

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y
AGUA**



**EFECTO DE INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS DEL SUELO EN EL
CRECIMIENTO DE *Cedrelinga cateniformis* (tornillo) EN SUPTE SAN JORGE,
LEONCIO PRADO – 2022**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

GERSON SOTO SABINO

Tingo María – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°013-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 20 de febrero de 2023, a horas 10:00 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

“EFECTO DE INDICADORES FISICOQUIMICOS DEL SUELO EN EL CRECIMIENTO DE *Cedrelinga cateniformis* (tornillo) EN SUPTE SAN JORGE, LEONCIO PRADO-2022”

Presentado por el Bachiller: **SOTO SABINO, Gerson**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA** que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 07 de marzo de 2023

Ing. M.Sc. **JOSE D. LEVANO CRISOSTOMO**
PRESIDENTE



Dr. **ROBERTO OBREGON PEÑA**
MIEMBRO

Ing. M.Sc. **DAVID P. QUISPE JANAMPA**
MIEMBRO

Dr. **NELINO FLORIDA ROFNER**
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 055 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:


Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DE INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS DEL SUELO EN EL CRECIMIENTO DE <i>Cedrelinga cateniformis</i> (tornillo) EN SUPTE SAN JORGE, LEONCIO PRADO – 2022	GERSON SOTO SABINO	22% Veintidós

Tingo María, 14 de marzo de 2023


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional
Digital (RIDUNAS)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y
AGUA



**EFECTO DE INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS DEL SUELO EN EL
CRECIMIENTO DE *Cedrelinga cateniformis* (tornillo) EN SUPTE SAN JORGE,
LEONCIO PRADO – 2022.**

Autor	: Bach. Gerson Soto Sabino
Asesor (es)	: Dr. Nelino Florida Rofner
Programa de investigación	: Ciencias básicas
Línea de investigación	: Física y química de suelos
Eje temático	: Indicadores físico químicos del suelo, Indicadores de calidad del suelo
Lugar de ejecución	: Supte San Jorge
Duración	: 10 meses
Financiamiento	: Propio S/. 5 350,00

Tingo María – Perú

2022

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA I. Datos


**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL
TITULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE
Y TESISTA**

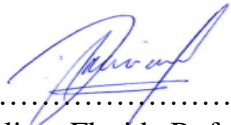
(Resol. N° 113-2019-CU-R-UNAS)

Generales de Pregrado

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad : FRNR-UNAS
Título de la tesis : Efecto de indicadores fisicoquímicos del suelo en el crecimiento de *Cedrelinga cateniformis* (tornillo) en Supte San Jorge, Leoncio Prado – 2022.
Autor : Bach. Soto Sabino, Gerson
Asesor (es) : Dr. Florida Rofner, Nelino
Programa de Investigación : Ciencias básicas
Línea de Investigación : Física y química de suelos
Eje Temático : Indicadores físico químicos del suelo, Indicadores de calidad del suelo
Lugar de Ejecución : Supte San Jorge
Duración : Fecha de inicio : Enero 2022
: Fecha de término : Octubre 2022
Financiamiento : FEDU : S/. 0,00
: Propio : S/. 5 350,00
: Otros : S/. 0,00

Tingo María, Perú, enero 2023.


.....
Bach. Gerson, Soto Sabino
Tesista


.....
Dr. Nelino, Florida Rofner
Asesor

DEDICATORIA

A Dios, por escuchar mis oraciones, por todo lo bueno y malo que me ha pasado, por poner personas maravillosas en mi camino, orientarme por el buen camino, darme fuerza para seguir adelante y no desistir en los problemas que se presentaron, enseñándome a enfrentar y superar las limitaciones sin perder los buenos valores.

A mis padres EDWIN SOTO BRAVO y NOEMI SABINO HUARANGA quienes con paciencia y amor me formaron en el camino del bien y la superación, agradecerles por el apoyo incondicional en mi vida, por haberme dejado sus mejores enseñanzas y siempre les tengo presente en mi corazón.

A mi hermano DENYS JAIR SOTO SABINO que ha sido mi gran apoyo durante toda mi vida, por el ánimo que me brinda día a día en todos los proyectos de mi vida tanto personales como profesionales.

A mis familiares y amistades, quienes en mi época universitaria siempre me brindaron su apoyo y me animaban a no rendirme y ser un ejemplo.

El autor

AGRADECIMIENTOS

A Dios, el que en todo momento está conmigo guiándome por el buen camino y ayudándome a cumplir mis objetivos en la vida.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables y la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua por brindarme la oportunidad de ser profesional, darme su acogedor calor en cada una de sus instalaciones durante toda mi formación profesional.

A mi asesor Ing. Dr. Nelino Florida Rofner, por su amistad y colaboración en el asesoramiento para poder realizar el presente trabajo.

Al Dr. José Dolores Lévano Crisóstomo, Dr. Roberto Obregón Peña, Ing. M. Sc. David Prudencio Quispe Janampa jurados de la tesis, por brindarme su apoyo incondicional y constante en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A Janyra Aguirre por acompañarme a lo largo de este proceso, por brindarme su confianza y permitirme estar a su lado demostrándome lo valioso que es la vida.

A Lucio Daniel Manrique de Lara por compartir momentos únicos y buenas experiencias durante nuestra formación académica,

Gracias a todas las amistades de la comunidad universitaria, de nuestra prestigiosa Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), que aportaron en el desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE

página

I.	INTRODUCCION.....	1
1.1.	Objetivo general	2
1.2.	Objetivos específicos.....	2
II.	REVISION DE LITERATURA	3
2.1.	El suelo	3
2.2.	Indicadores físicos del suelo.....	3
2.3.	Indicadores químicos del suelo	4
2.4.	Generalidades del <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke.....	6
2.5.	Antecedentes	8
III.	MATERIALES Y METODOS.....	11
3.1.	Lugar de ejecución	11
3.2.	Materiales y equipos.....	11
3.3.	Criterio de analisis	12
3.4.	Metodologia.....	13
3.5.	Población y Muestra.....	17
3.6.	Variables en estudio	17
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1.	Indicadores físicos del suelo.....	18
4.2.	Indicadores químicos del suelo.....	24
4.3.	Indicadores de crecimiento de <i>C. cateniformis</i>	37
4.4.	Determinación de indicadores relevantes y correlaciones según Pearson.....	44
V.	CONCLUSIONES.....	47

VI. PROPUESTAS A FUTURO	48
VII. REFERENCIAS.....	49
ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLA

Tabla	página
1. Parcelas de estudio.....	12
2. Indicadores fisicoquímicos del suelo	13
3. Clasificación de índices de calidad para latifoliadas.....	15
4. Modelo aditivo lineal del ANOVA.....	16
5. Factor de correlación de Pearson.....	17
6. Análisis de varianza para la fracción arena del suelo.....	18
7. Análisis post-hoc de Tukey para la fracción arena del suelo.....	19
8. Análisis de varianza para la fracción arcilla del suelo.....	19
9. Análisis post-hoc de Tukey para la fracción arcilla del suelo.....	20
10. Análisis de varianza para la fracción limo del suelo.....	20
11. Análisis post-hoc de Tukey para la fracción limo del suelo.....	21
12. Análisis de varianza para la Rp del suelo.....	22
13. Análisis post-hoc de Tukey para la fracción limo del suelo.....	22
14. Análisis de varianza para el pH del suelo.....	24
15. Análisis post-hoc de Tukey para el pH del suelo.....	25
16. Análisis de varianza para la MO del suelo.....	26
17. Análisis de varianza para el N del suelo.....	26
18. Análisis post-hoc de Tukey para la MO del suelo.....	27
19. Análisis post-hoc de Tukey para el N del suelo.....	27
20. Análisis de varianza para el P del suelo.....	28
21. Análisis post-hoc de Tukey para el P del suelo.....	29
22. Análisis de varianza para el K del suelo.....	30
23. Análisis post-hoc de Tukey para el K del suelo.....	30
24. Análisis de varianza para el Ca del suelo.....	31
25. Análisis post-hoc de Tukey para el Ca del suelo.....	32
26. Análisis de varianza para el Mg del suelo.....	33
27. Análisis post-hoc de Tukey para el Mg del suelo.....	33
28. Análisis de varianza para el Al del suelo.....	34
29. Análisis post-hoc de Tukey para el Al del suelo.....	35
30. Análisis de varianza para la CIC del suelo.....	36
31. Análisis post-hoc de Tukey para la CIC del suelo.....	36
32. Análisis de varianza para el indicador IMAA de <i>C. cateniformis</i>	38

33. Análisis post-hoc de Tukey para el indicador IMAA de <i>C. cateniformis</i>	39
34. Análisis de varianza para el indicador IMAD de <i>C. cateniformis</i>	40
35. Análisis post-hoc de Tukey para el indicador IMAD de <i>C. cateniformis</i>	40
36. Análisis de varianza para el indicador IR1 de <i>C. cateniformis</i>	41
37. Análisis post-hoc de Tukey para el indicador IR1 de <i>C. cateniformis</i>	42
38. Análisis de varianza para el indicador IR7 de <i>C. cateniformis</i>	42
39. Análisis post-hoc de Tukey para el indicador IR7 de <i>C. cateniformis</i>	43
40. Varianza total explicada.....	44
41. Matriz de componente rotado por Varimax.....	44
42. Correlación de Pearson entre indicadores del suelo y el crecimiento de tornillo.....	45
43. Tamaño de las partículas del suelo.....	58
44. Niveles de resistencia de suelo a la penetración.....	58
45. Niveles de pH en el suelo.....	58
46. Niveles de materia orgánica en el suelo.....	58
47. Niveles de contenido de Nitrógeno.....	59
48. Niveles de concentración de fosforo.....	59
49. Niveles de contenido de Potasio.....	59
50. Niveles de Ca intercambiable.....	59
51. Niveles de Mg intercambiable	59
52. Niveles de CIC del suelo.....	60
53. Mediciones de altura y diámetro en las diferentes localidades.....	61

ÍNDICE DE FIGURA

Figura	página
1. Localización del área de estudio.....	11
2. Comportamiento de las fracciones minerales del suelo.....	18
3. Comportamiento de la Rp del suelo.....	21
4. Comportamiento de pH del suelo.....	24
5. Comportamiento de la MO y N del suelo.....	25
6. Comportamiento del P del suelo.....	28
7. Comportamiento del K del suelo.....	29
8. Localización del área de estudio.....	31
9. Comportamiento de las fracciones minerales del suelo.....	32
10. Comportamiento de la Rp del suelo.....	34
11. Comportamiento de pH del suelo.....	35
12. Comportamiento de la MO y N del suelo.....	38
13. Comportamiento del P del suelo.....	39
14. Comportamiento del K del suelo.....	41
15. Muestreo de suelo en la localidad de Atahualpa.....	55
16. Medición de altura y diámetro en la localidad de Buenos Aires.....	55
17. Medición de Rp en la localidad de Chullachaqui.....	56
18. Medición de altura en la localidad de Nueva Unión.....	56
19. Muestreo de suelo en la localidad de Gervasio Santillana.....	57
20. Muestreo de suelo en la localidad de Vista Alegre.....	57
21. Analisis de suelo en la localidad de Nueva Union.....	63
22. Analisis de suelo en la localidad de Buenos Aires.....	64
23. Analisis de suelo en la localidad de Chullachaqui.....	65
24. Analisis de suelo en la localidad de Vista Alegre.....	66
25. Analisis de suelo en la localidad de Gervasio Santillana.....	67
26. Analisis de suelo en la localidad de Atahualpa.....	68

RESUMEN

La investigación evaluó el efecto de los indicadores fisicoquímicos de calidad del suelo en el crecimiento de *Cedrelinga cateniformis* D. Duke (tornillo) en localidades de Supte San Jorge, Leoncio Prado. Metodológicamente es una investigación descriptiva con ajuste de diseño completo al azar; los tratamientos lo representan las localidades de Buenos Aires (T1), Nueva Unión (T2), Vista Alegre (T3), Gervasio Santillana (T4), Chullachaqui (T5), Atahualpa (T6), en ellos se evaluaron siete muestras de suelo y plantas desde el mes tres al 10 de instalado en campo. Se encontró diferencias altamente significativas entre localidades evaluadas para todos los indicadores físicos, químicos del suelo y de crecimiento del tornillo. El análisis estadístico identificó indicadores relevantes al pH, MO, N, K, Ca, Mg, Al, CIC, AC, SAl, arena y arcilla, y se tiene correlación negativa significativa entre el Ca y Mg, y positiva significativa entre pH, AL, SAl y AC con incremento medio anual en altura (IMAA) e incremento medio anual en diámetro (IMAD). Se concluye que los suelos son arcillosos, fuertemente ácidos, con bajos niveles de nutrientes y alta saturación de aluminio, condiciones requeridas por la especie forestal, sin embargo, la plantación no mostró crecimientos favorables para el incremento anual en altura y diámetro, y se tiene una reducción de la robustez en las localidades de Buenos Aires, Nueva Unión, Vista Alegre y Gervasio Santillana.

Palabras clave: Aluminio, calidad del suelo, correlación, suelo ácido.

ABSTRACT

The research evaluated the effect of physicochemical indicators of soil quality on the growth of *Cedrelinga cateniformis* D. Duke (tornillo) in localities of Supte San Jorge, Leoncio Prado. Methodologically, it is descriptive research with a complete randomized design adjustment; the treatments represent the localities of Buenos Aires (T1), Nueva Unión (T2), Vista Alegre (T3), Gervasio Santillana (T4), Chullachaqui (T5), Atahualpa (T6), in which seven samples of soil and plants were evaluated from month 3 to 10 of field installation. Highly significant differences were found between locations evaluated for all physical, soil chemical and bolt growth indicators. The statistical analysis identified indicators relevant to pH, MO, N, K, Ca, Mg, Al, CIC, AC, SAl, sand and clay, and there was a significant negative correlation between Ca and Mg, and a significant positive correlation between pH, AL, SAl and AC with mean annual increment in height (IMAA) and mean annual increment in diameter (IMAD). It is concluded that the soils are clayey, strongly acidic, with low nutrient levels and high aluminum saturation, conditions required by the forest species, however, the plantation did not show favorable growth for the annual increase in height and diameter, and there is a reduction of robustness in the localities of Buenos Aires, Nueva Unión, Vista Alegre and Gervasio Santillana.

Key words: Aluminum, soil quality, correlation, acid soil.

I. INTRODUCCIÓN

Perú es uno de los diez países con mayor extensión de bosque en el mundo y segundo en la Amazonia. Su superficie territorial está cubierta de bosques en 56,9 % aproximadamente y presenta una deforestación acelerada. Los últimos reportes calculan que se perdió 1´169,723 ha (periodo 2000 al 2013), con promedio de 113 056,00 ha/año, reduciendo en 1,20 % la superficie forestal pasando de 55,10 a 53,90 % (Ministerio del Ambiente-MINAM, 2015) Ante la pérdida de cobertura boscosa y con la finalidad retribuir los daños ecológicos el estado peruano ha promovido en la Amazonía Peruana proyectos de inversión orientadas a la reforestación y de recuperación de suelos degradados, producto de la transformación del bosque en áreas de cultivos.

Cedrelinga cateniformis (tornillo) es una especie forestal maderable valiosa, cuyo uso es muy apreciado en el Perú y el mundo, además crece naturalmente en los suelos ultisoles, suelos con pH ácidos y que carecen de retención de nutriente, estos suelos se ubican en zonas donde existe mayor precipitación y donde la evapotranspiración potencial es excedida durante algunos periodos del año. Se considera entre las cinco especies forestales más apreciadas por el poblador amazónico por su alta demanda y precio en el mercado nacional e internacional. Además, la demanda de esta especie maderable va en aumento y la viabilidad de su extracción son más limitadas, por ello, se buscan alternativas de propagar esta especie, a través de programas de reforestación en la Amazonia y en particular en la región de Huánuco.

La Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas (DEVIDA) y la municipalidad provincial de Leoncio Prado emprendieron la ejecución del proyecto con Código SNIP: 372476 “Recuperación de suelos degradados, a través de especies forestales, en el centro poblado de Supte San Jorge, ubicado en el distrito de Rupa Rupa, región Huánuco”, Las localidades beneficiaros son Gervasio Santillana, Atahualpa, Vista Alegre, Nueva Unión, Buenos Aires y Chullachaqui; en estas localidades se han identificado suelos degradados y fuertemente ácidos, producto de mal manejo y uso excesivo de insumos químicos, que, podrían poner en riesgo el potencial productivo de estos suelos. En este contexto, la investigación plantea como problema ¿Qué efecto tienen los indicadores de calidad fisicoquímicas del suelo en el crecimiento de *Cedrelinga cateniformis* (tornillo) en Supte San Jorge - Rupa Rupa - Leoncio Prado-2022?

El desarrollo de la investigación se justifica en la ausencia de información local que permita identificar los indicadores de calidad del suelo que favorecen o limitan el crecimiento del tornillo. Además, la investigación aporta con información necesaria a los agricultores y a la

municipalidad provincial de Leoncio Prado para identificar los suelos con mayor aptitud para la especie mencionada y garantizar el éxito del proyecto y futuras plantaciones. Finalmente, los resultados permitieron contrastar la hipótesis “Los indicadores físico químicos del suelo tienen efectos significativos en indicadores de crecimiento de plantaciones de *C. cateniformis* en Supte San Jorge”.

Para contrastar la hipótesis, la investigación trabajo con los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de los indicadores fisicoquímicos de calidad del suelo en el crecimiento de *C. cateniformis* (tornillo) en localidades de Supte San Jorge – Rupa Rupa – Leoncio Prado.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar indicadores de calidad física del suelo: Textura, resistencia a la penetrabilidad, en plantaciones de *C. cateniformis*.
- Determinar los indicadores de calidad química del suelo: pH, MO, N, P, K, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Al³⁺ y CIC, en plantaciones de *C. cateniformis*.
- Determinar indicadores de crecimiento: altura, diámetro de planta y el índice de robustez (IR) en plantaciones de *C. cateniformis*.
- Determinar diferencias con el análisis de varianza, la relevancia de los indicadores a través del ACP, y correlaciones a través de Pearson entre los indicadores de calidad físico químicos del suelo y el crecimiento de *C. cateniformis*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El suelo

Es un recurso natural muy frágil con gran importancia para la vida en el planeta por los diversos servicios ambientales que nos brinda, en particular para el desarrollo de la actividad agrícola, pecuaria y forestal. La seguridad alimentaria actual, depende del uso y el manejo que se aplique a los suelos (Martin & Adad, 2006).

Se forma a través de un proceso muy complejo que incluye cambios físicos, químicos y biológicos del material de origen. Físicamente se produce fraccionamiento que en el tiempo reduce el tamaño de las partículas, sin alteración de su estructura; los responsables del fraccionamiento son: ciclos de hielo-deshielo, altas precipitaciones, corrientes de aire y otros efectos ambientales. Los químicos son generados por transformación o separación de las partículas minerales de las rocas; su transformación a diversos compuestos sólidos estables se produce por la acción del agua, el oxígeno, el dióxido de carbono y los compuestos orgánicos (Budhu, 2007).

2.2. Indicadores físicos del suelo

Explican el flujo hídrico en el suelo, el crecimiento radicular, el crecimiento vegetal, el arreglo de partículas y la porosidad (Bautista et al., 2004). Además, la R_p tiene relación directa con la D_a y la P_t (Demuner et al., 2013); por tanto, el estudio de parámetros físicos pone en evidencia el comportamiento del suelo y sus potencialidades para la agricultura.

El estudio físico del suelo puede ser una herramienta de diagnóstico rápido y sencillo, necesario en toda evaluación de este recurso, teniendo en cuenta que los cambios producto del manejo sobre los parámetros físicos no son reversibles en el corto y mediano plazo y requieren no solo de tiempo sino de fuertes inversiones. Las propiedades utilizadas como indicadores están vinculadas al movimiento del agua hacia las plantas, crecimiento de raíces, emergencia de plántulas (Karlen et al., 1992), infiltración y la disposición de las partículas (Gustin et al., 2014), este último, responsable de la susceptibilidad a procesos de erosión (Vandermeer, 2011).

2.2.1. La textura

Conformada por las diferentes fracciones minerales: arena limo y arcilla en una muestra de suelo, clasificadas por las dimensiones diametrales de sus partículas, la determinación de este parámetro permite conocer la granulometría del suelo e inferir sobre el flujo del agua en el perfil, aireación y la porosidad, entre otros aspectos (Ríos et al., 2015).

2.2.2. Resistencia a la penetrabilidad (Rp)

La Rp es la resistencia mecánica que ofrece el suelo al movimiento de un cono de penetración, es un indicador que expresa procesos de compactación y endurecimiento de la capa superficial resultado del manejo que generalmente en el tiempo elevan los valores de resistencia a la penetrabilidad (Demuner et al., 2013). Además, el manejo de la materia orgánica en el perfil juega un papel importante en la estabilidad de agregados, parámetro con influencia directa sobre la resistencia a la penetrabilidad y el control de la erosión del suelo, que pueden generar o evitar procesos de compactación, limitando el crecimiento de las raíces a valores críticos (FAO, 2009).

2.3. Indicadores químicos del suelo

Parámetros y/o procesos que afectan las interacciones suelo-planta a través de la disponibilidad de agua y nutrientes (Navarro & Navarro, 2003; García et al., 2012).

2.3.1. El potencial de hidrogeno (pH)

Mide la cantidad de iones H^+ en la solución del suelo, se trata de una fracción muy pequeña del ion por litro de solución, por ello se expresa el pH en escala logarítmica, como el logaritmo negativo de los iones H^+ en la solución. Es el indicador con mayores vinculaciones en el suelo y determina procesos importantes como la solubilidad y movilidad de nutrientes, y control de contaminantes (FAO, 2009). La escala logarítmica varía entre 0 a 14, valores menores a 7 el suelo es ácido y mayores a 7 el suelo es alcalino (Piedrahíta, 2019). El pH mide la concentración de iones H^+ y OH^- de la solución por métodos electrométricos a partir de una suspensión suelo/agua en relación 1:1 0 1:2,5 (Bazán, 2017).

2.3.2. Materia orgánica (MO)

La MO está representada por diferentes fracciones de origen orgánico, su importancia se debe a la influencia positiva sobre la retención de agua y cationes, formación de agregados, entre otros aspectos que terminan favoreciendo el crecimiento de las plantas (FAO, 2009). La MO determina el nivel de fertilidad en la capa superficial de un suelo, ya que actúa directamente en la estructuración del horizonte O, A y B, forma los complejos órgano-minerales, mejora la infiltración y la retención de humedad y nutrientes, por ello, se afirma que la productividad depende de la MO del suelo (SAGARPA, 2012).

2.3.3. Nitrógeno (N)

Macronutriente considerado como esencial para las plantas, forma parte estructural de las proteínas y de diversas combinaciones orgánicas en los vegetales. Nutriente limitante del crecimiento vegetal, por lo tanto, deficiencias en el suministro puede interrumpir el proceso de fotosíntesis y síntesis de proteínas, y afectar la productividad de los cultivos (Navarro & Navarro, 2003).

Las formas químicas del N (iones de NO_3^- y NH_4^+) que pueden ser tomadas por las plantas representan una fracción pequeña del N de la litósfera. El N es un elemento abundante y muy móvil en la atmósfera, sin embargo, su incorporación a las plantas está sujeta a diversos procesos y factores físico químico y en gran medida a la participación de microorganismos (Bohn, 1993; Navarro & Navarro, 2003).

2.3.4. Fósforo (P)

Forma parte de compuestos que almacenan energía como las semillas, sin embargo, en el suelo es muy reactivo y forma distintas especies químicas no disponibles para la planta. Además, estas formas típicamente se forman en suelos ácidos de zonas tropicales y sub tropicales, sin embargo, también se presentan formas no disponibles en condiciones de suelo alcalino de zonas áridas. El proceso de mineralización es muy importante para su liberación, sin embargo, la fertilización siempre será necesaria para cumplir con los requerimientos de los cultivos (SAGARPA, 2012). Las apatitas y depósitos de fosfato natural son las principales fuentes de extracción industrial como fertilizante en diversas formas de fosfatos, al llegar al suelo existe la posibilidad de formar compuestos inorgánicos no disponibles por retención de la MO y arcillas (Cerón & Aristizábal, 2012).

2.3.5. Potasio (K)

Nutriente esencial, dinámico e ingresa a la planta en forma iónica (K^+), se encuentra formando parte de la estructura laminar de las arcillas (SAGARPA, 2012), y en la planta formar parte no constitutiva de estructuras básicas esenciales (prótidos, lípidos y glúcidos) y tejidos, además cumple una función importante de neutralizar los ácidos orgánicos que resultan del metabolismo, manteniendo equilibrado la concentración de hidrogeno en el citoplasma celular (Navarro & Navarro, 2003).

2.3.6. Calcio (Ca)

Elemento metálico de reacción básica, con baja capacidad de translocación entre las estructuras de la planta, por ello, los tejidos prematuros manifestar las deficiencias. Además, determinan el nivel de pH, CIC, y la concentración de los demás cationes (Navarro & Navarro, 2003).

Las plantas deben nutrirse con los elementos necesarios, así mantener la productividad y calidad de los frutos, en particular el calcio juega un papel importante en la nutrición durante la fructificación. (Bouzo & Cortez, 2012). Es un elemento importante por ser constituyente de las paredes celulares y solo puede ser suministrado por la savia del xilema; por ello, frente a deficiencias de Ca, este no puede translocarse de otros tejidos, por lo que se requiere de fuentes externas, de lo contrario los tejidos jóvenes rápidamente manifiestan esta deficiencia (Navarro

& Navarro, 2004). Ca^{2+} es su forma disponible en el suelo y no es tóxico independientemente de su concentración, aunque, pueden causar quemaduras a tejidos muy sensibles a las sales, en estos casos, se recomienda quelatos o sales orgánicas como acetato, lactato de calcio y otros (SAGARPA, 2012).

2.3.7. Magnesio (Mg)

Mg^{2+} es la forma química iónica tomada por los vegetales de la solución del suelo. Es un importante constituyente de minerales arcillosos, por lo que su concentración en el suelo depende del tipo de arcilla, concentración de otros cationes, pH, tipo de cultivo y del aporte vía fertilización. Además, típicamente es deficiente en suelos ácidos, arenosos y con baja CIC (Havlin et al., 1999). Los suelos arenosos son deficientes en Mg, liberado por cambio iónico que terminan formando cloruros y sulfatos muy solubles, estos se percolan y se pierden del perfil. El Ca ingresa a la raíz por flujo de masa en cantidades menores al N y K, las cantidades requeridas por la mayoría de cultivos es similar a los requerimientos de P o S (Escalante, 2014).

2.3.8. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La CIC, es una propiedad ligada a procesos que ocurren en el suelo, ya que ésta define la capacidad de retener cationes gracias a las características del complejo coloidal que presenta cargas negativas en su superficie y aristas. Por lo tanto, existe una relación positiva directamente proporcional con la textura, en particular con el porcentaje y el tipo de arcilla, y complementado por la MO (Fassbender & Bornemisza, 1994).

2.4. Generalidades del *Cedrelinga cateniformis* Ducke

2.4.1. Taxonomía

De acuerdo con la clasificación de Cronquist (1981) la especie en estudio pertenece a la familia Leguminosaceae / Fabaceae; sub familia Mimosaceae; género *Cedrelinga* y a la especie: *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Duke. El nombre bulgar o tradicional en esta región es “tornillo”.

2.4.2. Descripción Botánica

C. cateniformis comúnmente se le conoce como “Tornillo” en la zona de Pozuso, Oxapampa, Villa Rica, Palcazú en Pasco; en toda la región de Ucayali; Puerto Inca y Leoncio Prado en Huánuco y como “Huayra caspi” por la región Loreto (Angulo, 2015), también es conocido como “zeique” y “chunchu” en el Ecuador (MAE, 2014). Se trata de una especie forestal que forma parte del estrato dominante del bosque, especie de sucesión secundaria, es decir tolerante a la sombra (esciófita) los primeros años y con necesidad de luz (heliófita) cuando ya es madura, se desarrolla hasta alcanzar 25 a 40 m dependiendo de la calidad de sitio; en altura comercial se halla comprendida entre los 15 y 25 m y el diámetro a la altura del pecho

0,60 y 1,50 m. La especie presenta raíz pivotante y ramificada, tronco recto, corteza rugosa con grietas longitudinales, color pardo oscuro en árboles maduros y claro en jóvenes, además presenta ramificación monopodial en la juventud y simpodial en la adultez (López, 1981; Angulo, 2015).

ITTO (2018) señala que *C. cateniformis* presenta un porte imponente y muy diseminado en el bosque amazónico, gracias a su mecanismo de reproducción, a través de un fruto o vaina péndulo con el artículo terminal casi siempre abortado; cuando están maduros se separan en las articulaciones y son llevados a grandes distancias por el viento, por ello los encontramos en diferentes altitudes y condiciones de suelo.

2.4.3. Ecología y hábitat

Es propio de zonas húmedas del subtrópico cuyos bosques se asientan en tierras firmes de preferencia en las cabeceras de cuencas de ríos y riachuelos, en las laderas con terrenos arcillosos (ITTO, 2018; Monteverde, 2021). Además, Reynel et al. (2003) mencionan que, de acuerdo a su requerimiento de luz es una especie esciófita, ubicados en bosques primarios con suelos ácidos, con buena escorrentía, bien drenadas y con pedregosidad baja o nula.

2.4.4 Distribución de la especie

La especie *C. cateniformis* es nativa del bosque tropical sudamericano (Amazonía peruana, brasileña, colombiana, ecuatoriana y surinaense). Su rango altitudinal va desde los 120 hasta los 800 msnm (Reynel et al., 2003). Aunque, para Angulo (2015) esta especie puede adaptarse entre 100 a 1100 msnm., y en el caso peruano se encuentra distribuida en las regiones de Junín, Madre de Dios, Huánuco, Loreto y Ucayali, con mayores cantidades en el norte (Loreto y Madre de Dios) y en el sur en cantidades medias. Prefiere zonas con temperaturas tropicales y subtropicales (15 a 38°C), alta pluviometría (2 500 a 3 800 mm).

En la llanura amazónica ocupan los bosques de terraza alta no inundable y ultisoles de tierras colinosas (Aróstegui & Díaz, 1992), entre el bosque muy húmedo-premontano tropical a bosque húmedo tropical (Vidaurre, 1997).

2.4.4. Exigencias de suelo

El tornillo tiene una amplia distribución geográfica (MAE, 2014; Angulo, 2015). La especie se desarrolla en óptimas condiciones en suelos que ecológicamente corresponden a bosque húmedo tropical (bh-t) y a bosque húmedo premontano tropical (bh-pt) (Vidaurre, 1997; Angulo, 2015); en suelos de origen sedimentario de textura arcillosa a arcillo-arenosa y limosa, con drenaje pobre, y zonas de precipitación alta y media, mayores de 2500 mm anuales, (Angulo, 2015; Núñez, 2018).

Desde el punto de vista químico, suelos de origen sedimentario, pobres en materia orgánica y cuyo pH va de 4,2 a 5,3 (extremadamente a fuertemente ácido) con alta saturación de aluminio, donde los elementos más importantes se encuentran en bajos niveles fijados por el aluminio; sin embargo, también se desarrollan en suelos aluviales de pH ácido a ligeramente ácido con baja saturación de aluminio (Angulo, 2014). También Núñez (2018) señala que los suelos Ultisoles, arcillosos, fuertemente ácidos con poca retención de nutrientes son ideales para *C. cateniformis*.

Para medir la influencia que tiene el suelo en el crecimiento de *C. cateniformis* algunas investigaciones aplican el índice de sitio a través de un modelo de evolución de la altura dominante con la edad (Pérez et al., 2012). La calidad del sitio expresa el crecimiento de una especie en respuesta a las condiciones de clima y suelo (Otárola et al., 2001). Son métodos directos e indirectos, en ambos casos la calidad de sitio se basa en la altura dominante, herramienta de gran utilidad para la evaluación de plantaciones (Angulo, 2015),

Para Angulo (2014), los factores edáficos que afectan el crecimiento son: espesor del horizonte A, niveles de K, la Da y el %SAI; los tres primeros representan el 91 % de la variación del crecimiento en altura. Sin embargo, hay otras variables del suelo que se han utilizado y presentan buenos ajustes con el índice de sitio, poniendo en evidencia la existencia de una relación entre variables edáficas y el crecimiento de los árboles

2.5. Antecedentes

2.5.1. Antecedentes a nivel local

Rojas (2015) determinó el crecimiento de altura y diámetro, biomasa aérea, biomasa radicular y calidad de plántones de *C. cateniformis* en el distrito Rupa Rupa. Utilizó diferentes tipos de sustratos y registró mayor altura (20,88 cm), diámetro (3,51 mm) y biomasa radicular (0,51 g) para el T0, la biomasa aérea (1,79 g) en el T3. T0 mostró mejor desempeño, con calidad alta en altura (≥ 15), relación altura/longitud de raíz ($< 2:1$) e índice de lignificación (> 17.01), con calidad media en diámetro (2.5 - 4.9), Dickson (0.2 - 0.4), robustez (7.9 - 6) y solo en la relación BSA/BSR presentó calidad baja (≥ 2.5)

Ruiz (2004) evaluó dos Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) en Supte San Jorge y el Bosque reservado (BRUNAS) de la UNAS. El IMAD fue de 0,56 cm/año para Supte y 0,1 cm/año para el BRUNAS. Las áreas evaluadas presentan la particularidad “comercial en el futuro” con 77,65 y 70,08%; la particularidad “vivo en pie” con fuste completo presentaron 86,32 y 84,98%; la iluminación de copa emergente alcanzó 24,4 y 44,66 %; la forma de copa “circulo irregular” es la más distintiva con 87,88 y 88,46 %.

2.5.2. Antecedentes a nivel nacional e internacional

Monteverde (2021) determinó la regeneración natural de *C. cateniformis* (tornillo) en un bosque premontano de la selva central del Perú. Para este fin, se seleccionó tres árboles madre de tornillo y evaluó su regeneración dentro de un radio de 25 m alrededor y registró los latizales asociados. Únicamente se registró dos brinzales de tornillo, no obstante, se registró 20 especies diferentes de latizales, siendo *Pourouma minor* la más abundante, seguido de *Pseudosenefeldera inclinata* y tercero *Parkia multijugacon* 13, 7 y 5 individuos respectivamente. Concluye que la especie presenta alta tasa de mortandad en plántulas por competencia con otras especies, baja disponibilidad de luz y la presencia de predadores de sus semillas.

Mudarra (2019) evaluó el crecimiento de *C. cateniformis* en diferentes sistemas agroforestales. Evaluó los siguientes sistemas agroforestales: t1 = Tornillo, pijuayo, copuazu, guaba, plátano y arazá, t2 = Tornillo, pijuayo, copuazu, piña, plátano y uvilla, t3 = Tornillo, pijuayo, huasahi, copuazu, piña y guaba. El mayor incremento en altura y diámetro se identificó en el tratamiento t1 (Tornillo, pijuayo, copuazu, guaba, plátano y arazá) con diferencias significativas entre los sistemas para la altura, excepto el diámetro, quien no mostro diferencias.

Núñez (2018) evaluó indicadores de crecimiento y calidad de las plántulas de regeneración natural de *C. cateniformis* sembradas en diferentes sustratos. Los resultados indican que T4 (40% gallinaza + 40% aserrín descompuesto + 20% de arena) presentó mayor incremento en altura con 4,6 cm y el mayor incremento en diámetro se produjo en el testigo t0 (100% tierra natural) con promedio 1,3 mm, y la calidad de las plantas en general fue Mala.

Baluart & Álvarez (2015) modelaron el crecimiento de 1094 árboles de *C. cateniformis* en plantaciones de Jenaro Herrera. Para crear modelos de calidad de sitio y de crecimiento en diámetro, altura y volumen de rodal. Utilizó ecuaciones en diferencias algebraicas derivadas de los modelos base de Hossfeld, Bertalanffy-Richards y Korf. La calidad de sitio, el modelo de Korf explicó más del 95 % de la variabilidad observada, asignando al 57 % de las 23 parcelas forestales estudiadas una calidad de sitio alta. La calidad de la zona fue incluida para ajustar los modelos de crecimiento en diámetro y altura del árbol y del volumen de rodal. El modelo de Bertalanffy-Richards mostró buenos resultados en diámetro, explicando algo más del 80 % de la variabilidad observada, mientras que, en altura el modelo de Korf explicó más del 91 % de la variabilidad observada.

Angulo (2014) determinó el crecimiento y productividad de *C. cateniformis* en suelo Inceptisoles. De los 270 árboles mayor crecimiento obtuvo en el tratamiento ancho de 5 m, fisiografía ondulada, una altura total de 17,83 m; altura dominante de 20,50 m; IMA en altura

de 0,83 m/año; e IMADAP de 1,03 cm/año. El menor crecimiento se obtuvo en el tratamiento, ancho de 10 m, fisiografía colinosa, con una altura de 11,89 m, altura dominante de 13,90 m y un IMA en altura de 0,59 m/año. El análisis de regresión indica que el pH a una profundidad de suelo de 20 cm influye negativamente con la altura total y dominante en 77 % y 73 % respectivamente, lo que significa que incrementos del pH en el suelo, genera disminución en el crecimiento de la especie, lo cual nos indica que esta especie prefiere suelos cuyo pH esté entre 4,0 y 5,1.

Otárola et al. (2001) determinaron la calidad de sitio para la especie, *C. cateniformis*. Evaluaron 1 349 árboles y construyeron curvas de índices de sitio utilizando la altura dominante a diferentes edades, que van desde 0,3 hasta 27 años. La edad base elegida fue 15 años y aplicaron la metodología descrita por Clutter et al. (1983), ajustaron las curvas de índices de sitio para estimar el comportamiento de la altura dominante en relación con la edad con el modelo de Schumacher. Para construir la ecuación que estima el índice de sitio con base en la edad y la altura dominante utilizó el método de la curva guía descrito por Huggell (1991). Encontraron fuerte correspondencia entre los datos de crecimiento y la clasificación por índice de sitio, concluyen que el modelo es aplicable y tiene uso práctico para la especie.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El siguiente trabajo se desarrolló en Supte San Jorge (Figura 1), aproximadamente a 15 km. de la ciudad de Tingo María, localizado en el distrito de Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región de Huánuco. Las zonas de intervención de la investigación cuentan con seis localidades del centro poblado de Supte San Jorge con altitudes que van desde 665 hasta los 1200 m.s.n.m, con fisiografías onduladas, y laderas accidentadas, con muy pocas áreas planas.

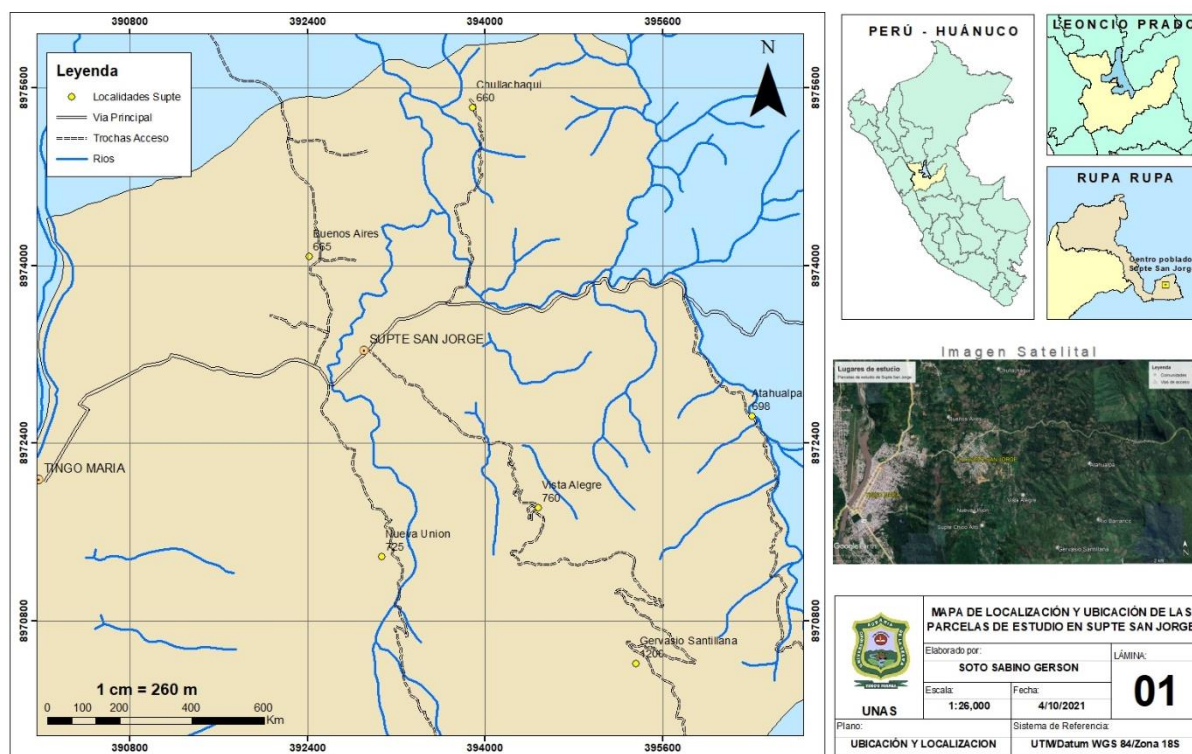


Figura 1. Localización del área de estudio

3.1.1. Características generales de la zona

La superficie de Supte se encuentra en la ecorregión Rupa Rupa (Pulgar (2014), su altitud varía de 600 a 1 050 m.s.n.m., tiene una precipitación media anual de 3,400 mm, temperatura de 24.5 °C y una humedad relativa media anual de 84 %. Según Holdridge (2000), el distrito de Rupa Rupa corresponde a la formación de bosque húmedo Sub Tropical (bh-ST) con relieve variado.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales y equipos de campo

Entre los materiales utilizados tenemos: bolsas de polietileno, etiquetas de identificación de muestras, marcador, machete, pala recta, botas de jebe, vernier, cinta métrica. Los equipos

que se utilizó fueron una cámara fotográfica (Samsung Galaxy A10) y un navegador de posicionamiento GPS (modelo Garmin 64S)

3.2.2. Materiales de laboratorio

Probeta de Bouyoucos de 1000 cm³, papel filtro de diferentes medidas, embudos, tubos de ensayo, pipetas, tamiz de 5.2 y 0.25 mm de diámetro, bandejas para muestra, frasco de vidrio, crisoles, matraces y reactivos diversos para dispersión, oxido-reducción, extracción y titulación.

3.2.3. Equipos de laboratorio

Balanza gramera y analítica, estufa para esterilización de materiales y secado de muestras, pH metro, conductímetro, mufla para calcinación de muestras, Espectro fotómetro de absorción Atómica para lectura de Ca, Mg, y K, y Espectro fotómetro UV-VIS para lectura del fosforo.

3.3. Criterio de análisis

3.3.1. Tipo y nivel de investigación

Es de tipo básica, porque se acudió a los conocimientos de las ciencias del suelo y biológicas para resolver el problema de la calidad del suelo y el crecimiento del tornillo. Además, corresponde a un nivel de investigación descriptiva comparativa porque se buscó conocer la relación de los indicadores físico químicos del suelo y el crecimiento del *Cedrelinga cateniformis* D. Duke (tornillo).

3.3.2. Diseño de la investigación

Se realizó una investigación no experimental correlacional, en el cual se aplicó un ajuste de diseño estadístico completamente al azar (DCA), donde los tratamientos lo constituyeron los suelos de cada localidad de Supte San Jorge (**Tabla 1**). Se utilizó el análisis de varianza ($p < 0,50$) para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de los indicadores físico químicos y la correlación de Pearson para determinar relaciones entre los indicadores del suelo y de crecimiento del tornillo.

Tabla 1. Parcelas de estudio

Localidades	Coordenadas		
	Este	Norte	Altitud
Buenos Aires	392419	8974079	665
Nueva Unión	393071	8971375	725
Chullachaqui	393889	8975421	660
Vista Alegre	394485	8971817	760
Gervasio Santillana	395362	8970411	1200
Atahualpa	396409	8972641	698

3.4. Metodología

3.4.1. Sobre las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* (tornillo)

La investigación se realizó dentro de las plantaciones de *C. cateniformis* instaladas por el proyecto de inversión pública denominado “Recuperación de suelos degradados a través de especies forestales en el centro poblado de Supte San Jorge - distrito de Rupa Rupa - provincia de Leoncio Prado - Huánuco”, las plantas de tornillo fueron instaladas en la segunda semana de setiembre 2021 junto con otras especies (Guaba, Canavalia, Moena amarilla, Cedro), en parcelas de aproximadamente 2 ha, el tornillo se encuentra por el perímetro de las parcelas y a un distanciamiento de 15 m entre planta.

3.4.2. Muestreo y análisis fisicoquímico del suelo

El muestreo de suelos se realizó al final de las evaluaciones de crecimiento (mes de Julio 2022) en las localidades mencionadas, se tomaron 7 muestras de suelo al azar y a la altura de copa de cada planta seleccionada en cada localidad, llegando a extraer un total de 42 muestras de suelo a una profundidad de 0,00 – 0,20 m., las mismas, fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos, Agua y Ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. La **Tabla 2**, detalla los indicadores y metodologías aplicadas en su respectivo análisis.

Tabla 2. Indicadores fisicoquímicos del suelo

	indicadores	Método de su determinación
Físicos	Textura	Hidrómetro de Bouyoucos
	Da	Cilindro
	Rp	Penetrómetro de cono
Químicos	MO	Walkley y Black
	pH	Potenciómetro
	N	Kjeldahl
	P	Olsen
	K	Ácido sulfúrico
	CIC	
	Ca	Acetato de amonio
	Mg	
	Al	Yuan
	% BC	
	% AC	Indirecto
% SAl		

3.4.3. Determinación de indicadores de crecimiento en plantaciones de *C. cateniformis*

Los indicadores de crecimiento se realizaron a partir del mes de enero del 2022, de manera mensual hasta el mes de julio, evaluándose:

a) **Altura de planta (Ap)**

Se midió el incremento de altura de las plántulas con la ayuda de una wincha métrica, haciendo la medición desde el nivel del suelo hasta la punta del ápice de cada planta y se determinó el incremento en altura a partir de la Altura final, obtenida al término de la evaluación, disminuida la altura inicial.

$$IA = Af - Ai \quad (1)$$

Donde:

IA= Incremento de altura (cm) en el periodo evaluado (7 meses)

Ai= Altura inicial (enero 2022)

Af = Altura final (julio 2022)

A partir del incremento en altura (IA) se determinó el incremento medio anual para poder hacer comparaciones con otros trabajos y un mejor análisis de los resultados.

$$IMAA = IA_7 * 12 / 7 \quad (2)$$

Donde:

IMAA= Incremento medio anual en altura

IA₇= Incremento en altura (cm) registrado en 7 meses

12= Meses del año

7= Periodo evaluado en meses

b) **Diámetro de planta (Dp)**

Se midió el incremento del diámetro de las plantas con la ayuda de un pie de rey o vernier, tomando las medidas a partir de 10 cm por encima del nivel del suelo en todas las evaluaciones mensuales, y se determinó el incremento en diámetro a partir del diámetro final, obtenida al término de la evaluación, disminuida del diámetro inicial.

$$ID = Df - Di. \quad (3)$$

Donde:

ID= Incremento de diámetro (mm) en el periodo evaluado (7 meses)

Di = Diámetro inicial (enero 2022)

Df = Diámetro final (julio 2022).

A partir del incremento en diámetro (ID) se determinó el incremento medio anual del diámetro para poder hacer comparaciones y un mejor análisis de los resultados.

$$IMAD = ID_7 * 12 / 7 \quad (4)$$

Donde:

IMAD= Incremento medio anual en diámetro

ID₇= Incremento del diámetro registrado en 7 meses (mm)

12= Meses del año

7= Periodo evaluado en meses

c) Índice de robustez (IR)

Parámetro que relaciona la altura (cm) y el diámetro de la planta (mm), y fue determinada con la fórmula propuesta por Roller (1977), citado por Rojas (2015).

$$IR = IA \text{ (cm)} / ID \text{ (mm)} \quad (5)$$

Donde:

IR= Índice de robustez

IA= Incremento en altura (cm)

ID= Incremento en diámetro (mm)

De esta manera se realizó la evaluación de los indicadores de crecimiento del tornillo y se comparó con la **Tabla 3**, para determinar el comportamiento de los diferentes indicadores de crecimiento evaluados. Las muestras de suelos se sometieron a los respectivos análisis fisicoquímicos en el Laboratorio de Suelos Agua y Ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tabla 3. Clasificación de índices de calidad para latifoliadas

Indicadores	Calidad baja	Cálida media	Calidad alta
Diámetro (mm)	< 2,50	2,50 - 4,90	≥ 5,00
Altura de planta (cm)	< 12,00	12,00 – 14,90	≥ 15,00
Índice de robustez	≥ 8,00	7,90 – 6,00	< 6,00

Fuente: Rueda et al (2012)

3.4.4 Análisis estadístico

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con parcelas divididas, en las cuales los tratamientos son cada localidad evaluada, por lo que corresponde a 6 tratamientos, además en cada tratamiento se evaluó 07 plantas y se extrajo en cada planta muestras compuestas de suelo, haciendo un total de muestra n = 42 plantas y muestras de suelo evaluados.

a). Análisis de varianza

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) a todos los indicadores con un nivel de significancia de 5% para la comparación de medias de los análisis fisicoquímicos (variables independientes) y el crecimiento del tornillo (**Tabla 4**). Se utilizó el software IBM-SPSS 25.0 para obtener el análisis correspondiente.

Tabla 4. Modelo aditivo lineal del ANOVA

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor de F
Tratamientos	$\sum_{i=1}^a \left(\frac{y_i^2}{n_i} - \frac{y^2}{N} \right)$	a - 1	$\frac{SC_{trat}}{GL_{trat}}$	$\frac{CM_{trat}}{CM_{ee}}$
Error Experimental	$SC_{total} - SC_{trat}$	N - a	$\frac{SC_{ee}}{GL_{ee}}$	
Total	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - \frac{(y)^2}{N}$	N - 1		

El modelo que se aplicara:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Observación

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento

β_j = Efecto del tipo de suelo

ε_{ij} = Error experimental

Además, se realizó el análisis de componentes principales

b). Análisis de componentes principales (ACP)

Los parámetros físicos, químicos del suelo y de crecimiento del tornillo evaluados se sometió al análisis de componentes principales (ACP) para identificar los indicadores más relevantes que mayor efecto presentan sobre la varianza total encontrada entre las localidades evaluadas. Los datos se sometieron al análisis de reducción de dimensiones por el método de Varimax, utilizando el software IBM-SPSS 25.0 para los análisis de ACP.

c). Análisis de correlaciones

Se determinó mediante el factor de correlación de Pearson, quien relaciona las calificaciones recopiladas de una variable con las puntuaciones logradas de la otra, con los mismos participantes (Hernández et al., 2014). El factor r de Pearson (**Tabla 5**), varía de -1,00 a +1,00.

Tabla 5. Factor de correlación de Pearson

Pearson (r)	Trayectoria de	Extensión	Trayectoria	Extensión de la
0,00		No existe		No existe
0,10		Muy débil		Muy débil
0,25		Débil		Débil
0,50	Negativa (-)	Media	Positiva (+)	Media
0,75		Considerable		Considerable
0,90		Muy fuerte		Muy fuerte
1,00		Negativa perfecta		Positiva perfecta

3.5. Población y Muestra

Se tiene una sub población de 60 hectáreas de suelo con plantaciones de tornillo distribuidos en las localidades de Buenos Aires, Nueva Unión, Chullachaqui, Vista Alegre, Gervasio Santillana y Atahualpa, y una muestra de 2 ha en cada localidad. Para medir los indicadores de crecimiento del tornillo se tienen una sub población de 60 plantas en cada localidad y una muestra de 07 plantas evaluadas al azar.

3.6. Variables en estudio

3.6.1. Variable independiente

Indicadores físico químicos del suelo

3.6.2. Variable dependiente

Indicadores de crecimiento del tornillo

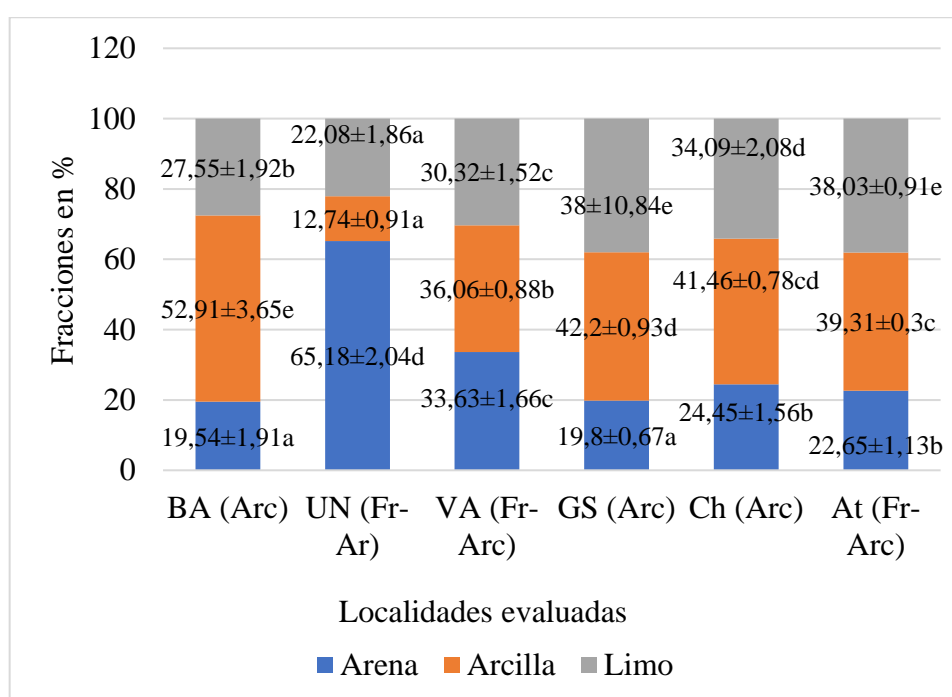
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Indicadores físicos del suelo

Se evaluó la textura, a través de las fracciones minerales de arena, arcilla y limo, como indicadores de calidad física del suelo.

4.1.1. Textura del suelo

La Figura 2, muestra la estadística básica como la media, la desviación estándar. Los resultados muestran suelos con clase textural arcillosa (BA, GS y Ch), Franca arcillosa (VA y At) y franca arenosa para Nueva Unión (NU).



BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, GS: Gervasio Santillana, Ch: Chullachaquí, At: Atahualpa, abc: letras diferentes para la misma fracción en las diferentes columnas expresan diferencias según Tukey ($p < 0,05$)

Figura 2. Comportamiento de las fracciones minerales del suelo

La **Tabla 6** muestra los resultados del análisis de varianza para la fracción arena del suelo, encontrando diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), evidenciando valores diferentes entre las áreas evaluadas.

Tabla 6. Análisis de varianza para la fracción arena del suelo

Variable dependiente: Arena					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	10809,472 ^a	5	2161,894	879,526	0,00
Intersección	40036,539	1	40036,539	16288,111	0,00
Tratamiento	10809,472	5	2161,894	879,526	0,00**

Error	88,489	36	2,458
Total	50934,500	42	
Total, corregido	10897,961	41	

a. $R^2 = 0,992$ (R^2 ajustada = 0,991)

Gl: grados de libertad, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo.

Las diferencias son mostradas en la **Tabla 7**, a través de la prueba post-hoc de Tukey ($p < 0,05$) quien establece los sub grupos homogéneos de la fracción arena, según los tratamientos, el mismo, agrupa las medias en diferentes sub grupos homogéneos (a, b, c y d); esto, demuestra una alta variabilidad en el porcentaje de arena en las áreas evaluadas.

Tabla 7. Análisis post-hoc de Tukey para la fracción arena del suelo

HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		a	b	c	d
BA	7	19,5400			
GS	7	19,7971			
At	7		22,6543		
Ch	7		24,4543		
VA	7			33,6257	
NU	7				65,1771
Sig.		1,000	0,287	1,000	1,000

BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa.

La **Tabla 8** muestra los resultados del análisis de varianza para la fracción mineral de arcilla del suelo, encontrando diferencias altamente significativas, evidenciando valores medios estadísticamente diferentes entre las áreas evaluadas.

Tabla 8. Análisis de varianza para la fracción arcilla del suelo

Variable dependiente: Arcilla					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	6255,356 ^a	5	1251,071	454,109	0,00
Intersección	58893,122	1	58893,122	21376,814	0,00
Tratamiento	6255,356	5	1251,071	454,109	0,00**
Error	99,180	36	2,755		
Total	65247,658	42			
Total, corregido	6354,536	41			

a. $R^2 = 0,984$ (R^2 ajustada = 0,982)

Gl: grados de libertad, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo.

La prueba post-hoc de Tukey (**Tabla 9**) establece los sub grupos homogéneos de la fracción arcilla según los tratamientos, el mismo, agrupa las medias en diferentes sub grupos homogéneos (a, b, c, d y e); esto, demuestra una alta variabilidad, mayor que el porcentaje de arena en las áreas evaluadas.

Tabla 9. Análisis post-hoc de Tukey para la fracción arcilla del suelo

HSD Tukey ^{a,b}							
o	Tratamiento	N	Subconjunto				
			a	b	c	d	e
	NU	7	12,7414				
	VA	7		36,0557			
	At	7			39,3129		
	Ch	7			41,4557	41,4557	
	GS	7				42,1986	
	BA	7				52,9129	
	Sig.		1,000	1,000	0,178	0,958	1,000

BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa.

La **Tabla 10** muestra los resultados del análisis de varianza para la fracción limo del suelo, encontrando diferencias altamente significativas, evidenciando valores diferentes entre las áreas evaluadas. Además, la prueba post-hoc de Tukey (**Tabla 11**) establece los sub grupos homogéneos de la fracción limo según tratamientos, el mismo, agrupa las medias en diferentes sub grupos homogéneos (a, b, c, d y e); esto, demuestra una alta variabilidad, similar al porcentaje de tanto de arena como arcilla en las áreas evaluadas.

Tabla 10. Análisis de varianza para la fracción limo del suelo

Variable dependiente: Limo					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1380,610 ^a	5	276,122	108,184	0,00
Intersección	42149,606	1	42149,606	16514,105	0,00
Tratamiento	1380,610	5	276,122	108,184	0,00**
Error	91,884	36	2,552		
Total	43622,101	42			
Total, corregido	1472,495	41			

a. $R^2 = 0,938$ (R^2 ajustada = 0,929)

Gl: grados de libertad, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo.

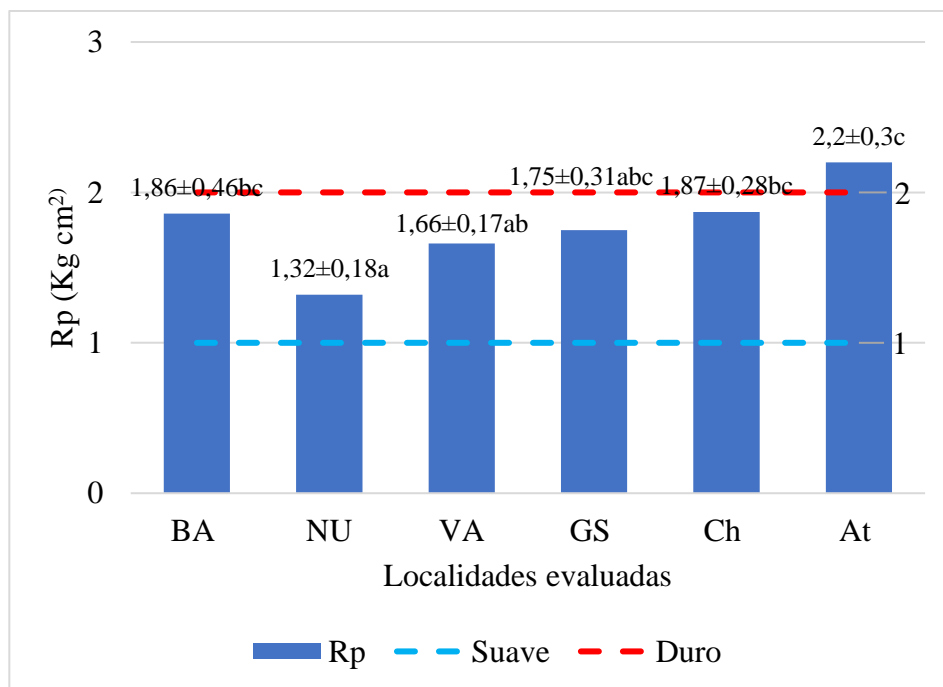
Tabla 11. Análisis post-hoc de Tukey para la fracción limo del suelo

HSD Tukey ^{a,b}						
Tratamiento	N	Subconjunto				
		a	b	c	d	e
NU	7	22,0814				
BA	7		27,5471			
VA	7			30,3186		
Ch	7				34,0900	
GS	7					38,0043
At	7					38,0329
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa.

4.1.2. Resistencia a la penetrabilidad del suelo

También, se evaluó la resistencia a la penetrabilidad (Rp) como indicador de calidad física del suelo. La Figura 3 muestra la estadística básica como la media y la desviación estándar, estos, evidencian valores de Rp que corresponden a suelos suaves (1-2 kg cm²) para todas las áreas, excepto para At que presenta un Rp de suelo duro (2-3 Kg cm²).



BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, GS: Gervasio Santillana, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa, abc: letras diferentes para el mismo indicador en las diferentes columnas expresan diferencias según Tukey ($p < 0,05$)

Figura 3. Comportamiento de la Rp del suelo

La **Tabla 12** muestra los resultados del análisis de varianza para la Rp del suelo, encontrando diferencias altamente significativas, evidenciando valores diferentes entre las

áreas evaluadas. La prueba post-hoc de Tukey (**Tabla 13**) establece los sub grupos homogéneos de la Rp según tratamientos, el mismo, agrupa las medias en diferentes sub grupos homogéneos (a, b, y c); esto, demuestra variabilidad, relativamente menor en comparación a las diferentes fracciones minerales del suelo.

Tabla 12. Análisis de varianza para la Rp del suelo

Variable dependiente: Rp					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2,909 ^a	5	0,582	6,472	0,00
Intersección	132,717	1	132,717	1476,613	0,00
Tratamiento	2,909	5	0,582	6,472	0,00
Error	3,236	36	0,090		
Total	138,861	42			
Total, corregido	6,144	41			

a. $R^2 = 0,473$ (R^2 ajustada = 0,4)

Gl: grados de libertad, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo.

Tabla 13. Análisis post-hoc de Tukey para la fracción limo del suelo

HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjuntos		
		a	b	c
NU	7	1,3214		
VA	7	1,6657	1,6657	
GS	7	1,7514	1,7514	1,7514
BA	7		1,8571	1,8571
Ch	7		1,8686	1,8686
At	7			2,2014
Sig.		,104	,801	,079

BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa.

Los atributos físicos del suelo son buenos indicadores de cambios (SAGARPA, 2012) y del estado de conservación (Bautista et al., 2004; Cervelati et al., 2011; García et al., 2012), por su capacidad para explicar el flujo hídrico, crecimiento de raíces, disposición de partículas, porosidad, y relación con procesos de compactación y degradación, que pueden favorecer o afectar el crecimiento de los vegetales (Cervelati et al., 2011; Demuner et al., 2013; Navarro et al., 2018).

De acuerdo con los criterios de clasificación de la FAO (2009) y Bazán (2017) los suelos en estudio (Figura 2) presentan clase textural arcillosa (BA, GS y Ch), Franca arcillosa (VA y At) y franca arenosa para Nueva Unión (NU). La textura es un excelente indicador, por su relación con otras características físicas del suelo, entre ellas la Rp (FAO, 2009; Camacho et al., 2017); además, las texturas arcillosas encontradas son muy activos desde el punto de vista químico, adsorben iones y moléculas, muy ricos en nutrientes, bien estructurados, sin embargo, retienen mucha agua, son impermeables y asfixiantes. Contrariamente, la textura franca arenosa encontrada presentaría condiciones más equilibradas (FAO, 2009; SAGARPA, 2012).

Respecto a la Rp (Figura 3), Florida y Acuña (2020) clasifican los resultados como suelos suaves (BA, NU, VA, GS, Ch) y duro (At). Este parámetro es un buen indicador para evidenciar procesos de compactación y endurecimiento de la capa superficial (Demuner et al., 2013), este último, puede provocar incrementos de la densidad, reducción del espacio poroso total, la macro porosidad, el flujo hídrico en el suelo, y aumentar la susceptibilidad a la erosión (Navarro et al., 2019).

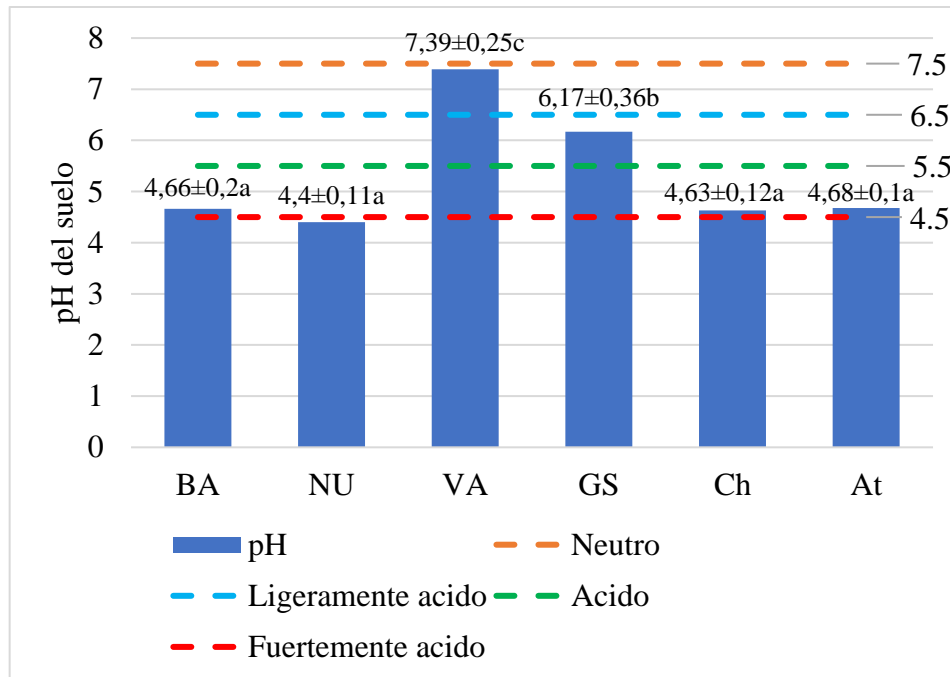
Los resultados de textura y Rp muestran algunos aspectos a resaltar, y pueden explicar : *a*) una aparente relación entre Rp y el % de arcilla, a mayor % de arcilla mayor valor de Rp, aspecto que teóricamente es respaldado por la FAO (2009), *b*) diferencias en la clase textural entre las áreas evaluadas, ligadas a variaciones espaciales por procesos de formación y a la distancias entre las áreas muestreadas, aspecto señalado por Inocencio & Florida (2022), *c*) valores de Rp que no alcanzan la condición de suelos duros o muy duros, teniendo en cuenta la textura, evidencia que en las respectivas áreas no hay un proceso de compactación, ya que son valores típicos en suelos tropicales y en particular del valle del Huallaga independientemente del manejo aplicado (Navarro et al., 2019; Florida & Acuña, 2020).

Finalmente, el Ministerio del Ambiente del Ecuador-MAE (2014) señala que el Árbol de *C. cateniformis* (Ducke) Ducke es nativo de la Amazonía y pertenece a la Familia FABACEAE. Además, según Baluarte & Álvarez (2015) en Perú se le conoce como “tornillo” y crece de manera natural en climas que varían del subtropical al tropical, sobre una gran variedad de sustratos, entre los que predominan las arcillas caoliníticas y las arenas de naturaleza cuarzosa. En general, la especie se desarrolla en óptimas condiciones en suelos de origen sedimentario de textura arcillosa a arcillo-arenosa y limosa, con drenaje pobre, y zonas de precipitación alta y media, mayores de 2500 mm anuales, (Angulo, 2015; Núñez, 2018); por lo que, los suelos encontrados presentarían estas condiciones y las texturas requeridas por la especie en estudio.

4.2. Indicadores químicos del suelo

4.2.1. pH del suelo

Se evaluó los principales indicadores químicos de calidad del suelo. La **Figura 4**, muestra las medias, desviación estándar y los sub conjuntos homogéneos de Tukey para el pH según los tratamientos.



BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, GS: Gervasio Santillana, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa, abc: letras diferentes para el mismo indicador en las diferentes columnas expresan diferencias según Tukey ($p < 0,05$)

Figura 4. Comportamiento de pH del suelo

Los resultados (**Tabla 14**) muestran diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para el pH entre las áreas evaluadas, evidenciando que presentan medias diferentes estadísticamente.

Tabla 14. Análisis de varianza para el pH del suelo

Variable dependiente: pH					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	50,080 ^a	5	10,016	223,304	0,00
Intersección	1189,552	1	1189,552	26520,555	0,00
Tratamiento	50,080	5	10,016	223,304	0,00**
Error	1,615	36	0,045		
Total	1241,247	42			
Total, corregido	51,695	41			

a. $R^2 = 0,969$ (R^2 ajustada = 0,964)

Gl: grados de libertad, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo.

Respecto a la prueba de Tukey, agrupa las medias en tres sub grupos, a (NU, Ch, BA y At), b (GS) y c (VA). Este último, presenta la media más alta de pH (7,38) que corresponde a suelo neutro, para GS ligeramente ácido y ácido a fuertemente ácido para el resto de áreas.

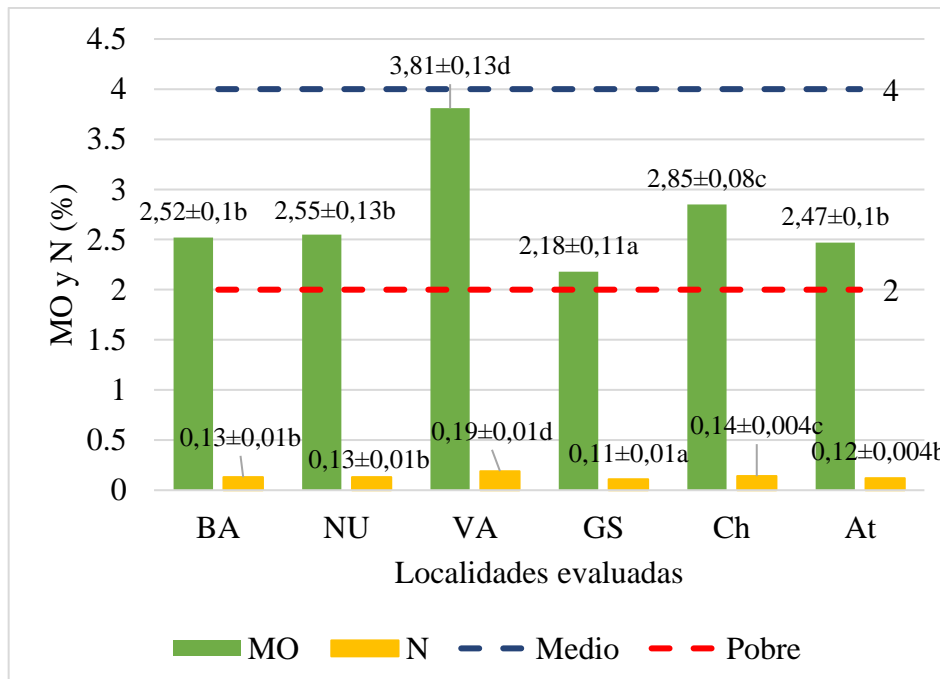
Tabla 15. Análisis post-hoc de Tukey para el pH del suelo

HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjuntos		
		a	b	c
NU	7	4,3986		
Ch	7	4,6286		
BA	7	4,6643		
At	7	4,6843		
GS	7		6,1686	
VA	7			7,3871
Sig.		0,144	1,000	1,000

BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa.

4.2.2. MO y N del suelo

La **Figura 5**, muestra las medias, desviación estándar y los sub conjuntos homogéneos de Tukey para la MO y N, según los tratamientos. Los valores medios corresponden a suelos de contenido medio en MO y N en todos los casos, aunque, los mayores valores se encontraron en VA y Ch.



BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, GS: Gervasio Santillana, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa, abc: letras diferentes para el mismo indicador en las diferentes columnas expresan diferencias según Tukey ($p < 0,05$)

Figura 5. Comportamiento de la MO y N del suelo

Los resultados (**Tabla 16 y 17**) muestran diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para la MO y N entre las áreas evaluadas, evidenciando que al menos uno o más de las áreas evaluadas presentan medias diferentes estadísticamente.

Tabla 16. Análisis de varianza para la MO del suelo

Variable dependiente: MO					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	11,404 ^a	5	2,281	199,911	0,00
Intersección	313,022	1	313,022	27435,133	0,00
Tratamiento	11,404	5	2,281	199,911	0,00**
Error	,411	36	,011		
Total	324,837	42			
Total, corregido	11,815	41			

a. $R^2 = 0,965$ (R^2 ajustada = 0,960)

Gl: grados de libertad, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo.

Tabla 17. Análisis de varianza para el N del suelo

Variable dependiente: N					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0,030 ^a	5	0,006	155,362	0,00
Intersección	0,782	1	0,782	20520,562	0,00
Tratamiento	0,030	5	0,006	155,362	0,00**
Error	0,001	36	3,810E-5		
Total	0,813	42			
Total, corregido	0,031	41			

a. $R^2 = 0,956$ (R^2 ajustada = 0,950)

Gl: grados de libertad, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo.

La prueba de Tukey (**Tabla 18 y 19**), agrupa las medias en cuatro sub grupos, a (GS), b (BA, NU y At) c (Ch), y d (VA). Estos últimos, presenta las medias más altas, aunque, permanecen en el nivel medio de MO y N.

Tabla 18. Análisis post-hoc de Tukey para la MO del suelo

HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjuntos			
		a	b	c	d
GS	7	2,1800			
At	7		2,4686		
BA	7		2,5229		
NU	7		2,5457		
Ch	7			2,8529	
VA	7				3,8100
Sig.		1,000	,755	1,000	1,000

BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa.

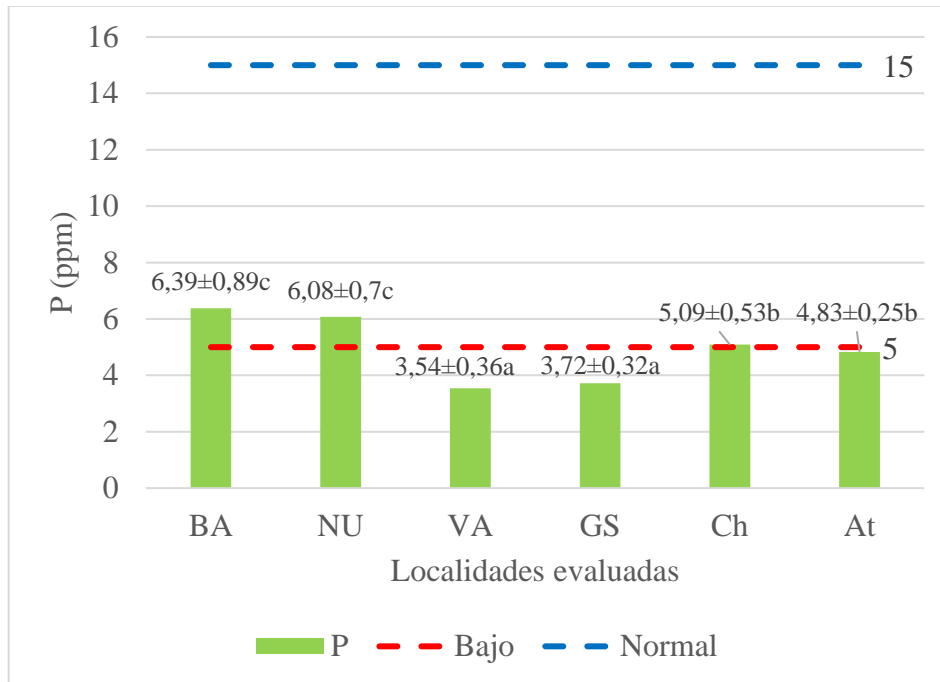
Tabla 19. Análisis post-hoc de Tukey para el N del suelo

HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjuntos			
		a	b	c	d
GS	7	0,1086			
At	7		0,1229		
BA	7		0,1257		
NU	7		0,1271		
Ch	7			0,1429	
VA	7				0,1914
Sig.		1,000	0,784	1,000	1,000

BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa.

4.2.3. P del suelo

La **Figura 6**, muestra las medias, desviación estándar y los sub conjuntos homogéneos de Tukey para el P según los tratamientos. Los valores medios corresponden a suelos de contenido bajo (VA y GS) y medio (BA, NU, Ch y At).



BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, GS: Gervasio Santillana, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa, abc: letras diferentes para el mismo indicador en las diferentes columnas expresan diferencias según Tukey ($p < 0,05$)

Figura 6. Comportamiento del P del suelo

Los resultados (**Tabla 20**) muestran diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para el P entre las áreas evaluadas, evidenciando que al menos uno o más de las áreas presentan medias diferentes estadísticamente.

Tabla 20. Análisis de varianza para el P del suelo

Variable dependiente: P					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	48,015 ^a	5	9,603	31,002	0,00
Intersección	1024,754	1	1024,754	3308,299	0,00
Tratamiento	48,015	5	9,603	31,002	0,00**
Error	11,151	36	0,310		
Total	1083,919	42			
Total, corregido	59,166	41			

a. $R^2 = 0,812$ (R^2 ajustada = 0,785)

Gl: grados de libertad, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo.

La prueba de Tukey, agrupa las medias en tres sub grupos, a (VA y GS), b (At y Ch) y c (UN y BA). Este último, presentan las medias más altas de P que corresponde a suelos de nivel medio.

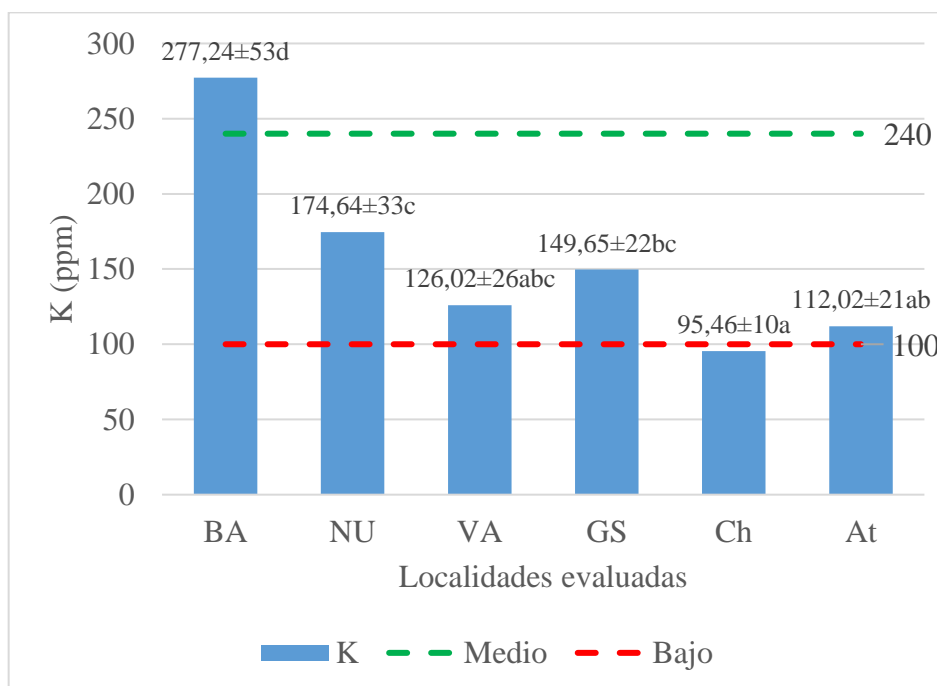
Tabla 21. Análisis post-hoc de Tukey para el P del suelo

HSD Tukey ^{a,b}		Subconjunto		
Tratamiento	N	a	b	c
		VA	7	3,5400
GS	7	3,7157		
At	7		4,8343	
Ch	7		5,0900	
NU	7			6,0771
BA	7			6,3800
Sig.		0,991	0,954	0,909

BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa

4.2.4. K del suelo

La **Figura 7**, muestra las medias, desviación estándar y los sub conjuntos homogéneos de Tukey para el K según los tratamientos. Las medias de K corresponden a suelos de nivel medio, excepto para BA que presenta un nivel alto de K y nivel bajo par Ch.



BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, GS: Gervasio Santillana, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa, abc: letras diferentes para el mismo indicador en las diferentes columnas expresan diferencias según Tukey ($p < 0,05$)

Figura 7. Comportamiento del K del suelo

Los resultados (**Tabla 22**) muestran diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para el K entre las áreas evaluadas, evidenciando que al menos uno o más de las áreas presentan medias diferentes estadísticamente.

Tabla 22. Análisis de varianza para el K del suelo

Variable dependiente: K					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	151089,976 ^a	5	30217,995	32,379	0,00
Intersección	1019975,917	1	1019975,917	1092,904	0,00
Tratamiento	151089,976	5	30217,995	32,379	0,00**
Error	33597,755	36	933,271		
Total	1204663,648	42			
Total, corregido	184687,731	41			

a. $R^2 = 0,818$ (R^2 ajustada = 0,793)

Gl: grados de libertad, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo

La prueba de Tukey (**Tabla 23**), agrupa las medias en cuatro sub grupos, a (Ch), c (NU) y d (BA), aunque, se tienen localidades que tienen medias parecidas entre los sub grupos, entre ellos: ab (At), abc (VA) y bc para GS.

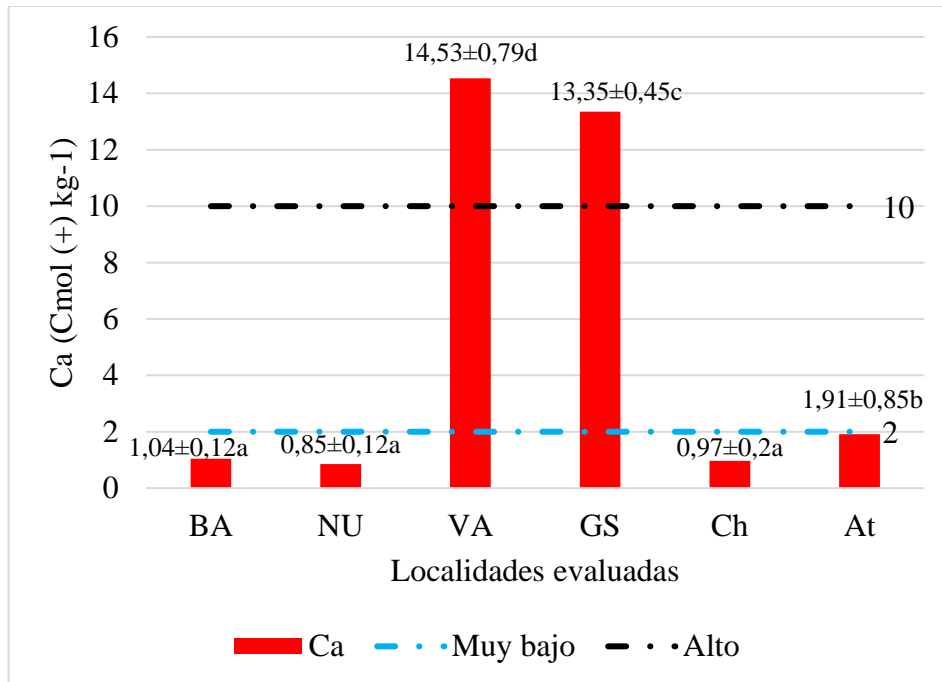
Tabla 23. Análisis post-hoc de Tukey para el K del suelo

HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		a	b	c	d
Ch	7	95,4557			
At	7	112,0229	112,0229		
VA	7	126,0171	126,0171	126,0171	
GS	7		149,6500	149,6500	
NU	7			174,6400	
BA	7				277,2357
Sig.		0,435	0,219	0,054	1,000

BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa.

4.2.5. Ca del suelo

La **Figura 8**, muestra las medias, desviación estándar y los sub conjuntos homogéneos de Tukey para el Ca según los tratamientos. Las medias de Ca corresponden a suelos de nivel muy bajo (BA, UN, Ch y At) y alto para VA y GS.



BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, GS: Gervasio Santillana, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa, abc: letras diferentes para el mismo indicador en las diferentes columnas expresan diferencias según Tukey ($p < 0,05$).

Figura 8. Comportamiento del Ca del suelo

Los resultados (**Tabla 24**) muestran diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para el Ca entre las áreas evaluadas, evidenciando que al menos uno o más de las áreas presentan medias diferentes estadísticamente.

Tabla 24. Análisis de varianza para el Ca del suelo

Variable dependiente: Ca					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1526,982 ^a	5	305,396	1141,855	0,00
Intersección	1242,714	1	1242,714	4646,417	0,00
Tratamiento	1526,982	5	305,396	1141,855	0,00**
Error	9,628	36	0,267		
Total	2779,324	42			
Total, corregido	1536,610	41			

a. $R^2 = 0,994$ (R^2 ajustada = 0,993)

Gl: grados de libertad, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo

La prueba de Tukey (**Tabla 25**), agrupa las medias en cuatro sub grupos, a (NU y Ch), b (At), c (GS) y d (VA), este último presenta la media más alta y corresponde a nivel alto en Ca.

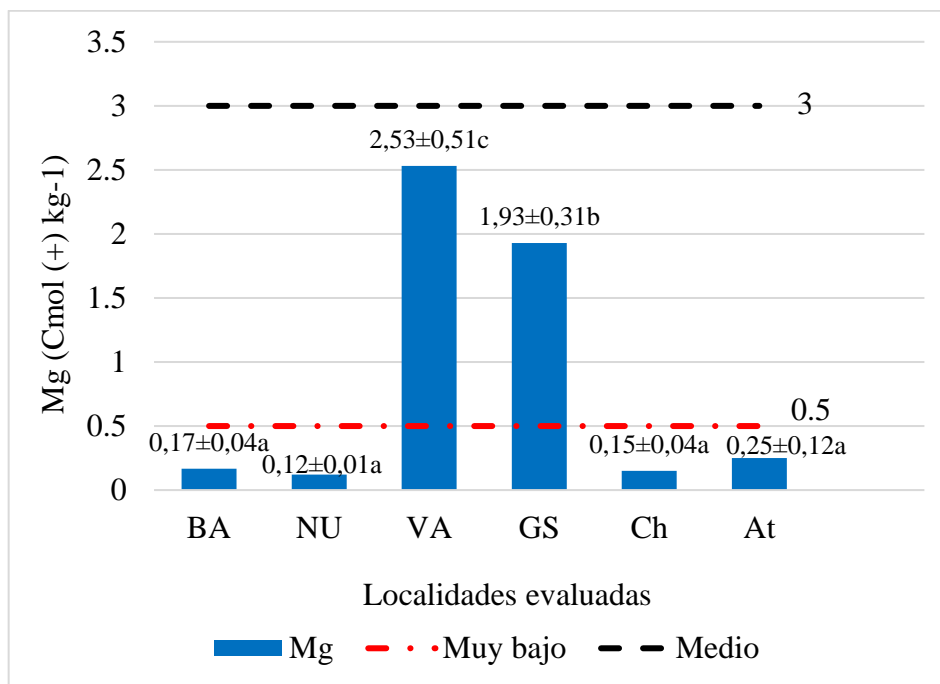
Tabla 25. Análisis post-hoc de Tukey para el Ca del suelo

HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		a	b	c	d
NU	7	0,8486			
Ch	7	0,9657			
BA	7	1,0371			
At	7		1,9071		
GS	7			13,3486	
VA	7				14,5300
Sig.		0,983	1,000	1,000	1,000

BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa

4.2.6. Mg del suelo

La **Figura 9**, muestra las medias, desviación estándar y los sub conjuntos homogéneos de Tukey para el Mg, según los tratamientos. Las medias de Mg corresponden a suelos de nivel muy bajo (BA, NU, Ch y At) y medio para VA y GS.



BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, GS: Gervasio Santillana, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa, abc: letras diferentes para el mismo indicador en las diferentes columnas expresan diferencias según Tukey ($p < 0,05$)

Figura 9. Comportamiento del Mg del suelo

Los resultados (**Tabla 26**) muestran diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para el Mg entre las áreas evaluadas, evidenciando que al menos uno o más de las áreas presentan medias diferentes estadísticamente.

Tabla 26. Análisis de varianza para el Mg del suelo

Variable dependiente: Mg					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	40,783 ^a	5	8,157	132,213	0,00
Intersección	30,874	1	30,874	500,452	0,00
Tratamiento	40,783	5	8,157	132,213	0,00**
Error	2,221	36	,062		
Total	73,878	42			
Total, corregido	43,004	41			

a. R2 = 0,948 (R2 ajustada = 0,941)

Gl: grados de libertad, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo

La prueba de Tukey (**Tabla 27**), agrupa las medias en tres sub grupos: a (NU, Ch, BA y At), b (GS) y c (VA), los sub grupos b y c presenta la media más alta y corresponde a nivel medio en Mg

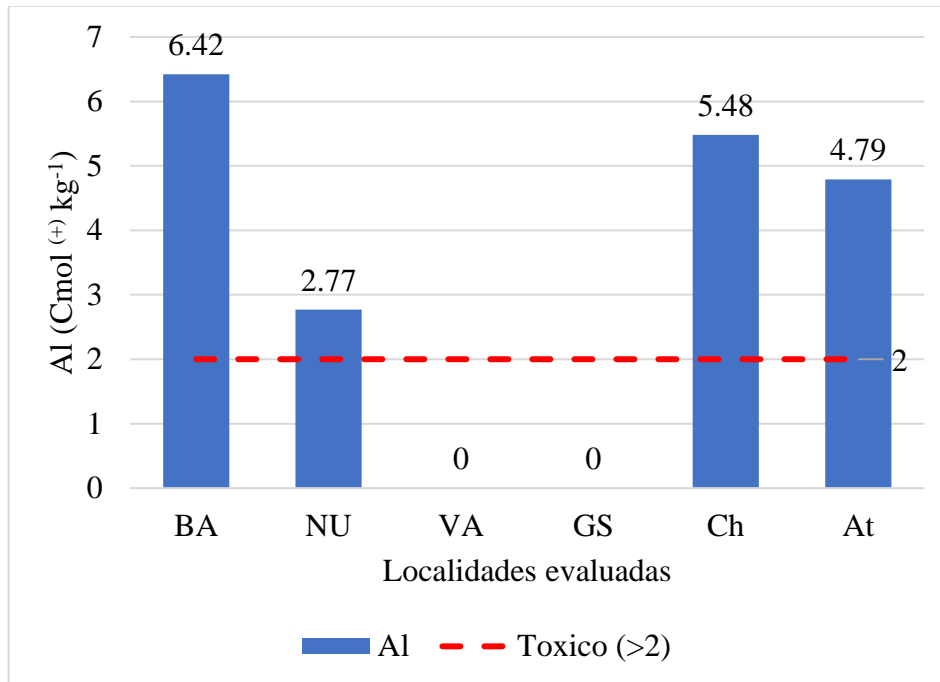
Tabla 27. Análisis post-hoc de Tukey para el Mg del suelo

HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	c
NU	7	0,1200		
Ch	7	0,1529		
BA	7	0,1671		
At	7	0,2486		
GS	7		1,9257	
VA	7			2,5300
Sig.		0,925	1,000	1,000

BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa

4.2.7. Al del suelo

La **Figura 10**, muestra las medias, desviación estándar y los sub conjuntos homogéneos de Tukey para el Al, según los tratamientos. Las medias corresponden a suelos con niveles tóxicos de aluminio para BA, NU, Ch y At, sin embargo, VA y GS presentan suelos libres de toxicidad por Al.



BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, GS: Gervasio Santillana, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa, abc: letras diferentes para el mismo indicador en las diferentes columnas expresan diferencias según Tukey ($p < 0,05$)

Figura 10. Comportamiento del Al en el suelo

Los resultados (**Tabla 28**) muestran diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para el Al entre las áreas evaluadas, evidenciando que al menos uno o más de las áreas presentan medias diferentes estadísticamente.

Tabla 28. Análisis de varianza para el Al del suelo

Variable dependiente: Al					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	271,526 ^a	5	54,305	760,315	0,000
Intersección	442,196	1	442,196	6191,090	0,000
Tratamiento	271,526	5	54,305	760,315	0,00**
Error	2,571	36	,071		
Total	716,294	42			
Total, corregido	274,097	41			

a. $R^2 = 0,991$ (R^2 ajustada = 0,989)

Gl: grados de libertad, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo

La prueba de Tukey (**Tabla 29**), agrupa las medias en cinco sub grupos: a (VA y GS), b (NU), c (At), d (Ch) y e (BA). Los sub grupos b hasta e presenta la media más alta y corresponde a suelos con niveles tóxicos en Al.

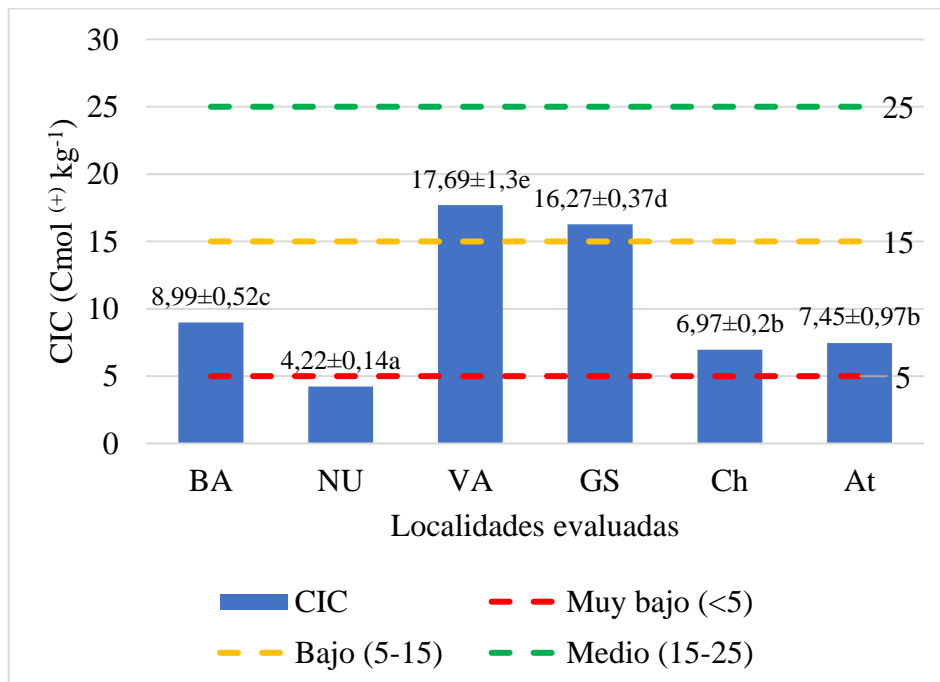
Tabla 29. Análisis post-hoc de Tukey para el Al del suelo

Variable: Al						
HSD Tukey ^{a,b}						
Tratamiento	N	Subconjunto				
		a	b	c	d	e
VA	7	0,00				
GS	7	0,00				
NU	7		2,77			
At	7			4,79		
Ch	7				5,48	
BA	7					6,42
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa

4.2.8. CIC del suelo

La **Figura 11**, muestra las medias, desviación estándar y los sub conjuntos homogéneos de Tukey para la CIC, según los tratamientos. Las medias corresponden a suelos con niveles muy bajos de CIC para NU, bajo para BA, Ch y At, y medio para VA y GS.



BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, GS: Gervasio Santillana, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa, abc: letras diferentes para el mismo indicador en las diferentes columnas expresan diferencias según Tukey ($p < 0,05$)

Figura 11. Comportamiento de la CIC del suelo

Los resultados (**Tabla 30**) muestran diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para la CIC entre las áreas evaluadas, evidenciando que al menos uno o más de las áreas presentan medias diferentes estadísticamente.

Tabla 30. Análisis de varianza para la CIC del suelo

Variable dependiente: CIC					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1036,764 ^a	5	207,353	400,483	0,000
Intersección	4426,576	1	4426,576	8549,522	0,000
Tratamiento	1036,764	5	207,353	400,483	0,00**
Error	18,639	36	,518		
Total	5481,979	42			
Total, corregido	1055,403	41			

a. $R^2 = 0,982$ (R^2 ajustada = 0,980)

Gl: grados de libertad, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo

La prueba de Tukey (**Tabla 31**), agrupa las medias en cinco sub grupos: a (NU), b (Ch y At), c (BA), d (GS) y e (VA). Los sub grupos d y e presentan notablemente las medias más altas y corresponden a suelos con nivel medio en CIC.

Tabla 31. Análisis post-hoc de Tukey para la CIC del suelo

Variable: CIC						
HSD Tukey ^{a,b}						
Tratamiento	N	Subconjunto				
		a	b	c	d	e
NU	7	4,22				
Ch	7		6,97			
At	7		7,45			
BA	7			8,99		
GS	7				16,27	
VA	7					17,69
Sig.		1,00	0,810	1,00	1,00	1,00

BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa

Los resultados comparados con los criterios de la FAO (2009), Bazán (2017) y SAGARPA (2012) presentan niveles de pH que varían entre fuertemente ácido a ligeramente ácido (**Figura 4**), la MO y N se encuentran en niveles medios (**Figura 5**), el P en niveles de bajo a medio (**Figura 6**), K de bajo hasta alto (**Figura 7**), Ca de muy bajo a alto (**Figura 8**),

Mg de muy bajo a medio (**Figura 9**), Al con niveles tóxicos solo para BA, NU, Ch y At (**Figura 10**), y niveles muy bajos a medios para CIC (**Figura 11**). En todos los casos se encontraron diferencias altamente significativas entre áreas evaluadas.

La MO y el N son indicadores importantes que determinan la fertilidad de los suelos (García et al., 2012), por su efecto regulador del aluminio tóxico, en la retención de cationes, y otros procesos importantes (Navarro & Navarro, 2003; García et al., 2012), y que permite el control de la erosión en la superficie (Verhulst et al., 2015). Los resultados muestran contenidos medios entre áreas evaluadas, siendo esto, favorable desde el punto de vista de la fertilidad del suelo y su capacidad para el desarrollo de cultivos agrícolas. Sin embargo, desde el punto de vista químico, la *C. cateniformis*, requiere suelos de origen sedimentario, pobres en materia orgánica y cuyo pH va de 4,2 a 5,3 (extremadamente a fuertemente ácido) con alta saturación de aluminio, donde los elementos más importantes se encuentran en bajos niveles fijados por el aluminio (Angulo, 2015); sin embargo, también se desarrollan en suelos aluviales de pH ácido a ligeramente ácido con baja saturación de aluminio (Angulo, 2014). También, Núñez (2018) señala que los suelos Ultisoles, arcillosos, fuertemente ácidos con poca retención de nutrientes son ideales para *C. cateniformis*.

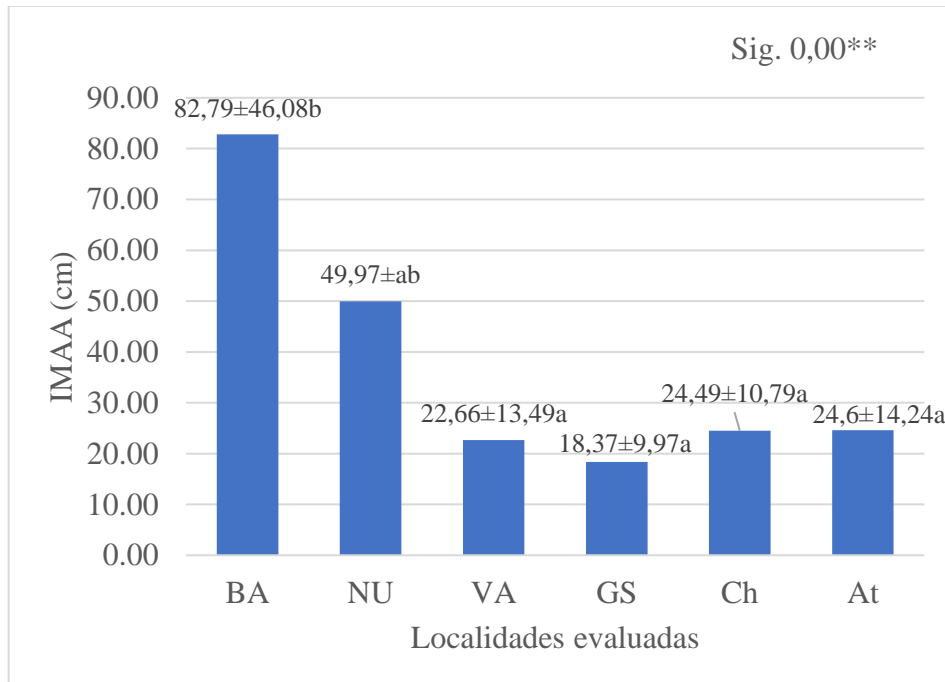
En este sentido, los niveles medios de MO no serían favorables para esta especie, sin embargo, los bajos niveles de pH en NU, Ch, BA y At (fuertemente ácido) serían los ideales, y poco favorables para GS y VA que tienen suelo ligeramente ácido y neutro respectivamente. Además, de lo señalado por Angulo (2014) y Angulo (2015) en suelos arcillosos la especie prefiere suelos con alta toxicidad de Al, por defecto, según Navarro & Navarro (2003) en estas condiciones los principales macroelementos se encuentran retenidos o en niveles deficientes, aspecto que se puede corroborar ya que los niveles de los principales nutrientes como Ca, Mg, y P se encuentran en niveles bajos o cercanos a este, excepto el K que se encuentra en niveles medios, este último, según Angulo (2014) es uno de los indicadores más influyentes en el desarrollo de esta especie.

4.3. Indicadores de crecimiento de *C. cateniformis*

Se evaluó el incremento en altura y diámetro del tallo, y el índice de robustez como indicadores de crecimiento de *C. cateniformis*.

4.3.1. Incremento medio anual en altura de *C. cateniformis*

La **Figura 12**, muestra la estadística básica (promedios y desviación estándar) e inferencial como la significancia y el análisis post-hoc de Tukey para determinar los subgrupos homogéneos para cada indicador según las localidades evaluadas.



IMAA: incremento medio anual de altura del tallo, BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa, Sig. Significancia, **: altamente significativo, letras diferentes en las columnas expresan diferencias según Tukey ($p < 0,05$)

Figura 12. Comportamiento del incremento en altura de *C. cateniformis*

Los resultados muestran diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre áreas evaluadas, evidenciando que al menos uno o más de las áreas presentan medias diferentes estadísticamente.

Tabla 32. Análisis de varianza para el indicador IMAA de *C. cateniformis*

Variable dependiente: IMAA					
Origen	Suma de	Gl	Media	F	Sig.
Modelo corregido	21893,001 ^a	5	4378,600	7,592	0,00
Intersección	57950,286	1	57950,286	100,479	0,00
Tratamiento	21893,001	5	4378,600	7,592	0,00**
Error	20762,663	36	576,741		
Total	100605,950	42			
Total, corregido	42655,664	41			

a. $R^2 = 0,513$ (R^2 ajustada = 0,446)

IMAA: incremento medio anual de altura del tallo, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo

La prueba de Tukey (**Tabla 33**), agrupa las medias en tres sub grupos: a (GS, VA, Ch y At), ab (NU), b (BA); este último, presenta notablemente la media más alta de incremento medio anual en altura de plantas.

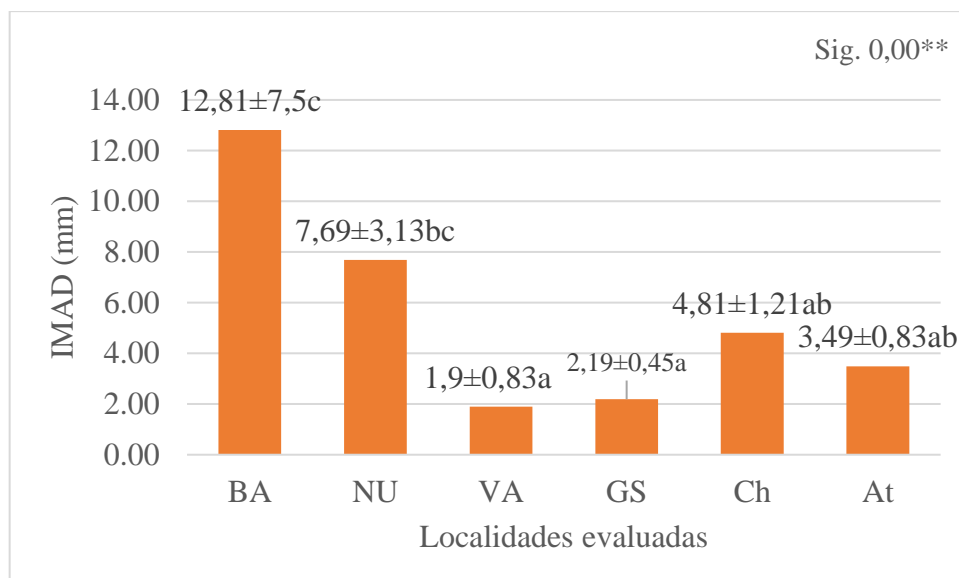
Tabla 33. Análisis post-hoc de Tukey para el indicador IMAA de *C. cateniformis*

Variable: IMAA			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
GS	7	18,3714	
VA	7	22,6571	
Ch	7	24,4857	
At	7	24,6000	
NU	7	49,9714	49,9714
BA	7		82,7857
Sig.		0,163	0,135

BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa

4.3.2. Incremento medio anual en diámetro de *C. cateniformis*

La **Figura 13**, muestra la estadística básica (promedios y desviación estándar) e inferencial como la significancia y el análisis post-hoc de Tukey para determinar los subgrupos homogéneos para cada indicador según las localidades evaluadas. Los resultados muestran diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre áreas evaluadas, mostrando mayores incrementos las áreas de BA y NU.



IMAD: incremento medio anual en diámetro del tallo, BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa, Sig. Significancia, **: altamente significativo, letras diferentes en las columnas expresan diferencias según Tukey ($p < 0,05$)

Figura 13. Comportamiento del incremento medio en diámetro de *C. cateniformis*

Los resultados (**Tabla 34**) muestran diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre áreas evaluadas, evidenciando que al menos uno o más de las áreas presentan medias diferentes estadísticamente

Tabla 34. Análisis de varianza para el indicador IMAD de *C. cateniformis*

Variable dependiente: IMAD					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	607,222 ^a	5	121,444	10,539	0,00
Intersección	1261,715	1	1261,715	109,497	0,00
Tratamiento	607,222	5	121,444	10,539	0,00**
Error	414,823	36	11,523		
Total	2283,760	42			
Total, corregido	1022,045	41			

a. $R^2 = 0,594$ (R^2 ajustada = 0,538)

IMAD: incremento medio anual del diámetro del tallo, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo.

La prueba de Tukey (**Tabla 35**), agrupa las medias en tres sub grupos: a (VA y GS), b (At y Ch), y c (NU y BA); este último, presenta notablemente la media más alta de incremento medio anual en diámetro de plantas.

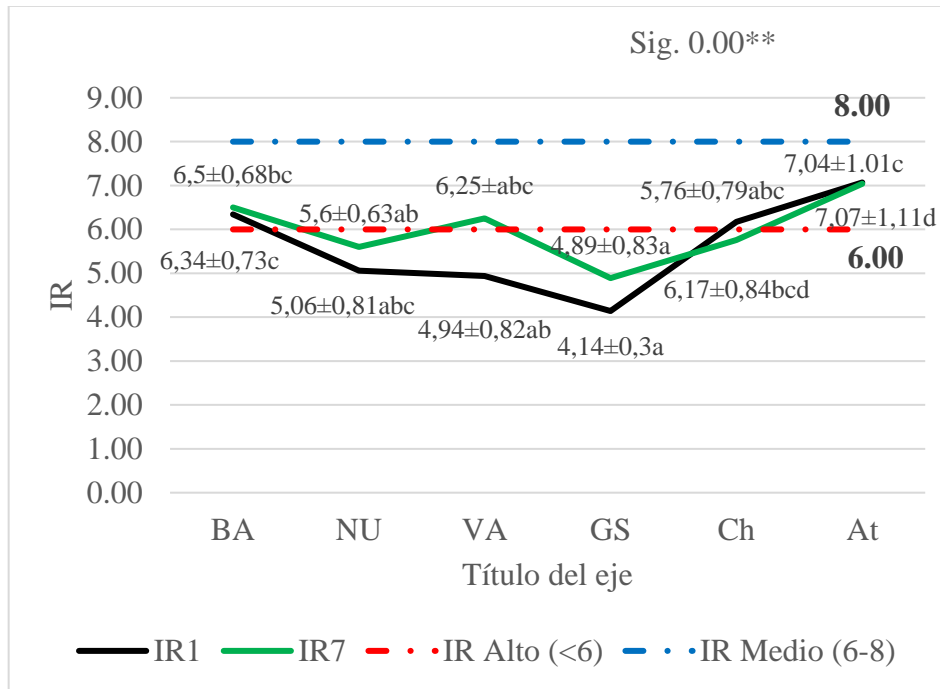
Tabla 35. Análisis post-hoc de Tukey para el indicador IMAD de *C. cateniformis*

Variable: IMAD				
HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	c
VA	7	1,9000		
GS	7	2,1857		
At	7	3,4857	3,4857	
Ch	7	4,8143	4,8143	
NU	7		7,6857	7,6857
BA	7			12,8143
Sig.		0,600	0,215	0,076

IMAD: incremento medio anual del diámetro del tallo, BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa

4.3.2. Índice de robustez de *C. cateniformis*

La Figura 14 muestra la tendencia del índice de robustez de las plantas en 7 meses de evaluaciones, encontrándose diferencias altamente significativas entre las áreas evaluadas para el mes 1 (IR1) y el mes 7 (IR7), la figura pone en evidencia que las plantas evaluadas en NU, VA y GS presentan valores mayores de IR al final de las evaluaciones, lo que indican una pérdida de robustez de las plantas, particularmente en la localidad de Vista Alegre (VA) paso de una robustez alta a media.



IR: Índice de robustez, BA: localidad de Buenos Aires, NU: Nueva Unión, VA: Vista Alegre, Ch: Chullachaqui, At: Atahualpa, Sig. Significancia, **: altamente significativo, letras diferentes en las columnas expresan diferencias según Tukey ($p < 0,05$)

Figura 14. Comportamiento temporal del índice de robustez

Los resultados (**Tabla 36**) muestran diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre áreas evaluadas, evidenciando que al menos uno o más de las áreas presentan medias diferentes estadísticamente para la primera evaluación.

Tabla 36. Análisis de varianza para el indicador IR1 de *C. cateniformis*

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: IR1					
Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	41,234 ^a	5	8,247	12,689	0,00
Intersección	1327,219	1	1327,219	2042,125	0,00
Tratamiento	41,234	5	8,247	12,689	0,00**
Error	23,397	36	,650		
Total	1391,850	42			
Total, corregido	64,631	41			

a. $R^2 = 0,638$ (R^2 ajustada = 0,588)

IR1: índice de robustez en la primera evaluación, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo.

La prueba de Tukey (**Tabla 37**), agrupa las medias en cuatro sub grupos: a (GS), b (VA), c (UN) y d (Ch, BA y At); este último, presenta notablemente la media más alta de IR al inicio de las evaluaciones.

Tabla 37. Análisis post-hoc de Tukey para el indicador IR1 de *C. cateniformis*

Variable: IR1					
HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		a	b	c	d
GS	7	4,1429			
VA	7	4,9429	4,9429		
NU	7	5,0571	5,0571	5,0571	
Ch	7		6,1714	6,1714	6,1714
BA	7			6,3429	6,3429
At	7				7,0714
Sig.		0,299	0,072	0,053	0,316

Los resultados (**Tabla 38**) muestran diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre áreas evaluadas, evidenciando que al menos uno o más de las áreas presentan medias diferentes estadísticamente para la séptima evaluación del IR.

Tabla 38. Análisis de varianza para el indicador IR7 de *C. cateniformis*

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: IR7					
Origen	Suma de cuadrados	Gl.	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	19,888 ^a	5	3,978	5,529	0,001
Intersección	1515,362	1	1515,362	2106,399	0,000
Tratamiento	19,888	5	3,978	5,529	0,001**
Error	25,899	36	0,719		
Total	1561,149	42			
Total, corregido	45,787	41			

a. $R^2 = 0,434$ (R^2 ajustada = 0,356)

IR7: índice de robustez en la séptima evaluación, F: función de probabilidad, Sig: significancia, **: altamente significativo.

La prueba de Tukey (**Tabla 39**), agrupa las medias en tres sub grupos: a (GS), b (NU) y c (Ch, BA y VA y At); este último, presenta notablemente la media más alta de IR al séptimo mes de las evaluaciones.

Tabla 39. Análisis post-hoc de Tukey para el indicador IR7 de *C. cateniformis*

Variable: IR7				
HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	c
GS	7	4,8886		
NU	7	5,6014	5,6014	
Ch	7	5,7614	5,7614	5,7614
VA	7	6,2514	6,2514	6,2514
BA	7		6,4986	6,4986
At	7			7,0386
Sig.		0,050	0,374	0,078

Los resultados de los indicadores de crecimiento evaluados muestran un incremento medio anual en altura que varía de 18,37 a 82,79 cm, las localidades con mayor crecimiento lo registran NU (49,97 cm) y BA (82,79 cm); respecto al incremento anual en diámetro se observa una variación de 1,90 a 12,81 mm, las localidades con mayor diámetro fueron NU (7,69 mm) y BA (12,81 mm). En el caso del IR se tiene valores de 4,14 a 7,07 en la primera evaluación (IR1) y valores de 4,89 a 7,04 en la séptima evaluación (IR7), en general el IR7 tiende a aumentar en el tiempo, en particular en NU, VA y GS.

De acuerdo con Rueda et al. (2012) el crecimiento medio en altura es $>$ a 15 cm, por lo que se consideran plantas de alta calidad para todas las localidades, sin embargo, el crecimiento medio en diámetro encontrado es menores a 2,50 mm para VA y GS y se clasifican como incremento medio en diámetro de baja calidad, de calidad media (2,50 - 4,90 mm) para At y Ch y alta calidad (\geq 5,00 mm) para NU y BA. Además, para el caso de IR en ambas evaluaciones se tienen una robustez de calidad alta ($<$ 6,00) para NU, VA y GS y media (6,00 a 7,90) para BA, Ch y At, también se aprecia que NU, VA y GS aumentaron sus valores a la séptima evaluación lo que señala una pérdida de la calidad del índice de robustez.

Para Baluarte & Álvarez (2015), los incrementos diamétricos del tornillo varían entre 2,45, 2,63 y 2,77 cm para las clases de sitio bajo, medio y alto, respectivamente, en los siguientes años el incremento desciende hasta 1 cm. También, ocurre lo mismo con el incremento en altura, el primer año de su vida fluctúan entre 3,09, 3,38 y 3,62 m, para disminuir a valores de 1,07; 1,08 y 1,09 a las edades de 6, 7 y 8 años para las calidades de sitio bajo, medio y alto. Esto pone en evidencia que los resultados encontrados presentan medias más bajas en diámetro y altura de planta y se corrobora con la permanencia en algunos casos (BA, Ch y

At) y pérdida de robustez (VA, NU y GS) de las plantas evaluadas, por lo que las condiciones de suelo no estarían siendo favorables para las recientes plantaciones instaladas en estas localidades.

4.4. Determinación de indicadores relevantes y correlaciones según Pearson

4.4.1. Análisis Componentes Principales

De acuerdo al ACP (**Tabla 40**) se tienen 4 factores o componentes con autovalores mayores a la unidad y que explican la varianza total encontrada, el factor 1 explica el 54,85 %, el factor 2 el 16,51 %, en factor 3 el 12,43% y el factor 4 el 9,74 % de la varianza total encontrada.

Tabla 40. Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales		
	Total	% de varianza	% acumulado
1*	9.325	54.853	54.853
2*	2.807	16.512	71.365
3*	2.114	12.434	83.799
4*	1.656	9.743	93.542
5	0.619	3.639	97.181
6	0.235	1.383	98.564
7	0.094	0.552	99.116
8	0.069	0.407	99.523
9	0.038	0.221	99.744
10	0.021	0.122	99.866

*: componente relevante con autovalores mayores a la unidad

La **Tabla 41**, muestra que el componente o factor 1 considera relevante a los indicadores pH, Ca, Mg, Al, CIC, AC y SAl; mientras el componente 2 considera relevantes a los indicadores de crecimiento IMAA, IMAD y al K; el factor 3 a la arena y arcilla y el factor 4 a la MO y al N. El análisis ACP consideran no relevantes a los niveles de P y al % de la fracción limo por tener cargas factoriales menores a 0,75 (carga factorial para $n \leq 50$).

Tabla 41. Matriz de componente rotado por Varimax

Indicadores	Componente			
	1	2	3	4
SAl	-.984*	.146	-.037	-.066
AC	-.983*	.154	-.008	-.068
SB	.983*	-.154	.008	.068
Ca	.961*	-.177	.112	.160
Mg	.923*	-.158	.086	.279
Al	-.906*	.265	.310	-.018
CIC	.905*	-.061	.340	.220
pH	.873*	-.149	.124	.409
P	-.705	.518	-.208	-.125
IMAA	-.233	.868*	-.013	-.014

K	-.011	,826*	,046	-.209
IMAD	-.387	,826*	-.007	-.023
Arena	-.083	,066	-.991*	,077
Arcilla	,020	,176	,965*	,028
Limo	,184	-.546	,691	-.267
N	,246	-.101	-.081	,957*
MO	,250	-.091	-.080	,957*

*: indicador relevante por presentar carga factorial mayor a 0,75 (para $n < 50$), IMAA: incremento medio anual en altura de planta, IMAD: incremento medio anual en diámetro del tallo.

El análisis de correlación de Pearson (**Tabla 42**) muestran que la Rp presenta correlación positiva débil con IR; correlación significativa negativa débil entre pH, CIC y el IMAA e IMAD y media con IR1; correlación significativa positiva media entre el K y el IMAA e IMAD; respecto al Ca y Mg, SB se tiene correlación significativa negativa débil con el IMAA y media con IMAD e IR1; el Al, Sal y AC presenta correlación significativa positiva débil con IMAA y altamente significativa positiva media con IMAD e IR.

Tabla 42. Correlación de Pearson entre indicadores del suelo y el crecimiento de tornillo

		IMAA	IMAD	IR1	IR7
Tratamiento	Correlación	-,569**	-,544**	0.243	0.085
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000	0.120	0.593
Arena	Correlación	0.097	0.095	-0.221	-0.127
	Sig. (bilateral)	0.542	0.550	0.159	0.424
Arcilla	Correlación	0.071	0.083	0.244	0.161
	Sig. (bilateral)	0.656	0.602	0.119	0.308
Rp	Correlación	-0.250	-0.273	,350*	,314*
	Sig. (bilateral)	0.111	0.080	0.023	0.043
pH	Correlación	-,342*	-,489**	-,504**	-0.107
	Sig. (bilateral)	0.027	0.001	0.001	0.499
MO	Correlación	-0.147	-0.197	-0.062	0.114
	Sig. (bilateral)	0.352	0.211	0.694	0.472
N	Correlación	-0.162	-0.208	-0.049	0.122
	Sig. (bilateral)	0.304	0.185	0.760	0.441
K	Correlación	,561**	,507**	-0.040	0.115
	Sig. (bilateral)	0.000	0.001	0.799	0.469
Ca	Correlación	-,380*	-,508**	-,579**	-0.254
	Sig. (bilateral)	0.013	0.001	0.000	0.105
Mg	Correlación	-,368*	-,480**	-,530**	-0.249
	Sig. (bilateral)	0.016	0.001	0.000	0.111
Al	Correlación	,417**	,540**	,678**	,344*
	Sig. (bilateral)	0.006	0.000	0.000	0.026
CIC	Correlación	-0.293	-,411**	-,467**	-0.182
	Sig. (bilateral)	0.059	0.007	0.002	0.249
SB	Correlación	-,359*	-,499**	-,637**	-0.277
	Sig. (bilateral)	0.020	0.001	0.000	0.076
AC	Correlación	,359*	,499**	,637**	0.277
	Sig. (bilateral)	0.020	0.001	0.000	0.076

SAI	Correlación	,354*	,494**	,623**	0.263
	Sig. (bilateral)	0.022	0.001	0.000	0.092
	N	42	42	42	42

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral), **: la correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Los resultados de la **Tabla 41**, permitió reducir las variables a través del ACP, e identifica los parámetros que funcionan como indicadores de calidad en suelos con plantación de *C. Cateniformis*, estos indicadores son: pH, MO, N, K, Ca, Mg, Al, CIC, AC, SAI, arena y arcilla; estos son indicadores relevantes del suelo que explican el 93,54 % de la varianza total encontrada. Este resultado concuerda con los resultados de otras investigaciones como el de Prieto et al. (2013), Estrada et al. (2017), Sarmiento et al. (2018), e Inocencio & Florida (2022), parámetros que usualmente indican cambios en el suelo.

Las correlaciones entre los indicadores relevantes del suelo (**Tabla 42**) y del crecimiento del tornillo muestran un comportamiento contradictorio no coherente con la teoría tradicional aplicado a los cultivos agrícolas, ya que los suelos arcillosos, ácidos, alta toxicidad por Al y elevada AC, presentan las condiciones físicas menos favorables y generan condiciones químicas que limitan el crecimiento y desarrollo de la mayoría de los cultivos (Havlin et al., 1999; Navarro & Navarro, 2003; Demuner et al., 2013). Contrariamente, los resultados muestran que hay correlación negativa significativa entre los indicadores Ca y Mg con el crecimiento, lo que significa una relación inversamente proporcional, es decir a mayores niveles de Ca y Mg menores serán los incrementos medios anuales en altura y diámetro. Por el contrario, hay correlación positiva significativa entre pH, AL, SAI y AC con IMAA e IMAD, indicando una correlación directamente proporcional, es decir a mayor nivel de acidez y toxicidad por aluminio mayor sería en crecimiento en altura y diámetro de *C. cateniformis*.

En este contexto, aunque el comportamiento encontrado parezca contradictorio desde el enfoque agrícola, este concuerda con los requerimientos de la especie forestal, quien presenta óptimo desarrollo en suelos arcillosos, fuertemente ácidos, baja retención de nutrientes, pobres en materia orgánica, extremadamente a fuertemente ácido, alta saturación de aluminio, donde los elementos más importantes se encuentran en bajos niveles (Angulo, 2014; Angulo, 2015; Núñez, 2018). Por lo que, los resultados encontrados son coherentes a las referencias citadas y requiere más evaluaciones para determinar el impacto que tienen estos indicadores para ser utilizadas como herramienta de diagnóstico rápido del suelo, antes de instalar plantaciones con esta especie forestal.

V. CONCLUSIONES

1. Se evaluó la resistencia a la penetrabilidad y la textura a través de las fracciones arena, arcilla y limo, encontrando diferencias altamente significativas en todos los casos. Físicamente corresponde a suelos de textura Franca-arenosa, Franca arcillosa y Arcillosa; con Resistencia a la penetrabilidad suave a duro, aceptable para el desarrollo de *C. cateniformis*.
2. Se encontró pH que varían de neutro a fuertemente ácido, niveles medios en MO y N, bajo a medio en P y K, muy bajo y alto en Ca, bajo a medio en Mg, libre a tóxico en Al, y muy bajo a bajo en CIC. Además, se encontró diferencias altamente significativas para todos los casos, estas condiciones se ajustan a los requerimientos de *C. cateniformis*, excepto para Vista Alegre y Gervasio Santillana.
3. A partir de los tres meses de instalado en campo definitivo y hasta el décimo mes que se evaluó, la plantación no mostró crecimientos favorables para el incremento anual en altura y diámetro, y se tiene una reducción de la robustez en las localidades de Buenos Aires, Nueva Unión, Vista Alegre y Gervasio Santillana.
4. El análisis estadístico identificó indicadores relevantes al pH, MO, N, K, Ca, Mg, Al, CIC, AC, SAl, arena y arcilla que explican el 93,54 % de la varianza total encontrada y se tiene correlación negativa significativa entre el Ca y Mg, y positiva significativa entre pH, AL, SAl y AC con IMAA e IMAD, indicando relación inversamente y directa proporcional respectivamente con el crecimiento en altura y diámetro de *C. cateniformis*. Comportamiento inverso a los requeridos en plantaciones agrícolas.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Se recomienda considerar a la especie *Cedrelinga cateniformis* (Duke) Duke, por su alta capacidad para desarrollarse en suelos arcillosos, fuertemente ácidos, con baja retención de nutrientes, pobres en materia orgánica, extremadamente a fuertemente ácido, alta saturación de aluminio y otros signos evidentes de suelo degradado, como alternativa en proyectos para recuperar agroecosistemas degradados por los cultivos.
2. Se recomienda hacer prácticas de enmiendas para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo y realizar estudios con mayor profundidad para identificar indicadores para usarlo como herramienta de diagnóstico antes de realizar plantaciones de esta especie.
3. Evaluar las plantaciones en su primer año de instalación, para determinar el periodo que tarda la especie en adaptarse al terreno y obtener los principales indicadores de crecimiento, ya que no se tienen reportes sobre este periodo en plantaciones de esta especie.
4. Realizar estudios para determinar la respuesta de esta especie forestal a la fertilización, al encalado y a los mejorantes o correctores (acidificantes), en función al tipo de suelo y al requerimiento de esta especie, así, tener respuestas favorables de crecimiento en cualquier tipo de suelo.

VII. REFERENCIAS

- Angulo, W. E. (2014). Crecimiento y Productividad de la Plantación de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke, establecida en diferentes condiciones de sitio, en suelo Inceptisol en el Bosque Alexander von Humboldt. Manejo Eficiente de Recursos Forestales y de Fauna Silvestre. Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). Boletín del Programa presupuestal 084. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/578>
- Angulo, W. E. (2015). Aprovechamiento Eficiente de Recursos Forestales y Fauna Silvestre. Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). Boletín del Programa presupuestal 130. <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/218/1/PP130-Tornillo.pdf>
- Arévalo, L., Sanco, M. (2002). Manual de laboratorio para análisis físico químico del suelo. S.I. ICRF – CHEMONICS. 48 p.
- Arostegui, V. A., Díaz, P. M. (1992). Propagación de Especies Forestales Nativas Promisorias en Jenaro Herrera. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Cooperación Técnica Suizo – COTESU. Iquitos - Perú. 119 pp. <http://www.iiap.org.pe/upload/transparencia/transp291.pdf>
- Baluarte, V., Álvarez, G. (2015) modelamiento del crecimiento de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke) en plantaciones en Jenaro Herrera, departamento de Loreto, Perú – Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana / vol. 24 (1) 2015: 21 – 32
- Bautista, A., Etchevers, J., Del Castillo, R., Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente, México. 13(2):90-97. Recuperado de:
- Bazán, R. (2017). Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. [http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/BazanManual de procedimientos de los.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/BazanManual_de_procedimientos_de_los.pdf)
- Bohn, H. L., Mc Neal, B. L., y O’Conor, G.A. (1993). Química del suelo. Editorial Limusa. 1º Edición. México. pp 363.
- Bouzo, C.A, & Cortez, S.B. (2012). Efecto de la aplicación foliar de calcio sobre algunos atributos de calidad en frutos de melón. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 38(3), 257-262. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142012000300009&lng=es&tlng=es.
- Budhu, M. (2007). Soil mechanics and foundations. 2da. ed. John Wiley & Sons Inc. New Jersey, USA. 634 p.

- Cerón, L. E., & Aristizábal, F. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforos en suelos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14 (1), 285-295. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752012000100026&lng=en&tlng=es.
- Cervelati, K.F., De Sousa, E.L. Neto, E.L., Sadayuki, E., Rocha, M. & Pereira, M.A. (2011). Efeito de diferentes sistemas de pastejo em atributos físicos do solo. *PUBVET, Londrina*, 5(22), Ed. 169, Art. 1142. <http://www.pubvet.com.br/uploads/f75d9e495ba2e3606626fe24edde259f.pdf>
- Cronquist, A. (1981). An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. 112 p.
- Demuner, M. C., Cadena, Z. M. & Campos, S. G. (2013). Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(No.Esp): 68-71. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22s1/rcta12513.pdf>
- Escalante, N. (2014). Efectos de la aplicación de fuentes de potasio y magnesio en el suelo arenoso para el cultivo de acelga bajo condiciones de Invernadero. Universidad Nacional La Molina UNALM.
- Estrada, R., Hidalgo, C., Guzmán, R., Almaraz, J. J., Navarro, H., y Etchevers, J. D. (2017). Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencia*, 51(8), 813-831. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n8/1405-3195-agro-51-08-813.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2009). Guía para la descripción de suelos 4^o edición. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>
- Fassbender, H. W., & Bornemisza, E. (1994). Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2^o Edición. Editorial IICA primera reimpresión. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6801>
- Florida, N., & Acuña, G. (2020): Soil quality with traditional management in the Chambira native community. *Plant, Soil and Environment*, 66(7), 375-380.
- García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso *Pastos y Forrajes*. 35(2), 125-138. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v35n2/pyf01212.pdf>
- Gustin, G., Morales, J., Ortiz E. C. (2014). Evaluación de la calidad del suelo por medio de indicadores en sistemas de manejo frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), granadilla (*Passiflora*

ligularis), bosque y chagras tradicionales en el municipio de Sibundoy Putumayo. Sibundoy, Putumayo: Instituto Tecnológico del Putumayo.

- Havlin, J.L. et al. 1999. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. Prentice Hall. New Jersey, USA. 499 p.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. P. (2014). Metodología de la Investigación. 6ª Edición. Mc GRAW-HILL. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Holdridge, L. R. (2000) Ecología basada en zonas de vida. Quinta reimpresión. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) San José- Costa Rica, 216 p.
- Inocencio, E. T., & Florida, N. (2022). Comportamiento espacial de indicadores fisicoquímicos y calidad del suelo en plantación de *Theobroma cacao* en Padre Abad, Ucayali, Perú. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 25(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n2.2022.2320>
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas - ICTA. GOB. s.d. (2012). Recomendaciones para el cultivo del plátano [En línea]: ICTA, (http://www.icta.gob.gt/fpdf/recom_/frut_ls/cultivoplatano.PDF). Recuperado de: <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/453/T.CSA93.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ITTO (International Tropical Timber Organization). (2021). Tornillo (*Cedrelinga cateniformis*) Disponible en: <http://www.tropicaltimber.info/es/specie/cedrorana-cedrelinga-cateniformis/>
- Karlen, D., Eash, N., Unger, P. (1992). Soil and Crop Management Effects on Soil Quality Indicators. En American Journal of Alternative Agriculture. Vol. 7 p. 48-56.
- López, R. (1981). Estudio Silvicultural Del Tornillo (*Cedrelinga cateniformis* DUCKE). Revista Forestal Del Perú, 10, 1–7. Recuperado de:
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). (2014). Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales – Ecuador. Quito. 105p. <https://www.fao.org/3/i4407s/i4407s.pdf>
- Martin, N., Adad, I. (2006) Generalidades más importantes de las ciencias del suelo. En: Disciplina Ciencias del Suelo. Tomo I. Pedología. Universidad Agraria de La Habana. Cuba. 504 p.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). (2015). Hacia una estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático – ENBCC. <https://www.minam.gob.pe/wp->

content/uploads/2016/07/ESTRATEGIA-NACIONAL-SOBRE-BOSQUES-Y-CAMBIO-CLIM% C3% 81TICO-DECRETO-SUPREMO-007-2016-MINAM11.pdf

- Monteverde, E.G. (2021). Evaluación rápida de la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* en un bosque premontano de Satipo, Perú. *Revista Xilema*, 30(1),75 – 83. <https://doi.org/10.21704/x.v31i1.1777>
- Mudarra, L. E. (2019). *Crecimiento de la especie “tornillo” Cedrelinga cateniformis ducke en parcelas agroforestales, Caballo Cocha - Provincia de Ramón Castilla, Loreto, Perú.* [Tesis pregrado para obtener el título de Ing. Forestal, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana] Repositorio UNAP. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6694/Luis_Tesis_Titulo_2019.pdf?sequence=1
- Muller, M. M. L. (2001). Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, 36(11), 1409-1418.
- Navarro, B., Navarro, G. (2003). Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Segunda edición. Ediciones Mundi–Prensa, Madrid. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2628/F04-S3423-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Navarro, L., Florida, N. y Navarro, M. (2018). Sustancias húmicas y agregación en oxisol (Rhodic Eutrudox) con pasto brachiaria y otros sistemas de uso. *Livestock Research for Rural Development*. 30, Article #137. <http://www.lrrd.org/lrrd30/8/nelino30137.html>
- Navarro, V. M., Florida, R. N. y Navarro, V. L. (2019). Atributos físicos y materia orgánica de oxisols en sistemas de producción de caña de azúcar. *Revista De Investigaciones Altoandinas* 21(2), 89 – 99. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.453>
- Núñez, H. (2018). *Crecimiento de plántulas de Cedrelinga cateniformis “tornillo”, en vivero Puerto Almendras - Loreto, Perú.* [Título profesional de ingeniero en Ecología, Universidad de la Amazonia Peruana]. Repositorio UNAP: https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6924/Hyrum_Tesis_Titulo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Otárola, E., Freitas, L., Linares, C., Baluarte, J. (2001). Estimación de la calidad de sitio mediante índices de sitio para *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Tornillo) en plantaciones de Jenaro Herrera, Loreto (Perú). *Folia Amazonica* 12 (1-2), 39-51. <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/fofiaamazonica/article/view/125/188>

- Pérez, G., Domínguez, M., Martínez, P., & Etchevers, J. D. (2012). Caracterización dasométrica e índice de sitio en plantaciones de caoba en Tabasco, México. *Madera y Bosques*, 18 (01), 7-24. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61724713002>
- Piedrahíta, O. (2019). Acidez Del Suelo (Magnesios Heliconia S:A). Magnesio Heliconia S.A, 14(cuadro 1), 30. Recuperado de:
- Pulgar J. (2014) Las ocho regiones naturales del Perú [Internet]. Disponible en: <https://journals.openedition.org/terrabrasilis/1027>
- Reynel, C; Pennington, T; Pennington, R; Flores, C; Daza, A. (2003). Árboles útiles de la Amazonía Peruana y sus usos. Un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies. Lima, PE. 509 p: Recuperado de: https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1612/RHDM_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ríos, M., Ruiz, D. M., Maduro, R., García, H. (2015). Estudio exploratorio de las propiedades físicas de suelos y su relación con los deslizamientos superficiales: Cuenca del río Maracay, estado Aragua-Venezuela. *Revista Geográfica venezolana*, 51(2), 225 – 247. Recuperado de:
- Rojas, J., Peña, S. (2018). Densidad Aparente Comparación de métodos de determinación en ensayo de rotaciones en siembra directa. 1, 1(1), 3. Recuperado de:
- Rojas, N. (2015). Efecto de diferentes tipos de sustratos en el crecimiento inicial de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke), en Tingo María. [Tesis Para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, mención Forestales, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1050/TS_PRN_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rueda, A., Benavides, J. D., Prieto, J. Á., Sáenz, J. T., Orozco, G., Molina, A. (2012). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(14), 69-82. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63439002006>
- Ruiz, J. (2004). "Evaluación de Parcelas Permanentes de Medición (PPM) en Bosques Secundario de Tingo María. [Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables Mención Forestal. Tingo María, Perú. Universidad nacional agraria de la selva] Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/653>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2012). *Subíndice de Uso Sustentable del Suelo*. Recuperado de https://www.fao-evaluacion.org.mx/rn/ind_fin/suelos/Documento_metodologico_suelos.pdf

- Sarmiento, E., Fandiño, S., y Gómez, L. (2018). Índices de calidad del suelo. Una revisión sistemática. *Ecosistemas*. 27(3), 130-139. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1598>
- Vandermeer, J. (2011). *The Ecology of Agroecosystems*. by Jones and Barlett Publishers. Massachusetts, USA.
- Verhulst, N., François, I. y Govaerts, B. (2015). Agricultura de conservación, ¿mejora la calidad del suelo a fin de obtener sistemas de producción sustentables? Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo-CIMMYT. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=QY2016100045>
- Vidaurre, H. E. (1997). Balance de experiencias silviculturales con *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Mimosoideae) en la región de Pucallpa, Amazonía Peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Iquitos, Perú. Recuperado de:

ANEXOS

Muestreo de campo



Figura 15. Muestreo de suelo en la localidad de Atahualpa



Figura 16. Medición de altura y diámetro en la localidad de Buenos Aires



Figura 17. Medición de Rp en la localidad de Chullachaqui



Figura 18. Medición de altura en la localidad de Nueva Unión



Figura 19. Muestreo de suelo en la localidad de Gervasio Santillana



Figura 20. Muestreo de suelo en la localidad de Vista Alegre

Niveles de interpretación de indicadores del suelo

Tabla 43. Tamaño de las partículas del suelo

Nombre del componente	Diámetro (mm)
Arena gruesa	2,00-1,00
Arena media	0,50-0,25
Arena fina	0,25-0,10
Arena muy fina	0,10-0,05
Limo	0,05-0,002
Arcilla	≤ 0,002

Fuente: FAO (2009)

Tabla 44. Niveles de resistencia de suelo a la penetración

(K/cm ²)	Nivel de resistencia
Menor a 1,00	suelos muy suaves
1,00 a 2,00	suelos suaves
2,00 a 3,00	suelos duros
3,00 a 4,00	suelos muy duros
Mayor a 4,00	suelos extremadamente duros

Fuente: Florida & Acuña (2020)

Tabla 45. Niveles de pH en el suelo

Descripción	Rango
Extremadamente ácido	Menos de 4,50
Fuertemente ácido	4,50 a 5,50
Moderadamente ácido	5,50 a 6,50
Neutro	6,50 a 7,50
Moderadamente alcalino	7,50 a 8,50
Fuertemente Alcalino	Mas de 8,5

Fuente: Bazán (2017)

Tabla 46. Niveles de materia orgánica en el suelo

nivel	contenido (%)
Bajo o pobre	menos de 2
medio	2 - 4
Alto o rico	mayor de 4

Fuente: Bazán (2017)

Tabla 47. Niveles de contenido de Nitrógeno

Nivel	Nitrógeno (%)
Bajo	Menor de 0,10
Medio	0,10 a 0,20
Alto	Mayor de 0,20

Fuente: Bazán (2017)

Tabla 48. Niveles de concentración de fosforo

Nivel	Fosforo (ppm)
Muy Bajo	< 5
Bajo	5,10 a 15,00
Normal	15,10 a 30,00
Alto	30,10 a 40,00

Fuente: SAGARPA (2012)

Tabla 49. Niveles de contenido de Potasio

Nivel	Potasio Kg/ha
Muy Bajo	menos de 300
Bajo	300-600
Normal	más de 600

Fuente: Bazán (2017)

Tabla 50. Niveles de Ca intercambiable

Categorías	Ca (Cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)
Muy bajo	<2
Bajo	2- 5
Medio	5- 10
Alto	≥ 10

Fuente: SAGARPA (2012)

Tabla 51. Niveles de Mg intercambiable

Categoría	Mg (Cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)
Muy bajo	<0.5
Bajo	0.5- 1.3
Medio	1.3- 3
Alto	≥ 3

Fuente: SAGARPA (2012)

Tabla 52. Niveles de CIC del suelo

Clase	CIC (Cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)
Muy alto	≥40
Alto	25-40
Medio	15-25
Bajo	5-15
Muy bajo	<5

Fuente: SAGARPA (2012)

Evaluaciones en plantaciones

Tabla 53. Mediciones de altura y diámetro en las diferentes localidades

Código de planta	Evaluación 1 (enero)		Evaluación 2 (febrero)		Evaluación 3 (marzo)		Evaluación 4 (abril)		Evaluación 5 (mayo)		Evaluación 6 (junio)		Evaluación 7 (julio)	
	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Altura (cm)
BA-P1	8,05	47,00	10,05	51,00	10,95	53,00	11,75	72,50	13,30	83,00	15,00	87,00	16,10	97,00
BA-P2	6,55	33,50	7,15	37,00	8,35	40,00	9,80	53,00	11,50	60,00	12,00	72,00	13,10	78,00
BA-P3	7,80	55,00	9,70	57,00	10,80	62,00	12,05	72,50	13,50	77,00	14,65	93,00	16,85	108,00
BA-P4	6,35	45,50	8,90	52,50	9,95	65,00	11,55	65,00	13,05	76,00	16,10	97,00	17,10	103,00
BA-P5	6,60	43,00	10,20	51,00	12,20	62,00	13,70	80,50	17,10	91,00	19,45	103,00	20,50	140,00
BA-P6	5,10	33,00	5,50	35,50	5,90	40,00	6,30	43,00	6,40	47,00	6,60	50,00	6,60	52,00
BA-P7	5,45	34,00	5,80	37,00	6,60	43,00	7,00	43,50	7,30	46,00	7,40	48,00	8,00	51,00
NU-P1	5,50	29,50	6,35	33,50	6,40	41,00	7,40	41,00	8,30	45,00	9,10	53,00	10,50	66,00
NU-P2	5,95	35,50	7,65	37,00	8,80	44,00	9,60	48,00	10,50	55,00	12,00	57,00	12,20	60,00
NU-P3	4,40	25,00	4,85	27,00	4,90	32,00	5,10	32,00	5,40	32,00	5,55	32,00	5,70	32,00
NU-P4	6,50	29,00	7,40	35,00	8,25	38,00	11,00	38,50	11,50	50,00	11,75	53,00	12,00	57,00
NU-P5	5,10	28,00	5,40	30,50	5,95	34,00	6,20	34,00	6,85	36,00	7,30	38,00	7,70	41,00
NU-P6	7,90	36,00	9,25	53,00	10,75	57,00	12,20	57,00	12,70	63,00	13,30	67,00	13,70	83,00
NU-P7	6,55	24,00	7,15	37,00	7,80	45,00	8,95	45,00	10,00	53,00	10,70	53,00	11,50	72,00
VA-P1	4,70	27,50	4,75	33,00	5,30	35,00	6,15	36,00	6,20	36,00	6,20	37,00	6,30	37,00
VA-P2	3,15	17,50	3,30	19,00	3,50	22,00	3,80	26,00	3,80	26,00	4,00	27,00	4,00	31,00
VA-P3	5,15	28,00	5,45	35,50	5,50	39,00	5,70	39,00	5,70	39,00	5,90	40,00	6,00	40,00
VA-P4	5,25	24,50	5,25	24,00	5,30	27,00	5,30	30,00	5,30	30,00	5,40	32,00	5,50	34,00
VA-P5	3,90	18,50	3,95	20,00	4,15	21,00	5,00	22,00	5,00	22,00	5,20	23,00	5,30	23,00
VA-P6	5,70	28,00	5,80	34,00	6,60	39,00	6,75	40,00	6,80	40,00	6,80	40,00	6,95	42,00
VA-P7	5,20	17,50	5,25	32,50	6,00	40,00	6,15	40,00	6,60	42,00	6,80	44,00	6,80	47,00
GS-P1	6,35	26,50	6,50	29,50	6,85	32,00	7,05	32,00	7,15	33,00	7,20	33,00	7,35	35,00
GS-P2	5,90	26,00	6,10	28,00	6,30	29,00	6,35	30,00	6,60	31,00	6,70	33,00	6,75	37,00

GS-P3	4,00	16,50	4,65	19,50	4,90	20,00	5,10	21,00	5,50	21,00	5,50	20,00	5,50	24,00
GS-P4	5,50	21,00	6,00	23,00	6,20	26,00	6,30	28,00	6,70	28,00	6,90	26,00	6,90	30,00
GS-P5	5,50	20,50	5,50	22,00	6,30	22,00	6,30	22,00	6,50	25,00	6,50	25,00	6,65	27,00
GS-P6	5,30	23,00	6,05	24,00	6,15	26,00	6,25	26,50	6,30	27,00	6,50	30,00	6,75	32,00
GS-P7	7,00	31,50	7,20	38,00	7,50	45,00	7,55	46,00	8,05	49,00	8,30	50,00	8,50	55,00
Ch-P1	4,90	27,00	5,70	31,00	6,30	44,00	6,65	47,00	7,00	50,00	7,00	50,00	7,20	52,00
Ch-P2	4,70	29,00	6,25	32,50	6,60	40,00	7,00	42,00	7,80	42,00	7,90	43,00	8,10	44,00
Ch-P3	4,15	29,50	5,00	34,00	5,90	40,50	7,15	42,50	7,30	43,00	7,40	43,00	7,50	45,00
Ch-P4	4,45	27,00	5,70	35,00	6,20	35,00	6,95	39,50	7,00	42,00	7,00	40,00	7,10	43,00
Ch-P5	5,20	25,00	6,10	29,50	6,40	32,00	8,05	35,50	8,10	36,00	8,20	37,00	8,40	40,00
Ch-P6	4,75	34,00	5,95	40,00	7,25	44,00	7,85	49,50	7,95	51,00	7,95	45,00	8,10	42,00
Ch-P7	4,50	28,50	5,05	35,00	5,50	41,00	5,65	41,00	5,70	41,00	5,70	30,00	6,00	34,00
At-P1	5,10	34,00	5,80	46,00	6,10	52,00	6,65	53,00	7,50	54,00	7,50	54,00	7,70	58,00
At-P2	4,55	29,00	4,90	37,00	5,25	42,00	6,56	42,00	7,00	44,00	7,05	47,00	7,20	57,00
At-P3	4,35	28,00	4,50	31,00	4,90	32,00	5,20	32,00	5,90	35,00	6,20	35,00	6,40	37,00
At-P4	4,05	38,00	5,10	41,00	5,50	43,00	5,65	43,00	5,90	45,00	5,90	45,00	5,90	45,50
At-P5	4,35	30,50	5,00	35,00	5,10	36,00	5,15	36,00	5,50	37,00	5,60	37,00	5,80	38,50
At-P6	4,05	25,00	4,65	27,00	4,80	28,00	5,40	30,00	5,60	32,00	6,10	35,00	6,20	35,00
At-P7	3,65	27,00	3,95	35,00	4,20	37,50	4,80	39,00	5,00	40,00	5,05	41,00	5,10	41,00

Análisis del suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		SOTO SABINO GERSON																				
N°	CODIGO DEL LAB.	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	PROPIETARIO	AREA	CULTIVO ANTERIOR	CULTIVO ACTUAL	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (cm)	DENSIDAD DE SIEMBRA	EDAD DEL CULTIVO (AÑOS)	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)						
														LATITUD	LONGITUD							
1	50789	HUANUCO	LEONCIO PRADO	RUPA RUPA	SUPTO SAN JORGE - NUEVA UNION	BERAUN PIMENTEL ONESIMO			CA CAO		20											
N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg										
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Arena %	Arcilla %	Limo %							Textura	1:1	%	%	ppm	ppm	Ca	Mg	K	Na	Al
1	789-36	MS - UN - 01	69	11	20	Franco Arenoso	4.21	2.44	0.122	6.10	113.95	--	0.920	0.135	0.308	0.152	2.663	0.050	4.23	36	64	63
2	789-37	MS - UN - 02	67	13	20	Franco Arenoso	4.42	2.56	0.128	7.50	160.43	--	0.620	0.128	0.303	0.162	2.850	0.020	4.08	30	70	70
3	789-38	MS - UN - 03	66	14	20	Franco Arenoso	4.29	2.61	0.130	6.02	166.93	--	0.900	0.113	0.287	0.157	2.955	0.030	4.44	33	67	67
4	789-39	MS - UN - 04	65	13	22	Franco Arenoso	4.51	2.68	0.134	5.93	180.42	--	0.900	0.113	0.282	0.143	2.528	0.050	4.02	36	64	63
5	789-40	MS - UN - 05	63	13	24	Franco Arenoso	4.47	2.71	0.136	6.18	191.42	--	0.760	0.113	0.282	0.149	2.940	0.060	4.30	30	70	68
6	789-41	MS - UN - 06	64	12	23	Franco Arenoso	4.46	2.40	0.120	5.32	192.92	--	0.880	0.118	0.308	0.124	2.783	0.060	4.27	33	67	65
7	789-42	MS - UN - 07	63	13	24	Franco Arenoso	4.43	2.42	0.121	5.49	216.41	--	0.960	0.118	0.282	0.144	2.655	0.040	4.20	36	64	63

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO N° 001-0650936

TINGO MARIA, 17 DE JUNIO 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

H. Huamani

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe (e) Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Figura 21. Análisis de suelos en la localidad de Nueva Unión



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		SOTO SABINO GERSON																			
N°	CODIGO DEL LAB.	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	PROPIETARIO	AREA	CULTIVO ANTERIOR	CULTIVO ACTUAL	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (cm)	DENSIDAD DE SIEMBRA	EDAD DEL CULTIVO (AÑOS)	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)					
														LATITUD	LONGITUD						
1	50789	HUANUCO	LEONCIO PRADO	RUPA RUPA	SUPTO SAN JORGE - BUENOS AIRES	TOLEDO ESPINOZA JUAN					20										

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%								
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Arena	Arcilla	Limo							Textura	1:1	%	ppm	ppm	Ca					Mg	K	Na	Al	H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
			%	%	%																								
1	789-29	MS - BA - 01	17	59	24	Arcilloso	4.92	2.56	0.13	6.63	245.89	9.62	0.86	0.14	0.49	0.28	7.35	0.50	9.62	18	82	76							
2	789-30	MS - BA - 02	19	55	26	Arcilloso	4.70	2.61	0.13	6.71	281.38	9.45	1.12	0.20	0.63	0.32	6.74	0.46	9.45	24	76	71							
3	789-31	MS - BA - 03	21	51	28	Arcilloso	4.44	2.50	0.12	5.49	304.37	8.71	1.18	0.24	0.55	0.33	5.96	0.45	8.71	26	74	68							
4	789-32	MS - BA - 04	20	53	28	Arcilloso	4.51	2.54	0.13	8.11	235.40	9.28	0.99	0.15	0.58	0.35	6.74	0.46	9.28	22	78	73							
5	789-33	MS - BA - 05	23	47	30	Arcilloso	4.48	2.66	0.13	6.02	241.89	8.67	1.06	0.13	0.47	0.24	6.31	0.47	8.67	22	78	73							
6	789-34	MS - BA - 06	21	53	26	Arcilloso	4.91	2.42	0.12	5.67	383.83	9.08	1.13	0.19	0.87	0.28	6.12	0.49	9.08	27	73	67							
7	789-35	MS - BA - 07	19	53	28	Arcilloso	4.69	2.37	0.12	6.03	247.89	8.13	0.92	0.12	0.59	0.30	5.73	0.47	8.13	24	76	71							

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO N° 001-0650936

TINGO MARIA, 17 DE JUNIO 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Hugo Alfredo Huamani Yupanqui

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe (e) Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Figura 22. Análisis de suelos en la localidad de Buenos Aires



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		SOTO SABINO GERSON																			
N°	CODIGO DEL LAB.	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	PROPIETARIO	AREA	CULTIVO ANTERIOR	CULTIVO ACTUAL	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (cm)	DENSIDAD DE SIEMBRA	EDAD DEL CULTIVO (AÑOS)	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)					
														LATITUD	LONGITUD						
1	50789	HUANUCO	LEONCIO PRADO	RUPA RUPA	SUPTA SAN JORGE - CHULLACHAQUI	AMADEO SANTAMARIA TOLENTINO					20										

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%					
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Arena	Arcilla	Limo	Textura							1:1	%	%	disponible		Ca					Mg	K	Na	Al	H
			%	%	%											ppm	ppm										
1	789-15	MS - CH - 01	27	43	30	Arcilloso	4.55	2.94	0.147	4.54	87.46	6.84	0.885	0.128	0.108	0.078	5.588	0.050	6.84	18	82	82					
2	789-16	MS - CH - 02	27	41	32	Arcilloso	4.54	2.87	0.144	4.71	104.45	7.15	0.885	0.156	0.109	0.082	5.588	0.330	7.15	17	83	78					
3	789-17	MS - CH - 03	25	41	35	Arcilloso	4.59	2.94	0.147	4.97	90.96	7.07	1.290	0.133	0.112	0.069	5.333	0.130	7.07	23	77	75					
4	789-18	MS - CH - 04	23	41	36	Arcilloso	4.66	2.88	0.144	6.19	90.96	7.23	1.125	0.232	0.105	0.072	5.520	0.180	7.23	21	79	76					
5	789-19	MS - CH - 05	24	41	35	Arcilloso	4.88	2.81	0.141	4.98	107.95	7.01	1.035	0.176	0.108	0.088	5.280	0.320	7.01	20	80	75					
6	789-20	MS - CH - 06	24	42	34	Arcilloso	4.54	2.75	0.137	5.01	81.46	6.65	0.735	0.120	0.083	0.063	5.483	0.170	6.65	15	85	82					
7	789-21	MS - CH - 07	23	42	35	Arcilloso	4.64	2.78	0.139	5.23	104.95	6.86	0.780	0.124	0.083	0.077	5.588	0.210	6.86	16	84	81					

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE:



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

RECIBO N° 001-0650936

Tingo María

TINGO MARIA, 17 DE JUNIO 2022

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe (e) Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Figura 23. Análisis de suelos en la localidad de Chullachaqui



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		SOTO SABINO GERSON																	
N°	CODIGO DEL LAB.	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	PROPIETARIO	AREA	CULTIVO ANTERIOR	CULTIVO ACTUAL	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (cm)	DENSIDAD DE SIEMBRA	EDAD DEL CULTIVO (AÑOS)	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)			
														LATITUD	LONGITUD				
1	50789	HUANUCO	LEONCIO PRADO	RUPA RUPA	SUPTO SAN JORGE - VISTA ALEGRE	----					20								

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%			
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Arena	Arcilla	Limo	Textura							Ca	Mg	K	Na	Al	H					Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
			%	%	%																				
1	789-22	MS - VA - 01	37	35	28	Franco Arcilloso	7.01	3.99	0.200	3.66	153.93	19.93	15.750	3.378	0.488	0.313	0.000	0.000	19.93	100	0	0			
2	789-23	MS - VA - 02	35	37	28	Franco Arcilloso	7.60	3.72	0.186	4.01	100.46	16.61	14.070	1.998	0.335	0.211	0.000	0.000	16.61	100	0	0			
3	789-24	MS - VA - 03	33	35	32	Franco Arcilloso	8.10	3.62	0.181	3.32	112.95	16.99	14.280	2.132	0.331	0.249	0.000	0.000	16.99	100	0	0			
4	789-25	MS - VA - 04	34	36	30	Franco Arcilloso	8.40	3.75	0.187	3.93	100.46	19.00	15.500	2.937	0.327	0.238	0.000	0.000	19.00	100	0	0			
5	789-26	MS - VA - 05	34	36	30	Franco Arcilloso	8.50	3.87	0.194	3.23	118.45	17.48	14.270	2.620	0.338	0.248	0.000	0.000	17.48	100	0	0			
6	789-27	MS - VA - 06	32	37	31	Franco Arcilloso	8.00	3.94	0.197	3.05	127.44	17.41	14.230	2.563	0.388	0.224	0.000	0.000	17.41	100	0	0			
7	789-28	MS - VA - 07	32	37	32	Franco Arcilloso	7.70	3.78	0.189	3.58	168.43	16.43	13.610	2.082	0.431	0.303	0.000	0.000	16.43	100	0	0			

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO N° 001-0650936

TINGO MARIA, 17 DE JUNIO 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe (e) Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Figura 24. Análisis de suelos en la localidad de Vista Alegre



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		SOTO SABINO GERSON														
N°	CODIGO DEL LAB.	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	PROPIETARIO	AREA	CULTIVO ANTERIOR	CULTIVO ACTUAL	RENDIMIENTO (kg/ha)	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (cm)	DENSIDAD DE SIEMBRA	EDAD DEL CULTIVO (AÑOS)	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)
														LATITUD	LONGITUD	
1	50789	HUANUCO	LEONCIO PRADO	RUPA RUPA	SUPTO SAN JORGE - GERVASIO SANTILLANA	ESPIRITU AMBICHO CARMINA					20					

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmo(+)/kg						CICe	%	%	%								
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Arena	Arcilla	Limo							Textura	1:1	%	disponible		Ca					Mg	K	Na	Al	H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
			%	%	%										ppm	ppm													
1	789-1	MS - GS - 01	20	43	37	Arcilloso	6.21	2.25	0.112	3.93	145.44	--	13.07	1.95	0.50	0.11	0.00	0.00	--	100	0	0							
2	789-2	MS - GS - 02	20	41	39	Arcilloso	6.40	2.12	0.106	4.10	165.93	--	14.36	1.28	0.59	0.66	0.00	0.00	--	100	0	0							
3	789-3	MS - GS - 03	21	41	38	Arcilloso	6.39	2.31	0.116	3.32	119.45	--	13.19	2.29	0.43	0.48	0.00	0.00	--	100	0	0							
4	789-4	MS - GS - 04	20	42	38	Arcilloso	5.69	2.06	0.103	4.01	164.43	--	13.16	2.00	0.56	0.48	0.00	0.00	--	100	0	0							
5	789-5	MS - GS - 05	19	43	38	Arcilloso	5.64	2.19	0.109	3.75	156.93	--	13.27	1.93	0.63	0.45	0.00	0.00	--	100	0	0							
6	789-6	MS - GS - 06	20	43	36	Arcilloso	6.30	2.28	0.114	3.58	119.95	--	13.29	2.02	0.45	0.57	0.00	0.00	--	100	0	0							
7	789-7	MS - GS - 07	20	42	38	Arcilloso	6.55	2.05	0.102	3.32	175.42	--	13.10	2.01	0.47	0.56	0.00	0.00	--	100	0	0							

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO N° 001-0650936

TINGO MARIA, 17 DE JUNIO 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe (e) Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Figura 25. Análisis de suelos en la localidad de Gervasio Santillana



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		SOTO SABINO GERSON														
N°	CODIGO DEL LAB.	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	PROPIETARIO	AREA	CULTIVO ANTERIOR	CULTIVO ACTUAL	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (cm)	DENSIDAD DE SIEMBRA	EDAD DEL CULTIVO (AÑOS)	COORDENADAS		ALTITUD (m.a.n.m.)
														LATITUD	LONGITUD	
1	50789	HUANUCO	LEONCIO PRADO	RUPA RUPA	SUPTO SAN JORGE - ATAHUALPA	MATEO ASADO FLOR					20					

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmo(+)/kg						CICe	%	%	%								
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Arena	Arcilla	Limo							Textura	1:1	%	disponible		Ca					Mg	K	Na	Al	H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
			%	%	%										ppm	ppm													
1	789-8	MS - AT - 01	23	39	38	Franco Arcilloso	4.52	2.37	0.119	5.06	139.44	--	1.875	0.203	0.113	0.102	4.433	0.390	7.115	32	68	62							
2	789-9	MS - AT - 02	22	39	38	Franco Arcilloso	4.74	2.50	0.125	4.88	115.45	--	2.850	0.472	0.155	0.077	5.235	0.020	8.808	40	60	59							
3	789-10	MS - AT - 03	22	40	39	Franco Arcilloso	4.80	2.62	0.131	4.97	117.45	--	3.030	0.193	0.108	0.072	4.755	0.360	8.517	40	60	56							
4	789-11	MS - AT - 04	21	40	39	Franco Arcilloso	4.58	2.53	0.127	4.71	98.46	--	1.335	0.218	0.108	0.058	4.590	0.330	6.638	26	74	69							
5	789-12	MS - AT - 05	25	39	36	Franco Arcilloso	4.71	2.39	0.119	4.36	134.94	--	2.265	0.347	0.137	0.083	5.055	0.110	7.997	35	65	63							
6	789-13	MS - AT - 06	24	39	37	Franco Arcilloso	4.78	2.47	0.123	4.80	90.46	--	0.990	0.173	0.110	0.098	4.808	0.280	6.459	21	79	74							
7	789-14	MS - AT - 07	23	39	38	Franco Arcilloso	4.66	2.40	0.120	5.06	87.96	--	0.990	0.138	0.100	0.081	4.680	0.640	6.630	20	80	71							

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO N° 001-0650936

TINGO MARIA, 17 DE JUNIO 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe (e) Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Figura 26. Análisis de suelos en la localidad de Atahualpa