. Sin embargo, efectuado la prueba de contraste Duncan Figura 3.7, el testigo tratamiento T0 es diferente y menor a los otros tratamientos que entre sí son similares.

Figura 3.7

Prueba de Duncan del Índice de altura de plantón y longitud de raíz de Ladenbergia oblongifolia



Al respecto, Orozco et al (2019) sostienen que, para predecir el éxito de un plantón en campo definitivo, considerando la proporcionalidad de la altura del plantón y longitud de raíz es el valor más cercano a la unidad; sin embargo, en todos los tratamiento los plantones de *Ladenbergia oblongifolia* tienen una relación de altura de plantón/longitud de raíz de 1:3 (un promedio de 0.3), vale decir, que la raíz es el triple con respecto al tallo,

de ahí que, cuya relación no sería causante para que los plantones no tengan éxito en el campo definitivo, puesto que en lugares con poca retención de agua, suelos arcillosos y suelos con pendientes pronunciadas sería favorable dicha relación.

Asimismo, More (2018) manifiesta que los plantones con índice de relación de altura de plantón y longitud de raíz ≤ 2 es de buena calidad, entre 2.1 y 2.5 es de calidad mediana y plantones >2.5 son de calidad baja. Estos valores corroboran con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, donde todos los tratamientos en estudio poseen índice de relación entre altura de plantón y longitud de raíz son $\leq$ a 0.332; en tal sentido, todos los plantones se encuentran dentro del rango de buena calidad.

CONCLUSIONES

1. Los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄ tuvieron efectos positivos y directos en las características morfológicas de los plantones de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), siendo superiores al sustrato T₀, en altura de planta (5.02 cm), diámetro del tallo (2.16 mm), longitud de raíz (15.16 cm), número de raíces (18.4) y número de hojas (15.11). Todos los tratamientos produjeron plantones de alta calidad, teniendo en cuenta los índices de robustez e índice de la relación altura y longitud de raíz de plantones.
2. El tratamiento T₄ compuesto por 12% de tierra de bosque virgen +12% de tierra arcillosa con gravas + 12% de arcilla amarilla +12% de tierra negra + 42% de tierra arpillar + 4% de arena+4% de aserrín + 2% de guano de la isla, tuvo mayor y mejor respuesta en la propagación de plantones de quina (*Ladenbergia oblongifolia*) superando a los otros tratamientos en estudio.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar el tratamiento 4, porque mostró mejores resultados en altura de plántones, diámetro de tallo, longitud y número de raíz y cantidad de hojas. Este tratamiento compuesto por 12% de tierra de bosque virgen +12% de tierra arcillosa con gravas + 12% de arcilla amarilla +12% de tierra negra + 42% de tierra arpillar + 4% de arena+4% de aserrín + 2% de guano de la isla, es el más favorable para la propagación de plántones de *Ladenbergia oblongifolia* en condiciones de vivero en el VRAEM.
2. Realizar estudios para evaluar la adaptación y el establecimiento de plántones de *Ladenbergia oblongifolia* en campo definitivo. Debe incluirse investigaciones sobre supervivencia a largo plazo, el establecimiento, crecimiento y desarrollo posterior, así como el comportamiento frente a factores medioambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroproductores. (2017). El sustrato es suelo mejorado para el desarrollo de las plantas
<https://agroproductores.com>. <https://agroproductores.com/que-es-un-sustrato>.
- Albán-Castillo J, Chilquillo E, Melchor-Castro B, Arakaki M, León Blanca & Suni M.
(2020). Cinchona L. “Árbol de la Quina”: Repoblamiento y reforestación en el
Perú. Revista peruana de biología 27(3): 423 - 426 (agosto 2020).
<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v27i3.18697>
- Alejo, P. A., & Reyes C. L. (2014). *Evaluación de sustratos y tipos de recipientes en el
crecimiento de plántulas de café arábico, en condiciones de vivero*. Tesis de
pregrado. Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad
Nacional de Loja. Ecuador.
[https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/12493/1/Antonio%20Javier
%20Alejo%20Palacios.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/12493/1/Antonio%20Javier%20Alejo%20Palacios.pdf)
- Asicona C. P. (2013) *Evaluación de cuatro sustratos en semilleros de quina (Cinchona
Ledgeriana; Rubiaceae) en Escuintla*. Tesis Ingeniería en Agronomía.
Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
<http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/06/17/Asicona-Pablo.pdf>.
- Asociación Internacional de Pruebas de Semillas – ISTA. (2020). Certificación de calidad.
- Barrutia R., Roque R., Barrutia B., & Velásquez T. (2020) Germinación de semillas de
Cinchona officinalis L. en tres tipos de suelos de Cajamarca, Perú. *Rev cubana
ciencias forestales*, vol.8, no.1, p.75-87. ISSN 2310-3469
- Bautista, A., Etchevers, J., del Castillo, R., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo
y sus indicadores: Ecosistemas, [https://www.revistaecosistemas.net/index.
php/ecosistemas/article/view/](https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/)
- Berrocal, Ñ. D. D. (2016). *Efecto de los abonos orgánicos en el crecimiento de plantones
de café (Coffea arabica L.) bajo condiciones de vivero*.
[https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/70ad83b5-dcbe-45ed-
98e4-23d1451ead55/content](https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/70ad83b5-dcbe-45ed-98e4-23d1451ead55/content)
- Brack E. A. (2021) La corteza peruana que salvo millones de vidas: breve historia de la
quina y la quinina
[https://www.poderosa.com.pe/Content/descargas/libros/historia-de-la-quina-y-
la-quinina.pdf](https://www.poderosa.com.pe/Content/descargas/libros/historia-de-la-quina-y-la-quinina.pdf)
- Bronsted, J. (2015). Principios de química. Obtenido de Principios de química. Médica

Panamericana.

- Calvo-Alvarado, J., Arias, A. D., Jiménez, R. C., & Solano, M. J. C. (2015). Efecto de cinco sustratos en el contenido foliar de nutrientes y crecimiento inicial de tres especies forestales empleadas en Mesoamérica. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/422>
- Campo T. (2018) Reguladores de crecimiento y medios de cultivo en la micropropagación de *Cinchona pubescens* Vahl cascarilla. Jaén, Cajamarca -Perú.
- Campos R., J., L. Cerna R, & J. Chico R. (2014). “Efecto del Ácido Giberélico, Nitrato de Potasio y agua de coco en la Germinación de semillas de Quina, *Cinchona pubescens*”. Rebiolest 2 (1).
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2020). Plan de prevención, manejo y control del helecho marranero (*Pteridium aquilinum* (L.) kuhn) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA). (2016). Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de honduras. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf;jsessionid=C4BCB222924E70904246B730662FF09A?sequence=1>
- Espinoza C. I. & Ríos G. (2017) Patrones de crecimiento de *Cinchona officinalis* in vitro y ex vitro; respuestas de plántulas micropropagadas y de semillas, Ecuador. <https://doi.org/10.26807/remcb.v35i1-2.250>
- Fernández, F.H., Huaccha, A.E., Barturén, L.M., Quiñones, L. & Sánchez, T. (2022). Efecto del sustrato en la propagación sexual de *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae). Ecosistemas <https://doi.org/10.7818/ECOS.2314>
- Flores, A., Romero-Sánchez, M. E., & Pérez-miranda, R. (2021). Potencial de restauración de bosques de coníferas en zonas de movimiento de germoplasma en México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 12(63).
- Fungueiro, M. et al. (2020) *Ciencias naturales 1*. Serie Llaves. Buenos Aires: Editorial Estación Mandioca. Argentina.
- Gallego, S. M. del M., & Díaz, U. Y. S. (2008). Propagación asexual de cascarillo (*Ladenbergia oblongifolia*, mutis) en condiciones de vivero. Municipio de Popayán en el departamento del Cauca, Colombia. <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/242>
- Garro A. J. (2016). El suelo y los abonos orgánicos (Instituto Nacional de Innovación y

- Transferencia en Tecnología Agropecuaria) Costa rica.
- Garvillo, (2020) La importancia del fósforo en el crecimiento y desarrollo de las plantas.
<https://garvillo.com/es/que-hace-el-fosforo-por-las-plantas/vignette>
- Gil, C. J. M. S. (2014). *Efectos de diferentes sustratos en el índice de esbeltez de plántulas de dos savias de Pinus halapensis Miller*.
- Huamán, E. (2021). *Fertilización potásica y guano de islas en el rendimiento de betarraga (Beta vulgaris L.), bajo labranza mínima*. Canaán, 2750 msnm – Ayacucho. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <http://repositorio.unsch.edu.pe/browse/UNSCH/8837>
- Ilbay, I. L. A. *Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de brócoli*. 2012. Tesis.
- Lemaire F., Dartigues A. & Maire L. (2005) cultivos en macetas y contenedores principios agronómicos y aplicaciones, agronomía – forestal. p. 210.
- Lemaire F., Dartigues A., Riviére, L. M., Charpentier S., & Morel, P. (2005). Cultivos en macetas y contenedores. Principios agronómicos y aplicaciones. Mundiprensa
- León, Q. D. J. (2019). *Germinación de semillas de Ladenbergia oblongifolia (Mutis) L., en diferentes sustratos*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1809>.
- Lima, J. N. R. (2016)
- Medina, S. E. L., León, J. M., Costilla-Sánchez, N. I., Rivero, A. E. G., Cruz-Castillo, A. J. D. L., & Zapata, L. V. (2020). Cuantificación de alcaloides de *Ladenbergia oblongifolia* (humb. ex mutis) l. Andersson “árbol de la quina”. rebiol, 40(2), art. 2. Número de hojas-Efecto del agrosistema sobre el rendimiento de los cultivos y las propiedades. <https://1library.co/article/n%C3%BAmero-hojas-efecto-agrosistema-rendimiento-cultivos-propiedades.zgdgv37z>
- More, I. J. P., Salazar, H.E.J. & Cuellar, B.J.E. (2018). Relación tamaño y calidad del plantón en condiciones de vivero de Ulcumano (*Retrophyllum rospigliosii*) en INIA San Ramón, Chanchamayo, Perú. Revista forestal venezolana, Volumen 62, Número Único. <http://www.inia.gob.pe>.
- Nieto, M. J. (2009). *Cultivo Hidropónico De Tomate (Lycopersicon Esculentum Mill) En Invernadero*. Punta Arenas. [Tesis de pregrado]. Universidad de Magallanes. http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/nieto_montalba_2009.pdf
- Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura – FAO. (2015) Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura indicadores físicas químicas y biológicas.

- Orozco, G. G., Muñoz, F. H. J., Rueda, S. A., Rodríguez, J. A., Prieto, J. Á., & García, M. J. (2019). Diagnóstico de la calidad de planta en los viveros forestales del estado de colima. *revista mexicana de ciencias forestales*, 1(2), 134-144. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v1i2.641>
- Padilla, T. S. (2017). *Estudio fenológico y análisis de las características del suelo donde se desarrolla Cinchona officinalis L. en cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja*. Loja [Tesis de título Universidad Nacional De Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19604/1/TRUMAN%20STALI%20PADILLA%20ROSALES.pdf>
- Paredes, M. (2004). Manual del cultivo de cacao programa para el desarrollo de la amazonia peruana. Ministerio de Agricultura. Lima. Perú.
- Perdomo, C., y Barbazán, M. (2023). Área de suelos y aguas cátedra de fertilidad nitrógeno. <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>
- Pérez, F. L. (2017) Fisiología vegetal y nutrición mineral (parte III) <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf>
- Rivera, S.W. Á. (2020). *Alternativas de Aprovechamiento de los Residuos de Madera Generados en las Carpinterías: Una Contribución al Cuidado del Medio Ambiente*. Perú. SIMACON. (2020). SIMACON. <https://www.simacon.com.ar/about.htm>
- Rodríguez, L. & Ariza, J. 1998. Proyecto conjunto de las facultades de ingeniería de Sistemas y Biología de la Universidad INCCA de Colombia. Bogotá. Colombia.
- Sarria C. K. D. (2015). *Propagación en vivero de cascarillo (Ladenbergia oblongifolia) en la Meseta de Popayán, Departamento del Cauca, Colombia*. [Tesis de grado], Universidad de Cauca
- Serrano G, M. F. (2017). Agregados no convencionales para la preparación de concretos ecológicos. Hacia La Sustentabilidad: Los Residuos Sólidos Como Fuente de Energía y Materia Prima, 549–556.
- Soloaga, H. M. A. (2014). *Diversidad de musgos en cuatro tipos de uso de suelo en el caserio San Agustín - distrito Hermilio Valdizán – Huánuco*. tesis para optar el título de ingeniero en Recursos naturales renovables mención conservación de suelos y aguas.
- Texier W. (2013) Hidroponía para todos. Todo sobre jardinería domestica <https://bureauinsurance.com/es/arena-como-sustrato-para-el-cultivo-de-plantas-hidroponia/>
- Tinoco, L. J. (2014). *Evaluación de la influencia de la fertilización en el vivero sobre la*

- Calidad de la planta de Pinus oocarpa Schiede y su desarrollo inicial en campo.* Universidad Nacional Agraria. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf04t591.pdf>
- Valdez-Ramírez, C., Levy-Tacher, S. I., León-Martínez, N. S., Navarrete-Gutiérrez, D. A., & Ortiz-Ceballos, A. I. (2020). Cambios químicos y biológicos del suelo provocados por *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn en áreas de influencia de la reserva de la biosfera de Calakmul, Campeche. *Terra Latinoamericana*, 38, 289–300. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.464>
- Vásquez, C. J. H., Lápiz, S. E., Barboza, H.M. K. Y., Vásquez, M., S. N., & Quispe, S. L. M. (2019). Comparación de sustratos en la propagación sexual y asexual del árbol de la quina (*Cinchona officinalis*). *Revista De Investigación De Agroproducción Sustentable*, 2(3), 77–85. <https://doi.org/10.25127/aps.20183.407>
- Veneros, J. & García, L. (2022). Registros históricos del árbol de la quina en el Perú y el mundo. Libro de resúmenes del II simposio internacional y III simposio nacional "Rescate del árbol de la quina: retos y oportunidades". Universidad Nacional de Jaén-Perú.
- Villalobos, R. E. (2001). Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Villar, C. M. Á., Marcelo B. F. E., & Baselly V. J. R. (2018). *Efecto de dos tratamientos pre-germinativos y el tiempo de almacenamiento en el Poder Germinativo de las semillas de la Cinchona officinalis L.* Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/915>.
- Zapata R. (2018); Tipos de suelos: caracterización de suelos arcillosos y limosos. F.C.E.I.A. - U.N.R. [https://www.fceia.unr.edu.ar/geologia_y_geotecnia/tipos %20de%20suelo.pdf](https://www.fceia.unr.edu.ar/geologia_y_geotecnia/tipos%20de%20suelo.pdf)

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico



Figura A.1. Frutos de *L. oblongifolia*.



Figura A.2 Cosecha de la semilla.



Figura A.3 Secado de semilla.



Figura A.4 Semilla extraída.



Figura A.5 Cama germinadora.



Figura A.6 Siembra de semilla



Figura A.7 Proceso de germinación.



Figura A.8 Proceso de desarrollo.



Figura A.9 Plantines de 25 días.



Figura A.10 Plantines de 40 días.



Figura A.11 plantines de 60 días.



Figura A.12 Plantines de 80 días.



Figura A.13 Bandejas y Tubetes de 180 cc.



Figura A.14 Tierra de bosque.



Figura A.15 Tierra arcillosa con gravas



Figura A.16 Tierra amarilla.



Figura A.17 Tierra negra.



Figura A.18 Tierra arpillar.



Figura A.19 Arena.



Figura A.20 Aserrín.



Figura A.21 Diferentes sustratos.



Figura A.22 Combinación de sustrato.



Figura A.23 Repique de plantines de quina.



Figura A.24 Acomodo de bandejas.



A.25 Plantas de *Ladenbergia oblongifolia* con tratamiento cero T0



Figura A.26 Plantas de *Ladenbergia oblongifolia* con tratamiento uno T1



A.27 Plantas de *Ladenbergia oblongifolia* con tratamiento cero T2



Figura A.28 Plantas de *Ladenbergia oblongifolia* con tratamiento uno T3



Figura A.29 Plantas de *Ladenbergia oblongifolia* con tratamiento cuatro T4



Figura A.30 Medición del diámetro de tallo de *Ladenbergia oblongifolia*, con el vernier digital.



Figura A.31 Medición de la altura de *Ladenbergia oblongifolia*, con el vernier digital

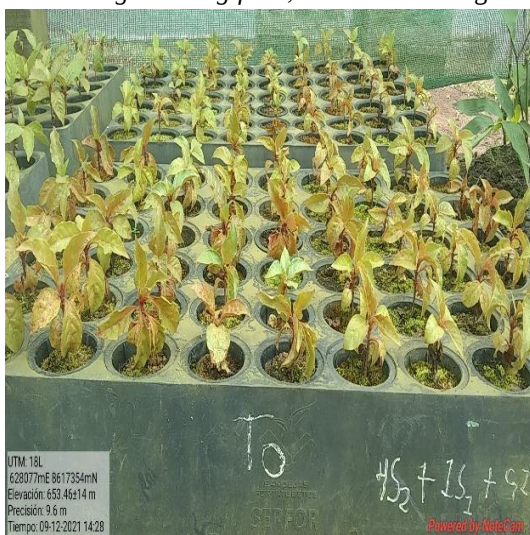


Figura A.32 Desarrollo de *Ladenbergia oblongifolia* con T0 (testigo)



Foto 33 Desarrollo de *Ladenbergia oblongifolia* con tratamiento uno T1



Figura A.34 Desarrollo de *Ladenbergia oblongifolia* con T0 (testigo)



Foto 35 Desarrollo de *Ladenbergia oblongifolia* con T3



Figura A.36 Desarrollo de *Ladenbergia oblongifolia* con T4



Figura A.37 Última medición del diámetro a *Ladenbergia oblongifolia*,

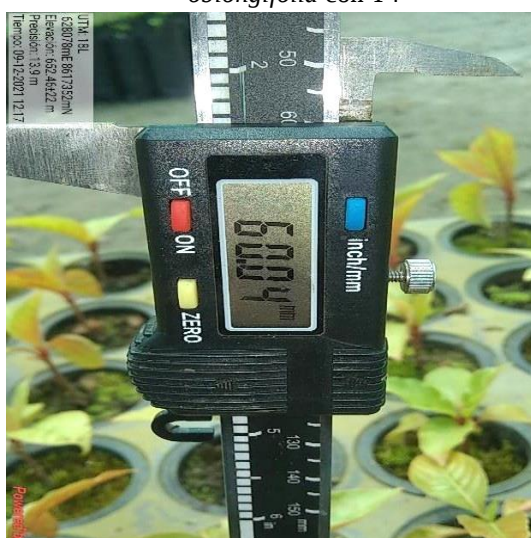


Figura A.38 Última medición de la altura de *Ladenbergia oblongifolia*



Figura A.39 Última medición de la altura de *Ladenbergia oblongifolia*

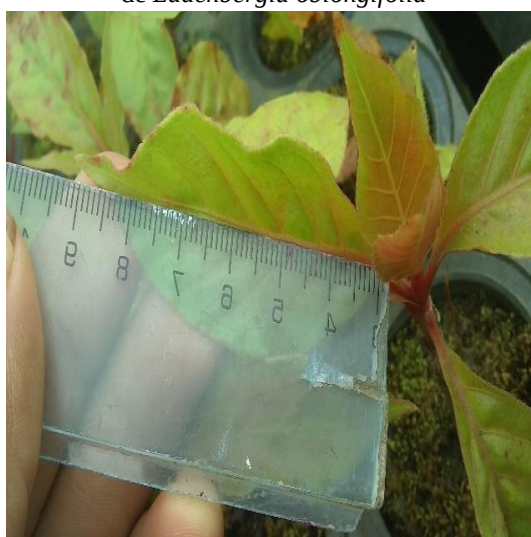


Figura A.40 La última medición de las hojas de *Ladenbergia oblongifolia*.



Figura A.41 La última medición de las raíces de *Ladenbergia oblongifolia*.



Figura A.42 crecimiento de *Ladenbergia oblongifolia* con T0



Figura A.43 crecimiento de *Ladenbergia oblongifolia* con T1



Figura A.44 Crecimiento de *Ladenbergia oblongifolia* con T2



Figura A.45 Crecimiento de *Ladenbergia oblongifolia* con T3



Figura A.46 Crecimiento de *Ladenbergia oblongifolia* con T4



Figura A.47 Reconocimiento de planta madre de *Ladenbergia oblongifolia*

Anexo 2. Análisis de suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN PASTOS Y GANADERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANÁLISIS FOLIAR
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996
Ayacucho – Perú

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

Región	:	Cusco	HR. 00620
Provincia	:	La Convención	
Distrito	:	Pichari	
Comunidad	:	Vivero PROBRAEM	
Proyecto	:	“Tesis”	
Solicitante	:	Sr. Fredy Rodríguez Ccenhua	

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Muestra CLAVE	Análisis mecánico (%)			Clase Textural	pH (H ₂ O) 1:2.5	C. E. (dS/m.) 1:1	CaCO ₃ (%)	M.O (%)	Nt (%)	Elementos Disp (ppm)					Cationes intercambiables (Cmol(+) / Kg)					C. I. C. (Cmol(+) / Kg)
	Arena	Limo	Arcilla							P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³	H ⁺			
T0	70.4	16.0	13.6	Fr-Ao	6.54	0.45	0.0	0.28	0.01	17.2	95.9	7.04	1.04	0.49	0.22	0.0	0.0	15.8		
T1	76.4	10.0	13.6	Fr-Ao	5.65	1.68	0.0	2.74	0.14	31.2	75.7	3.44	0.72	0.39	0.82	0.0	0.0	11.7		
T2	74.4	10.0	15.6	Fr-Ao	6.63	0.70	0.0	1.14	0.06	28.8	68.4	3.36	0.72	0.35	0.44	0.0	0.0	10.8		
T3	66.4	16.0	17.6	Fr-Ao	6.12	1.86	0.0	2.98	0.15	24.5	78.9	4.08	0.96	0.41	0.84	0.0	0.0	14.5		
T4	64.4	18.0	17.6	Fr-Ao	6.23	1.29	0.0	2.49	0.12	20.3	75.9	7.76	1.12	0.39	0.62	0.0	0.0	16.2		

Ayacucho, 09 de Noviembre del 2021.

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y RESIDUOS
RESPONSABLE

Juan Giron Molina
C.I.P. 77120

Ao: Arenoso, AoFr: Arena franca, FrAo: Franco arenoso, Fr: Franco, FrL: Franco limoso, L: Limoso, FrArAo: Franco arcillo arenoso, FrAr: Franco arcilloso, FrArL: Franco arcilloso limoso, ArArL: Arcillo arenoso, ArL: Arcillo limoso, Ar: Arcilloso

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 ó en el extracto de la pasta de saturación (es).
3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:2.5 ó en suspensión suelo: KCl 1N, relación 1:2.5
4. Calcio total (CaCO_3): método volumétrico o gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. $\% \text{M.O.} = \% \text{C} \times 1.724$.
6. Nitrógeno total: método del semi micro-kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método Bray Kurtz I y método del Olsen modificado, extracción con $\text{NaHCO}_3 = 0.5 \text{M}$, pH 8.5
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$), pH 4.8.
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$), pH 7. Titulación con Formaldehído.
10. Ca^{+2} , Mg^{+2} , cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$), pH 7.0, cuantificación por colorimetría EDTA.
11. $\text{Al}^{+3} + \text{H}^+$: método de Yuan, Extracción con KCl 1N
12. Iones solubles
 - a) Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
 - b) Cl^- , CO_3^{+2} , HCO_3^- , NO_3^- solubles: volumetría y colorimetría, SO_4^{+2} turbidimetría con Cloruro de Bario
 - c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcuruma
 - d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona

Equivalencias:

1 ppm = 1 mg/kg
 1 milimho/cm (mmho/cm) = 1 decisiemens/metro
 1 miliequivalente/100g = 1 cmol(+) /kg
 Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CE/es
 CE (1:1) mmho/cm x 2 = CE (es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACIÓN

Salinidad	
Clasificación del Suelo	CE (es)
* muy ligeramente salino	< 2
* ligeramente salino	2 - 4
* moderadamente salino	4 - 8
* fuertemente salino	> 8

Reacción o pH	
Clasificación del Suelo	pH
* Fuertemente ácido	< 5.5
* Moderadamente ácido	5.6 - 6.0
* Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
* Neutro	6.6 - 7.0
* Ligeramente alcalino	7.1 - 7.8
* Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
* Fuertemente alcalino	> 8.4

Clasificación	Materia Orgánica %	Fósforo disponible ppm P	Potasio disponible ppm K
* bajo	< 2.0	< 12.0	< 100
* medio	2 - 4	12.0 - 18.0	100 - 240
* alto	> 4.0	> 18.0	> 240

Relaciones Catiónicas			
Clasificación	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
* Normal	5 - 8	14 - 16	1.8 - 2.5
* Deficiencia Ca	< 5	< 14	
* Deficiencia K		> 16	> 2.5
* Deficiencia Mg	> 8		< 1.8

Distribución de Cationes %		% Calcio Total
Ca^{+2}	60 - 75	< 1 % Nivel bajo
Mg^{+2}	15 - 20	1 a 5 % Nivel Medio
K^+	3 - 7	5 - 15 % Nivel alto
Na^+	< 15	> 15 % Nivel muy alto

Anexo 3. Datos de cálculo de índices de calidad de plantas

Índices de robustez de los tratamientos

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro de la planta (mm)	IR
0	3.5	1.66	2.11
0	3.5	1.65	2.12
0	4.2	1.44	2.92
0	3	1.72	1.74
0	3	0.88	3.41
0	4.3	1.48	2.91
0	4.1	1.7	2.41
0	3.6	1.75	2.06
0	3.6	1.86	1.94
0	4	2.92	1.37
0	3.8	1.81	2.10
0	3.8	1.55	2.45
0	3.7	1.64	2.26
0	3.6	1.59	2.26
0	4.2	1.82	2.31
0	3.2	1.81	1.77
0	3.2	1.86	1.72
0	2.9	1.53	1.90
0	3.4	1.8	1.89
0	2.8	2.42	1.16
0	3.1	1.66	1.87
0	2.8	1.78	1.57
0	4.1	1.7	2.41
0	2.9	1.99	1.46
0	2.7	1.73	1.56
0	3.8	2.16	1.76
0	3.4	1.6	2.13
0	4	2	2.00
0	3.6	0.56	6.43
0	3.2	0.74	4.32
0	3.9	0.98	3.98
0	3.8	0.94	4.04
0	3.9	0.25	15.60
0	3.6	0.6	6.00
0	4.3	1.6	2.69
0	5	1.67	2.99
0	4.3	0.54	7.96

0	3.2	0.32	10.00
0	4.5	0.44	10.23
0	6.1	0.3	20.33
0	6.1	0.32	19.06
0	6.5	0.55	11.82
0	5.7	0.45	12.67
0	5.1	0.55	9.27
0	6.2	0.71	8.73
0	3.9	1.83	2.13
0	4.6	1.99	2.31
0	3.5	1.66	2.11
0	3.6	1.61	2.24
0	3.3	1.65	2.00
0	3.7	2.08	1.78
0	4.3	1.7	2.53
0	4.2	1.71	2.46
0	4.8	2.03	2.36
1	6.5	1.87	3.48
1	3.5	2.14	1.64
1	3.6	1.76	2.05
1	4.2	2.05	2.05
1	6.5	1.7	3.82
1	4.5	1.99	2.26
1	4.2	2.11	1.99
1	4.8	2.18	2.20
1	4.7	2.05	2.29
1	4.3	2.1	2.05
1	3.5	2.11	1.66
1	3.3	2.05	1.61
1	4.2	1.7	2.47
1	4.4	1.97	2.23
1	4.2	2.21	1.90
1	4.2	1.45	2.90
1	3.9	1.87	2.09
1	4.4	2.05	2.15
1	3.5	2.27	1.54
1	4.1	2.06	1.99
1	4.3	2.07	2.08
1	3.8	2.05	1.85
1	3.8	2.13	1.78
1	3.8	2.07	1.84
1	4.3	2.1	2.05
1	4.3	1.94	2.22
1	3.9	2.1	1.86
1	3	2.18	1.38

1	4.6	1.97	2.34
1	4.4	2.12	2.08
1	4.9	2.14	2.29
1	5.5	2.11	2.61
1	4.7	1.86	2.53
1	5.3	2.04	2.60
1	5.1	2.3	2.22
1	4.7	2.14	2.20
1	4.3	1.99	2.16
1	3.8	1.06	3.58
1	4.3	2.05	2.10
1	3.7	1.83	2.02
1	4.6	2.11	2.18
1	4.4	1.72	2.56
1	5.6	2.07	2.71
1	5	2.27	2.20
1	4.7	2.18	2.16
1	5.6	2.06	2.72
1	5.2	2.01	2.59
1	6.1	1.73	3.53
1	4.5	1.87	2.41
1	5.1	1.78	2.87
1	4.5	1.95	2.31
1	4.7	1.85	2.54
1	5.1	2.07	2.46
1	4.6	2.15	2.14
2	4.5	2.28	1.97
2	3.7	2.19	1.69
2	4.7	1.94	2.42
2	5.2	1.66	3.13
2	5.2	1.84	2.83
2	5.1	2.45	2.08
2	4.9	2.24	2.19
2	5.2	2.54	2.05
2	5.3	2.18	2.43
2	4.8	1.85	2.59
2	4.7	1.72	2.73
2	5.1	2.08	2.45
2	5.4	2.42	2.23
2	5.6	2.22	2.52
2	4.7	1.66	2.83
2	4	2.24	1.79
2	4.2	2.31	1.82
2	4.7	2.2	2.14
2	5	2.08	2.40

2	5.1	2	2.55
2	4.2	1.96	2.14
2	4.7	2.13	2.21
2	4.8	1.78	2.70
2	4.6	2.46	1.87
2	4.6	2.15	2.14
2	5.1	2.16	2.36
2	4.9	2.11	2.32
2	5	2	2.50
2	4.9	2.6	1.88
2	3.7	2.03	1.82
2	4.4	2.39	1.84
2	4.8	2.26	2.12
2	4.7	1.79	2.63
2	4.9	1.83	2.68
2	5.2	1.76	2.95
2	4.7	2.29	2.05
2	4.4	2.24	1.96
2	4.2	1.91	2.20
2	4.7	1.93	2.44
2	4.9	1.82	2.69
2	4.1	1.93	2.12
2	4.5	1.9	2.37
2	4.7	1.91	2.46
2	4.9	1.51	3.25
2	4	2.23	1.79
2	3.3	2.89	1.14
2	4.9	2.47	1.98
2	4.3	2.43	1.77
2	4.5	2.09	2.15
2	4.6	1.74	2.64
2	4.1	1.88	2.18
2	4	1.1	3.64
2	5.1	1.27	4.02
2	4.9	1.71	2.87
3	4.3	2.35	1.83
3	6.4	2.27	2.82
3	4.6	2.58	1.78
3	5	2.58	1.94
3	5.2	2.26	2.30
3	5.5	2.1	2.62
3	5.8	2.27	2.56
3	6	2.14	2.80
3	5	2.08	2.40
3	5.2	2.84	1.83
3	5.3	2.2	2.41
3	3.6	2.78	1.29
3	4.4	2.24	1.96
3	4.8	2.81	1.71

3	4.1	2.51	1.63
3	5.6	2.17	2.58
3	3.9	2.08	1.88
3	4.6	2.2	2.09
3	4.3	3.18	1.35
3	4	2.13	1.88
3	4.8	2.33	2.06
3	4.6	2.31	1.99
3	5.1	2.06	2.48
3	6.1	2.08	2.93
3	5.2	1.89	2.75
3	4.7	1.87	2.51
3	4.7	2.32	2.03
3	4.7	1.95	2.41
3	4.6	1.65	2.79
3	4.7	1.92	2.45
3	4.8	2.02	2.38
3	5.2	1.98	2.63
3	4.6	1.81	2.54
3	4.3	1.93	2.23
3	4.6	1.87	2.46
3	4.7	1.84	2.55
3	3.8	2.15	1.77
3	4.4	2.01	2.19
3	4.9	1.76	2.78
3	4.3	1.67	2.57
3	5.1	2.11	2.42
3	4.4	2.35	1.87
3	4.8	2.44	1.97
3	4.2	2.03	2.07
3	4.5	1.95	2.31
3	4.5	1.9	2.37
3	5.2	2.11	2.46
3	4.7	2.13	2.21
3	4.2	2.08	2.02
3	4.7	1.7	2.76
3	4.3	1.96	2.19
3	4.9	2.09	2.34
3	5.4	1.85	2.92
3	4.9	1.83	2.68
4	5.2	1.97	2.64
4	4.8	1.99	2.41
4	4.5	2.16	2.08
4	4.6	2.15	2.14
4	4.6	2.28	2.02
4	4.6	2.07	2.22
4	4.6	2.7	1.70
4	4.1	2.23	1.84
4	6.5	2.43	2.67
4	5.3	2.38	2.23

4	5.3	2.86	1.85
4	5.6	2.04	2.75
4	5.1	2.16	2.36
4	4.8	2.32	2.07
4	5.1	1.96	2.60
4	4.9	1.7	2.88
4	4.8	2.14	2.24
4	6.6	2.1	3.14
4	4.7	2.78	1.69
4	4.5	2.38	1.89
4	4.2	2.34	1.79
4	4.5	2.48	1.81
4	4.2	2.2	1.91
4	5.3	2.18	2.43
4	5.2	2.05	2.54
4	5.5	2.49	2.21
4	4.2	3.06	1.37
4	4.5	2.28	1.97
4	3.9	2.2	1.77
4	4.9	2.19	2.24
4	5.2	2.79	1.86
4	4.8	2.29	2.10
4	6	2.12	2.83
4	4.7	2.25	2.09
4	5.5	2.27	2.42
4	5.1	2.01	2.54
4	5.1	2.41	2.12
4	5.9	2.15	2.74
4	5	2.26	2.21
4	4.7	2.58	1.82
4	4.7	1.66	2.83
4	5.4	2.17	2.49
4	5	1.81	2.76
4	4.1	2.18	1.88
4	4.5	2.57	1.75
4	5.7	2.18	2.61
4	5.3	2.61	2.03
4	5.6	2.12	2.64
4	5.5	2.09	2.63
4	4.9	2.26	2.17
4	5.4	2.03	2.66
4	7.3	2.33	3.13
4	5	2.19	2.28
<u>4</u>	<u>4.1</u>	<u>1.82</u>	<u>2.25</u>
<u>Tratamiento</u>	<u>Promedio</u>		
T0	4.33		
T1	2.29		
T2	2.35		
T3	2.27		
<u>T4</u>	<u>2.27</u>		

Índices de relación altura y longitud de raíz de los tratamientos

Tratamiento	Altura (cm)	Long. Raíz (cm)	Relacion_alt_long_raiz
0	3.5	11	0.32
0	3.5	10	0.35
0	4.2	14	0.30
0	3	11	0.27
0	3	11	0.27
0	4.3	14	0.31
0	4.1	13	0.32
0	3.6	10	0.36
0	3.6	13	0.28
0	4	14	0.29
0	3.8	13	0.29
0	3.8	12	0.32
0	3.7	13	0.28
0	3.6	8	0.45
0	4.2	14	0.30
0	3.2	13	0.25
0	3.2	13	0.25
0	2.9	9	0.32
0	3.4	11	0.31
0	2.8	10	0.28
0	3.1	13	0.24
0	2.8	12	0.23
0	4.1	14.5	0.28
0	2.9	12	0.24
0	2.7	13	0.21
0	3.8	12	0.32
0	3.4	13	0.26
0	4	15	0.27
0	3.6	11.5	0.31
0	3.2	18.5	0.17
0	3.9	13.5	0.29
0	3.8	13	0.29
0	3.9	13	0.30
0	3.6	12	0.30
0	4.3	13	0.33
0	5	15	0.33
0	4.3	13	0.33
0	3.2	10.5	0.30
0	4.5	13	0.35
0	6.1	15.5	0.39
0	6.1	15	0.41
0	6.5	15.5	0.42
0	5.7	14	0.41
0	5.1	14	0.36

0	6.2	10	0.62
0	3.9	12	0.33
0	4.6	15	0.31
0	3.5	13	0.27
0	3.6	13	0.28
0	3.3	12	0.28
0	3.7	12	0.31
0	4.3	13	0.33
0	4.2	14	0.30
0	4.8	13	0.37
1	6.5	15	0.43
1	3.5	12	0.29
1	3.6	13	0.28
1	4.2	14	0.30
1	6.5	15	0.43
1	4.5	14	0.32
1	4.2	13.5	0.31
1	4.8	14	0.34
1	4.7	15	0.31
1	4.3	14	0.31
1	3.5	12.5	0.28
1	3.3	13	0.25
1	4.2	12	0.35
1	4.4	13	0.34
1	4.2	13.5	0.31
1	4.2	14	0.30
1	3.9	13.5	0.29
1	4.4	14	0.31
1	3.5	14	0.25
1	4.1	14.5	0.28
1	4.3	14.5	0.30
1	3.8	12	0.32
1	3.8	11.5	0.33
1	3.8	12	0.32
1	4.3	14	0.31
1	4.3	13.5	0.32
1	3.9	13	0.30
1	3	12.5	0.24
1	4.6	13.5	0.34
1	4.4	14	0.31
1	4.9	12.5	0.39
1	5.5	16	0.34
1	4.7	14	0.34
1	5.3	14	0.38
1	5.1	15	0.34

1	4.7	14.5	0.32
1	4.3	15	0.29
1	3.8	13.5	0.28
1	4.3	13.5	0.32
1	3.7	13.5	0.27
1	4.6	13	0.35
1	4.4	12.5	0.35
1	5.6	15	0.37
1	5	14	0.36
1	4.7	14.5	0.32
1	5.6	14.5	0.39
1	5.2	15.5	0.34
1	6.1	15	0.41
1	4.5	14	0.32
1	5.1	15	0.34
1	4.5	15	0.30
1	4.7	13.5	0.35
1	5.1	13.5	0.38
1	4.6	13	0.35
2	4.5	14	0.32
2	3.7	13.5	0.27
2	4.7	13.5	0.35
2	5.2	15	0.35
2	5.2	15.5	0.34
2	5.1	14.5	0.35
2	4.9	14	0.35
2	5.2	14	0.37
2	5.3	14.5	0.37
2	4.8	14	0.34
2	4.7	16	0.29
2	5.1	15.5	0.33
2	5.4	14.5	0.37
2	5.6	15	0.37
2	4.7	14	0.34
2	4	14	0.29
2	4.2	13.5	0.31
2	4.7	14	0.34
2	5	15	0.33
2	5.1	15.5	0.33
2	4.2	12.5	0.34
2	4.7	14.5	0.32
2	4.8	14	0.34
2	4.6	14	0.33
2	4.6	13.5	0.34
2	5.1	14.5	0.35

2	4.9	15	0.33
2	5	15.5	0.32
2	4.9	13.5	0.36
2	3.7	14.5	0.26
2	4.4	14.5	0.30
2	4.8	17	0.28
2	4.7	13.5	0.35
2	4.9	12.5	0.39
2	5.2	15	0.35
2	4.7	14.5	0.32
2	4.4	14	0.31
2	4.2	15	0.28
2	4.7	15.5	0.30
2	4.9	15.5	0.32
2	4.1	15	0.27
2	4.5	13.5	0.33
2	4.7	15	0.31
2	4.9	14.5	0.34
2	4	14	0.29
2	3.3	13.5	0.24
2	4.9	14	0.35
2	4.3	12	0.36
2	4.5	13	0.35
2	4.6	15.5	0.30
2	4.1	14	0.29
2	4	14.5	0.28
2	5.1	14	0.36
2	4.9	14	0.35
3	4.3	13	0.33
3	6.4	16	0.40
3	4.6	14	0.33
3	5	15	0.33
3	5.2	14.5	0.36
3	5.5	14.5	0.38
3	5.8	15	0.39
3	6	16	0.38
3	5	15	0.33
3	5.2	14	0.37
3	5.3	15.5	0.34
3	3.6	13.5	0.27
3	4.4	17	0.26
3	4.8	15.5	0.31
3	4.1	13	0.32
3	5.6	14.5	0.39
3	3.9	13	0.30

3	4.6	15.5	0.30
3	4.3	16	0.27
3	4	15.5	0.26
3	4.8	15.5	0.31
3	4.6	15	0.31
3	5.1	15	0.34
3	6.1	15.5	0.39
3	5.2	15	0.35
3	4.7	15.5	0.30
3	4.7	14.5	0.32
3	4.7	12.5	0.38
3	3.8	14	0.27
3	4.4	13.5	0.33
3	4.9	15	0.33
3	4.3	15	0.29
3	5.1	14.5	0.35
3	4.4	15.5	0.28
3	4.8	14.5	0.33
3	4.2	12.5	0.34
3	4.5	13	0.35
3	4.5	13	0.35
3	5.2	16	0.33
3	4.7	13.5	0.35
3	4.2	14	0.30
3	4.7	16	0.29
3	4.3	14.5	0.30
3	4.9	12.5	0.39
3	5.4	13	0.42
3	4.9	13.5	0.36
4	5.2	14	0.37
4	4.8	15	0.32
4	4.5	14.5	0.31
4	4.6	14.5	0.32
4	4.6	14.5	0.32
4	4.6	14	0.33
4	4.6	14	0.33
4	4.1	12.5	0.33
4	6.5	16.6	0.39
4	5.3	17	0.31
4	5.3	14.5	0.37
4	5.6	16	0.35
4	5.1	16	0.32
4	4.8	17	0.28
4	5.1	15	0.34
4	4.9	14.5	0.34

4	4.8	15.5	0.31
4	6.6	16	0.41
4	4.7	15.5	0.30
4	4.5	16	0.28
4	4.2	15	0.28
4	4.5	15	0.30
4	4.2	15	0.28
4	5.3	14.5	0.37
4	5.2	14	0.37
4	5.5	15	0.37
4	4.2	15	0.28
4	4.5	17	0.26
4	3.9	14	0.28
4	4.9	14.5	0.34
4	5.2	15	0.35
4	4.8	15	0.32
4	6	15.5	0.39
4	4.7	15	0.31
4	5.5	15	0.37
4	5.1	14.5	0.35
4	5.1	18	0.28
4	5.9	18	0.33
4	5	15	0.33
4	4.7	16.5	0.28
4	4.7	16	0.29
4	5.4	15	0.36
4	5	15	0.33
4	4.1	12.5	0.33
4	4.5	13	0.35
4	5.7	16.5	0.35
4	5.3	16.5	0.32
4	5.6	14.5	0.39
4	5.5	16.5	0.33
4	4.9	13	0.38
4	5.4	15	0.36
4	7.3	17.5	0.42
4	5	14	0.36
4	4.1	14.5	0.28
Tratamiento		Promedio	
T0			0.312
T1			0.326
T2			0.326
T3			0.330
T4			0.332

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. FREDY RODRIGUEZ CCENHUA
R.D. N° 079-2024-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a un día del mes de abril del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del jurado conformado por el Dr. Rómulo Agustín Solano Ramos, Mtro. Carlos Máximo Malpica Ramos como asesor, Ph.D. Marhleni Cerda Gómez y Dr. Yuri Gálvez Gastelú; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Tipos de sustrato en la propagación de plántones de "quina" *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. Ex Mutis) L. Anderson, Pichari - Cusco, 2021**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroforestal presentado por el Bachiller **FREDY RODRIGUEZ CCENHUA**.

El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. Rómulo Agustín Solano Ramos	17	16	16	16
Mtro. Carlos Máximo Malpica Ramos	15	15	17	16
Ph.D. Marhleni Cerda Gómez	13	12	14	13
Dr. Yuri Gálvez Gastelú	14	12	13	13
PROMEDIO GENERAL				15

Acto seguido se invita a la sustentante y público en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Dr. Rómulo Agustín Solano Ramos
Presidente


.....
Mtro. Carlos Máximo Malpica Ramos
Asesor


.....
Ph.D. Marhleni Cerda Gómez
Jurado


.....
Dr. Yuri Gálvez Gastelú
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe coordinador responsable de la valoración y verificación de originalidad de los trabajos de investigación y de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, designado mediante la RCF N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo de tesis titulado;

Tipos de sustrato en la propagación de plántones de "quina" *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. Ex Mutis) L. Anderson, Pichari - Cusco, 2021

Autor : Fredy RODRIGUEZ CCENHUA
Asesor : Carlos Maximo MALPICA RAMOS

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, y RCU N° 1530-2023-UNSCH-CU, emitiendo un resultado de **dieciocho (18%)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2488256134

Ayacucho, 17 de octubre de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Dr. Yuri Gálvez Gaselú
Coordinador de Control de originalidad de
trabajos de investigación y tesis - FCA

Tipos de sustrato en la propagación de plantones de “quina” *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. Ex Mutis) L. Anderson, Pichari - Cusco, 2021

por Fredy RODRIGUEZ CCENHUA

Fecha de entrega: 17-oct-2024 10:29a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2488256134

Nombre del archivo: TESIS_FREDY_RODRIGUEZ_CCENHUA.docx (9.43M)

Total de palabras: 20659

Total de caracteres: 104220

Tipos de sustrato en la propagación de plántones de "quina" Ladenbergia oblongifolia (Humb. Ex Mutis) L. Anderson, Pichari - Cusco, 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

4%

2

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

3%

3

read.bookcreator.com

Fuente de Internet

1%

4

renati.sunedu.gob.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.unj.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.unas.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

revistas.ucr.ac.cr

Fuente de Internet

1%

8

www.repositorio.usac.edu.gt

Fuente de Internet

1%

9	burea-uinsurance.com Fuente de Internet	1 %
10	scielo.sld.cu Fuente de Internet	<1 %
11	enciclopediadebiologia.com Fuente de Internet	<1 %
12	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
13	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
15	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
16	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	doaj.org Fuente de Internet	<1 %
19	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Tipos de sustrato en la propagación de plantones de “quina” *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. Ex Mutis) L. Anderson, Pichari - Cusco, 2021

Área de Investigación: Medio Ambiente
Líneas de investigación: Sistemas de Producción Agrícola
Fredy Rodriguez Ccenhua
fredy.rodriguez.28@unsch.edu.pe
Carlos Maximo Malpica Ramos
carlos.malpica@unsch.edu.pe

RESUMEN

El estudio tipos de sustrato en la propagación de plantones de “quina” *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. Ex Mutis) L. tiene como objetivo determinar el efecto de los tipos de sustrato en la propagación de plantones de *Ladenbergia oblongifolia* bajo condiciones del vivero del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – MIDAGRI, distrito de Pichari, provincia La Convención, región Cusco, a 650 msnm. Se utilizó cinco tipos de sustrato: T0 (18% S1+ 73% S2 + 5% arena + 5% aserrín); T1 (71% S1+18% S2+4% arena+ 4%aserrin+ 2% guano de isla); T2 (15%S1+15%S2+60% S3+4% arena+4% aserrín + 2% guano de isla); T3 (13%S1+ 13%S2+ 13%S3+ 52%S4+ 3%arena+3%aserrín+2% guano de las islas) y T4 (12% S1+ 12%S2+ 12%S3+ 12%S4+ 46%S5 + 3%arena+3%aserrin + 1% guano). Los resultados indican que los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄ tienen efectos positivos y directos sobre las características de plantones de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), siendo superiores al testigo (T₀), en altura de planta (5.02 cm), diámetro del tallo (2.16 mm), longitud de raíz (15.16 cm), número de raíces (18.4) y número de hojas (15.11). Todos los tratamientos produjeron plantones de alta calidad, considerando los índices de robustez e índice de la relación altura de plantón y longitud de raíz. Asimismo, el tratamiento T4 (sustrato compuesto por 12%S1+12%S2+12%S3+12%S4+46% S5+3%arena+3%aserrin + 1% guano) tiene mayor efecto en la producción de plantones de quina (*Ladenbergia oblongifolia*) superando a los otros tratamientos en altura de la planta, diámetro del tallo, longitud de raíz, número de raíces y número de hojas.

Palabras clave: *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. Ex Mutis) L., Pichari, sustrato y vivero.

Types of substrate in the propagation of “quina” seedlings *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. Ex Mutis) L. Anderson, Pichari - Cusco, 2021

ABSTRACT

The study of types of substrate in the propagation of “quina” seedlings *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. Ex Mutis) L. aims to determine the effect of the types of substrate in the propagation of seedlings of *Ladenbergia oblongifolia* under conditions of the nursery of the Ministry of Agrarian Development and Irrigation – MIDAGRI, Pichari district, La Convencion province, Cusco region, 650 meters above sea level. Five types of substrate were used: T0 (18% S1+ 73% S2 + 5% sand + 5% sawdust); T1 (71% S1+18% S2+4% sand+ 4%sawdust+ 2% island guano); T2 (15%S1+15%S2+60% S3+4% sand+4% sawdust + 2% island guano); T3 (13%S1+ 13%S2+ 13%S3+ 52%S4+ 3%sand+3%sawdust+2% guano from the islands) and T4 (12% S1+ 12%S2+ 12%S3+ 12%S4+ 46%S5 + 3% sand + 3% sawdust + 1% guano). The results indicate that treatments T1, T2, T3 and T4 have positive and direct effects on the characteristics of cinchona seedlings (*Ladenbergia oblongifolia*), being superior to the control (T0), in plant height (5.02 cm), stem diameter (2.16 mm), root length (15.16 cm), number of roots (18.4) and number of leaves (15.11). All treatments produced high quality seedlings, considering the robustness indices and index of the relationship between seedling height and root length. Likewise, treatment T4 (substrate composed of 12%S1+12%S2+12%S3+12%S4+46% S5+3%sand+3%sawdust + 1% guano) has a greater effect on the production of seedlings. cinchona (*Ladenbergia oblongifolia*) surpassing the other treatments in plant height, stem diameter, root length, number of roots and number of leaves.

Keywords: *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. Ex Mutis) L., Pichari, substrate and nursery.

I. INTRODUCCIÓN

El árbol de la quina es un término comúnmente conocido a las especies del Género Cinchona. No obstante, representar la riqueza vegetal del Perú, en el escudo nacional, en la actualidad, varias especies de este género se encuentran en peligro de extinción, a pesar de que tiene una alta importancia económica, social, ecológica y ambiental para nuestro país. Históricamente, el género Cinchona aparece en Sudamérica, dentro del área llamado “eje de la salud” en el mapa del mundo andino; resaltando su importancia al representar la región como el centro de curación de las antiguas culturas andinas que

se extendía desde Ecuador hasta Bolivia.

Además, es una especie muy importante dentro de los bosques húmedos, no solo porque alberga fauna silvestre, sino también, porque lo utilizan en la medicina tradicional, por las bondades farmacológicas que le atribuyen.

Dado el estado actual, es necesario e imprescindible incrementar las áreas de cultivo de quina, sin embargo, se desconoce una tecnología adecuada para su propagación, por ejemplo, tratamientos de semillas, tipos de sustrato, requerimientos agroclimáticos, etc.

Asimismo, existe escasa información respecto a los sustratos para la propagación de la “quina” es por ello, que en el presente estudio se ha planteado determinar el efecto de tipos de sustrato en la propagación de plantones de calidad de *Ladenbergia oblongifolia*, que servirá como fuente de información para los agricultores interesados en esta especie, en especial, para los Valle de los ríos Apurímac, Ene y el Mantaro (VRAEM).

Los objetivos de la presente investigación fueron:

Objetivo general

Determinar el efecto de los tipos de sustrato en la propagación de plantones de quina (*Ladenbergia oblongifolia* (Humb. Ex Mutis) L). Anderson, Pichari-Cusco, 2021

Objetivos específicos

1. Comparar la influencia de los cinco tipos de sustrato en la propagación de plantones de quina (*Ladenbergia oblongifolia*) en vivero.
2. Determinar el tipo de sustrato más adecuado para la propagación de plantones de quina (*Ladenbergia oblongifolia*) en vivero.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del ensayo

El trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones del Ministerio de Agricultura y Riego - MIDAGRI, frente al campo ferial, carretera a la Comunidad nativa Sankiroshi, del distrito de Pichari, ubicado en ceja de selva de la margen derecha de los ríos Apurímac entre los departamentos de Cusco y Ayacucho, al noroeste de la capital de la Provincia de la Convención, su ámbito territorial está comprendida entre las altitudes 250 m.s.n.m. y 3500 m.s.n.m., cuya capital del distrito, del mismo nombre, se encuentra situado a una altitud de 500 m.s.n.m.

2.2. Características agroclimáticas del distrito

De acuerdo con los datos meteorológicos del año 2020, de la estación meteorológica del ejército peruano, base-Pichari, se presenta el balance hídrico para el distrito de Pichari donde se puede observar que la temperatura promedio máximo alcanza a 30.8°C, la temperatura promedio mínimo es de 18.06°C, siendo la media mensual 24.4°C. La precipitación se presenta en forma variada, lo que permite determinar los meses con

déficit de agua y meses con exceso de agua, por ejemplo; los meses con exceso de agua son diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo, setiembre, octubre, noviembre y diciembre mientras que los meses con déficit de agua son junio y julio. El mes de agosto el valor de la precipitación es similar al valor de la evapotranspiración.

2.3. Materiales y equipos

2.3.1. *Materiales para producción y evaluación*

- Bandejas de 54 unidades
- Tubetes de 180 cc
- Regadera
- Repicador
- Manguera
- Vernier digital
- Regla milimétrica

- Tierra de bosque virgen
- Tierra arcillosa con gravas
- Arcilla amarilla (donde crece la quina)
- Tierra negra
- Tierra arpillar
- Guano de las islas
- Aserrín
- Arena

2.3.2. *Equipos de laboratorio*

- Balanza electrónica
- Horno

2.3.5. *Herramientas*

- Pico
- Lampa
- Carretilla
- Zaranda

2.3.3. *Material biológico*

- Semilla de quina

2.3.4. *Insumos*

2.4. Factores en estudio

2.4.1. *Tipos de sustrato*

Los tipos de sustrato es el resultado de la mezcla en diferentes proporciones de los materiales recolectado del ámbito de estudio, tales como: tierra de bosque, tierra arcilla con gravas, arcilla amarilla, tierra negra, tierra arpillar, aserrín y arena.

S1 = 18% (tierra de bosque virgen) + 72% (Tierra arcillosa con gravas) + 5% de arena + 5% de aserrín.

S2 = 72% (tierra de bosque virgen) + 18% (Tierra arcillosa con gravas) + 4% arena + 4% aserrín + 2% guano de la isla.

S3 = 15% (tierra de bosque virgen) + 15% (Tierra arcillosa con gravas) + 60% (Arcilla amarilla) + 4% arena + 4% aserrín + 2% guano de la isla.

S4 = 13% (tierra de bosque virgen) + 13% (Tierra arcillosa con gravas) + 13% Arcilla amarilla + 53% + 4% arena + 4% aserrín + 2% guano de la isla.

S5 = 12% (tierra de bosque virgen) + 12% (Tierra arcillosa con gravas) + 12% Arcilla amarilla + 12% Tierra negra + 46% de tierra arpillar + 4% arena + 4% aserrín + 2% guano de la isla.

2.4.2. *Tratamientos*

Se ha considerado como tratamientos a cada uno de los cinco tipos de sustratos

previamente preparados:

T0 = S1 [18% (tierra de bosque virgen) + 72% (Tierra arcillosa con gravas) + 5% de arena + 5% de aserrín].

T1= S2 [72% (tierra de bosque virgen) +18% (Tierra arcillosa con gravas) + 4% arena +4%aserrin + 2% guano de la isla].

T2= S3 [15% (tierra de bosque virgen) +15% (Tierra arcillosa con gravas) +60% (Arcilla amarilla) + 4% arena + 4% aserrín + 2% guano de la isla].

T3= S4 [13% (tierra de bosque virgen) +13% (Tierra arcillosa con gravas) +13% Arcilla amarilla +53% +4%arena+4% aserrín + 2% guano de la isla].

T4= S5 [12% (tierra de bosque virgen) +12% (Tierra arcillosa con gravas) +12% Arcilla amarilla +12% Tierra negra +46% de tierra arpillar + 4% arena+4% aserrín + 2% guano de la isla].

2.5. Diseño experimental

Para el desarrollo del trabajo de investigación en vivero se utilizó el Diseño Completo Randomizado (DCR) con 5 tratamientos (tipos de sustrato) y 54 repeticiones, haciendo un total de 270 unidades experimentales.

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = jiésima observación del tratamiento i

i = 1,2, ..., k

i = 1,2, ..., n_i

U = Media global

T_i = Efecto del tratamiento i

E_{ij} = Efecto del error experimental de la medición Y_{ij}

2.6. Distribución del campo experimental

La distribución del campo experimental se observa en la figura 2.3.

2.7. Parámetros evaluados

La evaluación de los parámetros en estudio se efectuó durante y posterior del desarrollo de los plantones, es decir desde el momento de repique de la plántula, después de dos meses del desarrollo y la última se realizó después de cuatro meses de crianza en vivero de cada unidad experimental.

2.7.1. Altura del plantón (cm)

Para obtener la información de altura del plantón de cada unidad experimental, utilizando el vernier digital se procedió la medición de los plantones desde la base hasta el ápice del tallo, cuyos resultados son expresados en centímetros (cm).

2.7.2. Diámetro de tallo (mm)

Para obtener la información del diámetro de tallo del plantón de cada unidad experimental, utilizando el vernier digital en la base del tallo del plantón se efectuó las

medidas correspondientes, cuyos resultados son expresados en milímetro (mm).

2.7.3. Longitud de raíz (cm)

Para obtener la información de la longitud de raíz del plantón de cada unidad experimental, con la ayuda del vernier digital se procedió la medición de todos los plantones desde la parte proximal hasta el distal de la raíz, cuyos resultados son expresados en centímetros (cm).

2.7.4. Número de hojas

Para lograr la información de número de hohas del plantón de cada unidad experimental, se contabilizó la cantidad de hojas que poseen los plantones, cuyos resultados son expresados en número.

2.7.5. Número de raíz

Para lograr la información de número de raíz del plantón de cada unidad experimental, se contabilizó la cantidad de raíces que poseen los plantones, cuyos resultados son expresados en número.

2.7.6. Índice de robustez

Es la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm); en tal sentido, los datos se obtuvieron dividiendo la altura del plantón entre el diámetro basal del tallo. Índice de robustez es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento, la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos y su valor debe ser menor a seis. Un valor inferior indica una mejor calidad de la planta, arbolitos más robustos, bajos y gruesos es son más aptos para sitios con limitación de humedad; valores superiores a seis sugieren una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados

2.7.7. Relación altura de plantón-longitud de raíz ($R A/LR$)

Este dato se obtuvo utilizando la siguiente relación matemática: $R = BSA/BSR =$ Biomasa seca aérea (g) / Biomasa seca raíz (g)

2.8. Conducción del experimento

En la conducción del presente trabajo de investigación, se ha considerado las diversas actividades agronómicas, las mismas que fueron aplicadas durante las diferentes etapas de propagación y desarrollo fenológico del plantón de la especie en estudio, tales como recolección de semilla, germinación de semilla, preparación de sustrato, repique, deshierbe y riego.

2.9. Procesamiento de datos

Con los datos obtenidos utilizando el programa SPSS y Excel se efectuaron el análisis de varianza y las pruebas de contraste de Duncan.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura del plantón

Tabla 3.1

*Análisis de variancia de altura de plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm*

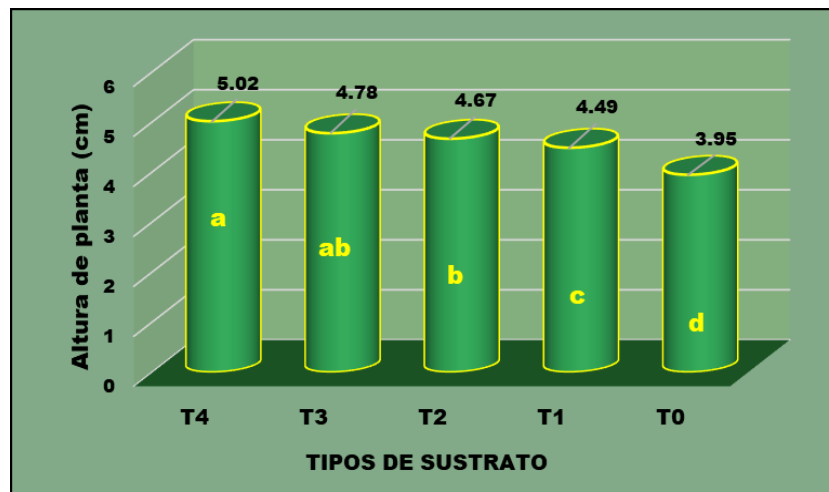
F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Tratamientos	4	35.22	8.80	19.17	<0.0001
Error	265	121.74	0.46		
Total	269	156.96			

C.V. = 14.79 %

En la tabla 3.1 se muestra el análisis de variancia de la altura de plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), donde se observa diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, hecho que demuestra que al menos uno de los tratamientos es diferente al resto.

Figura 3.1

*Prueba de Duncan de altura de plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*)*



Según la prueba de contraste de Duncan que se muestra en la Figura 3.1, donde se observa que los tratamientos T₄ (5.02 cm) y T₃ (4.78 cm) presentan los mayores valores en altura de planta, pero a su vez sin diferencia estadística entre ellos. Mientras tanto los tratamientos T₃ (4.78 cm) y T₂ (4.67 cm) no muestran diferencia estadística entre sí. El testigo (T₀) presenta la menor altura de planta (3.95 cm). Cuyos resultados demuestran que los tipos de sustrato si tienen influencia en la altura del plantón.

Comparado con el reporte de Vásquez et al. (2019) para el tratamiento testigo (50% de tierra orgánica, 50% de arena) que utilizó en *Cinchona officinalis*, las alturas de las plantas tienen en promedio dos centímetros menos que el tratamiento testigo (T₀) del presente estudio. Por otro lado, Asicon (2013) menciona que el sustrato óptimo para producir *Cinchona ledgeriana*, es a base de tierra negra, arena blanca y bovinaza en proporción de 30:40:30, debido a las características químicas sobresalientes.

Vásquez et al. (2019) utilizaron diferentes sustratos, siendo el mejor el sustrato compuesto por 35% hojarasca + 35% franco arenoso +20% tierra orgánica + 10% de arena, que a los 60 días alcanzó una longitud de 4.2 cm. Mientras en el presente ensayo se alcanzó 5.02 cm a los 120 días con el T₄, compuesto de 12% tierra de bosque virgen +12% Tierra arcillosa con gravas +12% Arcilla amarilla +12% Tierra negra +42% de tierra arpillar + 4% arena+4% aserrín + 2% guano de la isla.

Según Vásquez et al. (2019) la especie *Cinchona officinalis* se desarrolla mejor en suelos con un pH de 6,31, con 3,76 % de carbono, 0,32 % de nitrógeno, 425 ppm de potasio y 22,07 ppm de fósforo; mientras en el presente ensayo, la mayor altura se obtiene con el T₄ que presenta un pH casi neutro de 6.23, textura franco arenoso, 2.49% de materia orgánica, 7.76 de Ca⁺⁺ (cationes cambiables (Cmol (+) kg⁻¹), 0.12 % de nitrógeno, 75.9 ppm de potasio.

Por su parte Villalobos (2001) manifiesta que la presencia del nitrógeno en los “sustratos permite el crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas, no sólo por estar involucrado en la captación de la energía solar, sino también en la distribución y síntesis de moléculas que participan en el crecimiento celular” (p. 4), tal como sucedió en el presente trabajo de investigación.

De acuerdo con el análisis de caracterización del sustrato, el T₄ mantiene ventajas comparativas en materia orgánica (medio), en nitrógeno total (medio), fósforo, alto y CIC medio, respecto a los demás tratamientos incluyendo el testigo; en tal sentido, posiblemente sea la razón para tener mejor respuesta en altura del plantón en comparación con los otros tratamientos, porque especialmente el nitrógeno influye en el crecimiento de la planta.

3.2. Diámetro de tallo

Tabla 3.2

Análisis de variancia del diámetro de tallo del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm

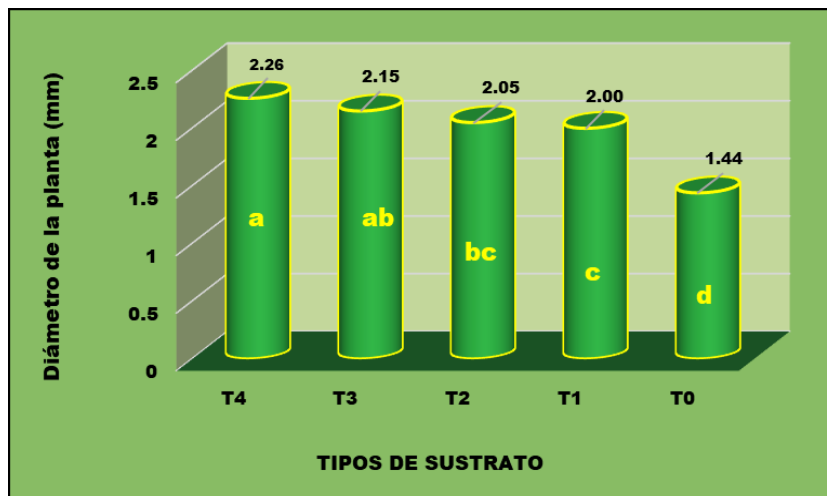
F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Tratamientos	4	21.98	5.50	38.89	<0.0001
Error	265	37.45	0.14		
Total	269	59.43			

C.V. = 19.00 %

En la tabla 3.2 se muestra el análisis de varianza del diámetro de tallo del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), donde se observa diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos, lo que significa que por lo menos un tratamiento es diferente a los demás.

Figura 3.2

Prueba de Duncan de diámetro de tallo del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*)



Efectuado la prueba de contraste de Duncan que se muestra en la Figura 3.2, se observa que los tratamientos T₄ (2.16 mm) y T₃ (2.15 mm) son iguales estadísticamente y superior a los demás tratamientos; mientras que el tratamiento T₀ (testigo) presenta el menor diámetro de tallo con 1.44 mm.

Torres (1993, como se citó en Berrocal, 2016) mencionó que el nitrógeno es un elemento influyente en el crecimiento diametral de una planta; sin embargo, en el presente trabajo no concuerda dicha afirmación, porque, según el análisis de caracterización de los sustratos, el mayor porcentaje de nitrógeno (N%) se encuentra en el T₃ con 0.15% y consecuentemente debe de tener mejor respuesta, no obstante el T₄ que tiene 0.12% alcanza mayor diámetro de tallo, este resultado demuestra que no solo el nitrógeno influye en el crecimiento del diámetro del tallo de una planta, sino también otros elementos minerales y factores ambientales.

Berrocal (2016) detalla que los mayores diámetros de tallo en *Coffea arábica L* (especie perteneciente a la misma Familia Rubiaceae) fue con el sustrato a base de tierra agrícola y bocashi en la proporción de 5:1, a pesar de que el dicho sustrato no tiene mayor porcentaje de nitrógeno comparado con los otros tratamientos en estudio. Este resultado es concordante con lo obtenido en el presente ensayo, donde el mayor diámetro se obtuvo con el tratamiento 4 (T₄), sustrato que no tiene el mayor contenido de nitrógeno en relación con los otros sustratos, pero sí alto en fósforo y CIC, que también influyen en el crecimiento de cada una de las partes de la planta.

3.3. Longitud de raíz

Tabla 3.3

*Análisis de variancia de longitud de raíz del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm*

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Tratamientos	4	177.56	44.39	28.39	<0.0001
Error	265	4414.32	1.56		
Total	269	591.87			

C.V. = 8.86 %

En la tabla 3.3 se muestra el análisis de varianza de la longitud de raíz del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), donde se observa diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos, cuyo resultado demuestra que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás.

Figura 3.3

*Prueba de Duncan de la longitud de raíz del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*)*



Según la prueba de contraste de Duncan en la Figura 3.3. se observa que el tratamiento T₄ (15.16 cm) es superior a los demás tratamientos en estudio, seguido de los tratamientos T₃ (14.52 cm) y T₂ (14.34 cm) que a su vez son iguales estadísticamente, pero superiores a los tratamientos T₁ y T₀ (testigo) que presentaron las menores longitudes de raíz con 13.77 y 12.75 cm, respectivamente.

De acuerdo con los resultados obtenidos, con el tratamiento T₄ se logra la mayor longitud de raíz, siendo el sustrato más adecuado para la propagación de los plantones de "quina", porque según el análisis de caracterización dicho sustrato franco arenoso contiene un pH ligero ácido de 6.23, contenido medio de materia orgánica que debe tener buena retención de humedad y el CIC medio. Además, resulta importante mencionar que la disponibilidad de fósforo alto también debió influenciar en la obtención mayor de longitud de la raíz; cuya aseveración es corroborado por Rodríguez y Ariza (1998), quienes consideran, los suelos óptimos para el desarrollo de la especie "quina" (*Ladenbergia oblongifolia*) deben tener un pH que varían de 4.6 a 6.5, buen

drenaje, abundante material orgánica y alta retención de humedad.

3.4. Número de hojas

Tabla 3.4

*Análisis de variancia de longitud de raíz del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm*

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Tratamientos	4	1198.67	49.67	34.55	<0.0001
Error	265	380.96	1.44		
Total	269	579.63			

C.V. = 8.54 %

En la tabla 3.4 se muestra el análisis de varianza del número de hojas del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*) donde se observa diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, lo que significa que por lo menos uno de los tratamientos es diferente a los otros.

Figura 3.4

*Prueba de Duncan del número de hojas del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*)*



La prueba de contraste de Duncan (Figura 3.4), demuestra que el tratamiento T₄ (15.11) es superior a los demás tratamientos, seguido en orden descendente por el T₃ (14.59), T₂ (14.33), que a su vez son iguales entre sí, y T₁ (13.44), siendo el T₀ (testigo) el menor con 12.70 hojas.

Villalobos (2001) manifiesta que el contenido de “nitrógeno del sustrato permite el crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas, no sólo por estar involucrado en la captación de la energía solar, sino en la distribución y síntesis de moléculas que participan en el crecimiento celular” (p. 4), por lo tanto, el número de hojas se ve influenciado directamente por el nitrógeno, sin embargo, debemos señalar que el número de hojas también depende del factor genético.

3.5. Número de raíces

Tabla 3.5

*Análisis de variancia del número de raíces del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm*

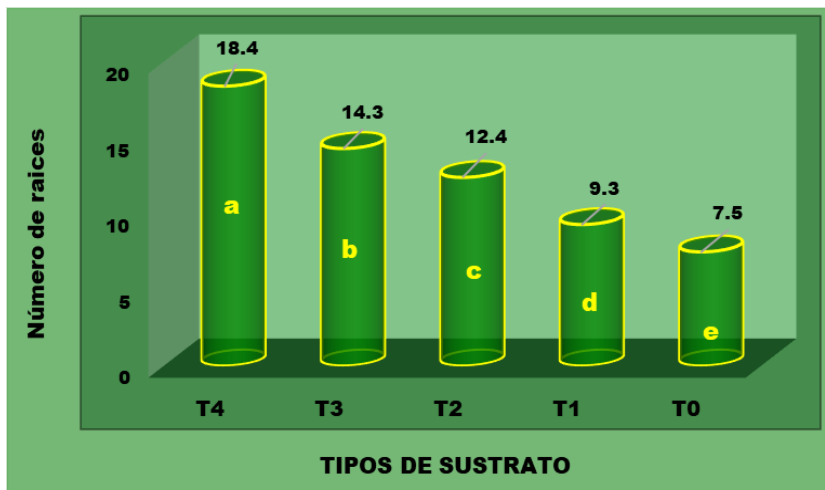
F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Tratamientos	4	4001.39	1000.38	340.12	<0.0001
Error	265	779.41	2.94		
Total	269	4780.80			

C.V. = 13.83 %

En la Tabla 3.5 se muestra el análisis de varianza del número de raíces del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*) donde se observa diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, dicho resultado demuestra que al menos uno de los tratamientos es diferente a los otros en estudio.

Figura 3.5

*Prueba de Duncan del número de raíces del plantón de quina (*Ladenbergia oblongifolia*)*



De acuerdo con la prueba Duncan presentada en la Figura 3.5, se observa que el tratamiento T4 alcanza 18.4 raíces, valor superior a los otros tratamientos, seguido en orden descendente por los tratamientos T3 (14.3), T2 (12.4), T1 (9.3) y testigo (T0) con 7.5 raíces. Cuya respuesta del tratamiento T4, probablemente está influenciada por la CIC medio, además del contenido alto de fósforo, tal como manifiesta Garvillo (2020) que, el fósforo promueve el desarrollo de las raíces ya que es un nutriente esencial para las plantas y desempeña un papel crucial en su crecimiento y desarrollo general. Sin un suministro adecuado de fósforo, las plantas no pueden sobrevivir ni prosperar. Además, señala que las raíces actúan como ancla de la planta y facilitan la absorción de agua y nutrientes del suelo, permitiendo la ramificación de las raíces, asegurando un sistema radical fuerte y saludable.

3.6. Índice de robustez

Tabla 3.6

Análisis de variancia del índice de robustez del plantón de quina (Ladenbergia oblongifolia), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm

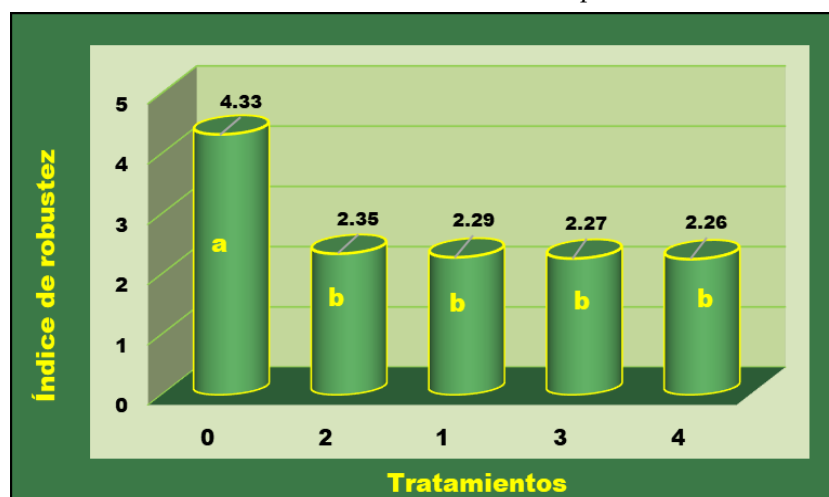
F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Tratamientos	4	178.77	44.69	10.81	<0.0001 **
Error	265	1096.00	4.14		
Total	269	1274.77			

C.V. = 75.33 %

La Tabla 3.6 muestra el análisis de varianza del índice de robustez de plantones de *Ladenbergia oblongifolia* donde se observa una diferencia estadística altamente significativa para tratamientos, lo que significa que por lo menos uno de los tratamientos es diferente a los demás.

Figura 3.6

Prueba de Duncan del Índice de robustez de los plantones de Ladenbergia oblongifolia



Efectuado la prueba de contraste de Duncan tal como se muestra en la Figura 3.6, se observa que el testigo (tratamiento T₀) es diferente con 4.33 de índice de robustez con relación a los demás tratamientos T₂ (2.35), T₁ (2.29), T₃ (2.27) y T₄ (2.26), respectivamente. No obstante, el coeficiente de variabilidad alto de 75.33% significa que los datos son incorrectos o no deseables; el caso es que los datos obtenidos muestran mayor dispersión del promedio, influenciado por algún variable interviniente.

De acuerdo con Tinoco (2014) el valor de índice de robustez debe ser menor a seis (6), debido a que los plantones de menor tamaño y grueso son los más aptos para sitios con poca humedad y condiciones extremas del medio; mientras que, los plantones grandes y débiles sufrirían daños a los fuertes vientos y condiciones medioambientales adversas. Por otro lado, More (2018) indica que plantones con índice de robustez < 6, es calidad buena, entre 6.1 y 8.0 es de calidad mediana y plantones >8 son de calidad baja. Corroborando con ambos autores y el resultado del presente trabajo, todos los

tratamientos en estudio poseen índice de robustez inferiores al valor seis (6), en tal sentido, todos los plántones se encuentran dentro del rango de calidad buena.

3.7. Índice de relación de altura de plánton y longitud de raíz (AP/LR)

Tabla 3.7

*Análisis de variancia de índice de relación de altura de plánton y longitud de raíz de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), por efecto de tipos de sustrato, Pichari 550 msnm*

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Tratamientos	4	0.01	0.0034	1.67	0.1562 ns
Error	265	0.54	0.0020		
Total	269	0.55			

C.V. = 13.82 %

En la Tabla 3.7 se presenta el análisis de variancia del índice de relación de altura de plánton y longitud de raíz de *Ladenbergia oblongifolia*, donde no existe diferencia estadística entre los tratamientos, cuyo resultado demuestra que todos los tratamientos son similares. Sin embargo, efectuado la prueba de contraste Duncan Figura 3.7, el testigo tratamiento T0 es diferente y menor a los otros tratamientos que entre sí son similares.

Figura 3.7

*Prueba de Duncan del Índice de altura de plánton y longitud de raíz de *Ladenbergia oblongifolia**



Al respecto, Orozco et al (2019) sostienen que, para predecir el éxito de un plánton en campo definitivo, considerando la proporcionalidad de la altura del plánton y longitud de raíz es el valor más cercano a la unidad; sin embargo, en todos los tratamiento los plántones de *Ladenbergia oblongifolia* tienen una relación de altura de plánton/longitud de raíz de 1:3 (un promedio de 0.3), vale decir, que la raíz es el triple con respecto al tallo, de ahí que, cuya relación no sería causante para que los plántones no tengan éxito en el campo definitivo, puesto que en lugares con poca retención de agua, suelos arcillosos y suelos con pendientes pronunciadas sería favorable dicha relación.

Asimismo, More (2018) manifiesta que los plantones con índice de relación de altura de plantón y longitud de raíz ≤ 2 es de buena calidad, entre 2.1 y 2.5 es de calidad mediana y plantones >2.5 son de calidad baja. Estos valores corroboran con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, donde todos los tratamientos en estudio poseen índice de relación entre altura de plantón y longitud de raíz son ≤ 0.332 ; en tal sentido, todos los plantones se encuentran dentro del rango de buena calidad.

CONCLUSIONES

1. Los tratamientos T_1 , T_2 , T_3 y T_4 tuvieron efectos positivos y directos en las características morfológicas de los plantones de quina (*Ladenbergia oblongifolia*), siendo superiores al sustrato T_0 , en altura de planta (5.02 cm), diámetro del tallo (2.16 mm), longitud de raíz (15.16 cm), número de raíces (18.4) y número de hojas (15.11). Todos los tratamientos produjeron plantones de alta calidad, teniendo en cuenta los índices de robustez e índice de la relación altura y longitud de raíz de plantones.
2. El tratamiento T_4 compuesto por 12% de tierra de bosque virgen +12% de tierra arcillosa con gravas + 12% de arcilla amarilla +12% de tierra negra + 42% de tierra arpillar + 4% de arena+4% de aserrín + 2% de guano de la isla, tuvo mayor y mejor respuesta en la propagación de plantones de quina (*Ladenbergia oblongifolia*) superando a los otros tratamientos en estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asicon C. P. (2013) *Evaluación de cuatro sustratos en semilleros de quina (Cinchona Ledgeriana; Rubiaceae) en Escuintla*. Tesis Ingeniería en Agronomía. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
<http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/06/17/Asicon-Pablo.pdf>.
- Berrocal, Ñ. D. D. (2016). *Efecto de los abonos orgánicos en el crecimiento de plantones de café (Coffea arabica L.) bajo condiciones de vivero*.
<https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/70ad83b5-dcbe-45ed-98e4-23d1451ead55/content>
- Garvillo, (2020) La importancia del fósforo en el crecimiento y desarrollo de las plantas. <https://garvillo.com/es/que-hace-el-fosforo-por-las-plantas/vignette>
- More, I. J. P., Salazar, H.E.J. & Cuellar, B.J.E. (2018). Relación tamaño y calidad del plantón en condiciones de vivero de Ulcumano (*Retrophyllum rospigliosii*) en INIA San Ramón, Chanchamayo, Perú. Revista forestal venezolana, Volumen

62, Número Único. <http://www.inia.gob.pe>.

- Orozco, G. G., Muñoz, F. H. J., Rueda, S. A., Rodríguez, J. A., Prieto, J. Á., & García, M. J. (2019). Diagnóstico de la calidad de planta en los viveros forestales del estado de colima. *revista mexicana de ciencias forestales*, 1(2), 134-144. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v1i2.641>
- Rodríguez, L. & Ariza, J. 1998. Proyecto conjunto de las facultades de ingeniería de Sistemas y Biología de la Universidad INCCA de Colombia. Bogotá. Colombia.
- Tinoco, L. J. (2014). *Evaluación de la influencia de la fertilización en el vivero sobre la Calidad de la planta de Pinus oocarpa Schiede y su desarrollo inicial en campo*. Universidad Nacional Agraria. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf04t591.pdf>
- Vásquez, C. J. H., Lápez, S. E., Barboza, H.M. K. Y., Vásquez, M., S. N., & Quispe, S. L. M. (2019). Comparación de sustratos en la propagación sexual y asexual del árbol de la quina (*Cinchona officinalis*). *Revista De Investigación De Agroproducción Sustentable*, 2(3), 77–85. <https://doi.org/10.25127/aps.20183.407>
- Villalobos, R. E. (2001). Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica.