

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA**



**EFFECTO DE ENMIENDAS CÁLCICAS, INORGÁNICAS Y ORGÁNICAS EN
EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE TECA (*Tectona grandis* L.f) EN
CONDICIONES DE CAMPO EN LA REGIÓN SAN MARTIN**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

MAHILER MIRCO VÁSQUEZ GONZALES

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 003-2021-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 25 de Noviembre de 2020, a horas 07:00 p.m. en la Sala virtual Microsof Teams de del Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua para calificar la Tesis titulada:

**“EFECTO DE ENMIENDAS CÁLCICAS, INORGÁNICAS Y
ORGÁNICAS EN EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE TECA
(*Tectona grandis* L.f) EN CONDICIONES DE CAMPO EN LA REGIÓN
SAN MARTIN”**

Presentado por el Bachiller: **VASQUEZ GONZALES, Mahiler Mirco**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“BUENO”**

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

Tingo María, 03 de Febrero de 2021

DR. ROBERTO OBREGON PEÑA
PRESIDENTE



Ing. M. Sc. DIAZ QUINTANA EDILBERTO
MIEMBRO

ING. M. Sc JOSE VICTOR QUIROZ RAMIREZ
MIEMBRO

Ing. JORGE LUIS VERGARA PALOMINO
ASESOR

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



EFFECTO DE ENMIENDAS CÁLCICAS, INORGÁNICAS Y ORGÁNICAS EN
EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE TECA (*Tectona grandis* L.f) EN
CONDICIONES DE CAMPO EN LA REGIÓN SAN MARTIN

Autor	: Bach. Vásquez Gonzales, Mahiler Mirco.
Asesor	: Ing. Vergara Palomino, Jorge Luis. : Ing. Arévalo Hernández, César.
Programa de investigación	: Ciencias básicas.
Línea(s) de investigación	: Ecología y conservación de suelos.
Eje temático de investigación	: Manejo de abonos orgánicos.
Lugar de ejecución	: Instituto de Cultivos Tropicales (ICT).
Duración	: Doce meses.
Financiamiento	: Instituto de Cultivos Tropicales (ICT).
Monto	: 7538

DEDICATORIA

A Dios y al universo.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi familia:

A mis queridos padres **Eleovina Gonzales Tuesta** y **Eloy Vásquez Vela** por su compromiso con mi formación y sobre todo por su comprensión y gran amor, a mis hermanos **Sandro (q.e.p.d.)**, **Marvin**, **Vanessa**, **Tessy** y **Gaby** por el gran afecto que nos une y al apoyo brindado. A mis **sobrinos** y demás familiares.

Se lo dedico a todos...

AGRADECIMIENTOS

- A mi familia por brindarme la formación personal, profesional y el apoyo en la elaboración de la tesis.
- Se agradece el Financiamiento del proyecto al Contrato N° 150-2018-FONDECYT-BM-IADT-SE, cofinanciado por el FONDECYT y el Banco Mundial.
- Al Instituto de Cultivos Tropicales, por brindarme la oportunidad y el soporte para llevar a cabo la investigación.
- A mis asesores de tesis, los ingenieros César Arévalo Hernández y Jorge Luis Vergara Palomino, quienes estuvieron guiándome académicamente con su experiencia y profesionalismo.
- A la comisión de sustentación de tesis, al presidente Dr. Roberto Obregón Peña y a los ingenieros José Víctor Quiroz Ramírez, Edilberto Díaz Quintana, Juan P. Rengifo Trigoso y Fritz Palomino Vera por su apoyo profesional para mejorar el informe.
- A los practicantes, tesisistas y colaboradores del ICT por su apoyo en el desarrollo del proyecto en el periodo de 2018 - 2019.
- A todas las personas que se involucraron directa e indirectamente con la ejecución de esta tesis, gracias a todos.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Sector forestal en el Perú	5
2.2. La fertilización forestal en el Perú	7
2.3. Importancia de la fertilización forestal	8
2.4. Principales factores referente a la fertilización forestal	9
2.4.1. Deficiente aprovechamiento suelos forestales	10
2.4.2. Genética forestal.....	10
2.4.3. Infertilidad de los suelos	10
2.4.4. Desgaste de nutrientes en los suelos forestales.....	11
2.5. Uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos	11
2.5.1. Fertilizantes orgánicos.....	11
2.5.2. Fertilizantes inorgánicos	14
2.5.3. Insumo para encalado	16
2.6. El árbol de la teca.....	17
2.6.1. Origen y distribución de la teca.....	17
2.6.2. Descripción botánica	18
2.7. Propiedades y uso de la teca	19
2.8. Requerimientos ambientales y rango de distribución	21
2.8.1. Climáticas	22
2.9. Factores limitantes	23
2.10. Requerimientos nutricionales	23

2.11. Características morfológicas	24
2.11.1. Diámetro	24
2.11.2. Área foliar.....	25
2.11.3. Altura.....	26
2.11.4. Biomasa seca	26
2.12. Antecedentes	26
2.12.1. Nacionales	26
2.12.2. Internacionales.....	28
III. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1. Lugar de ejecución	33
3.1.1. Características generales de la zona de estudio	33
3.2. Materiales y equipos	34
3.2.1. Insumos	34
3.2.2. Herramientas	34
3.2.3. Equipos.....	34
3.2.4. Componente biológico	34
3.3. Metodología	35
3.3.1. Determinación de sobrevivencia de número de plantas	35
3.3.2. Determinación parámetros biométricos	40
3.3.3. Determinación del efecto de fertilizantes y encalado en atributos químicos del suelo	41
3.4. Diseño experimental.....	42
3.4.1. Análisis de datos.....	43
3.4.2. Prueba estadística.....	43

IV. RESULTADOS	45
4.1. Supervivencia de número de plantas	45
4.2. Parámetros biométricos (Diámetro, área foliar, altura y biomasa seca)	47
4.2.1. Diámetro del tallo	47
4.2.2. Área foliar	51
4.2.3. Altura total	56
4.2.4. Biomasa seca	61
4.3. Efecto de los fertilizantes y del encalado en atributos del suelo (pH, N, P, K, Ca, Mg, M.O.)	70
4.3.1. Niveles de pH	70
4.3.2. Materia orgánica	73
4.3.3. Nitrógeno	75
4.3.4. Fósforo	77
4.3.5. Potasio	79
4.3.6. Calcio	81
4.3.7. Magnesio	83
V. DISCUSIÓN	87
5.1. Supervivencia de número de plantas	87
5.2. Parámetros biométricos (Diámetro, área foliar, Altura y biomasa seca)	88
5.2.1. Diámetro del fuste	88
5.2.2. Área foliar	90
5.2.3. Altura	91

5.2.4. Biomasa seca de hojas, tallos y raíz.....	93
5.3. Cambios en los atributos químicos del suelo (pH, M.O, N, P, K, Ca, Mg)	96
5.3.1. Niveles de pH	96
5.3.2. Materia orgánica.....	96
5.3.3. Nitrógeno	97
5.3.4. Fosforo	97
5.3.5. Potasio.....	98
5.3.6. Calcio.....	99
5.3.7. Magnesio	99
VI. CONCLUSIONES	101
VII. RECOMENDACIONES.....	102
VIII. ABSTRACT.....	103
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
ANEXO	124

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Posición del país en concerniente a la extensión de área de bosques.	6
2. Características propicias para el desarrollo de la teca.	24
3. Indicadores y métodos de determinación.	36
4. Dosis de fertilizantes.	39
5. Diseño experimental.	42
6. Modelo de Análisis de Varianza.	44
7. Número de cultivo de tecas muertas.	45
8. Estadísticos descriptivos para el diámetro del tallo en plantas de teca a 180 días de establecimiento.	47
9. Cuadrados medios y significancia determinado para el diámetro del tallo a diferentes edades desde la plantación de teca.	49
10. Estadísticos descriptivos para el área foliar en plantas de teca a 188 días de establecimiento.	52
11. Cuadrados medios y significancia estadística determinado para el área foliar a diferentes edades desde la plantación de teca.	54
12. Estadísticos descriptivos para la altura total en plantas de teca a 188 días de establecimiento.	57
13. Cuadrados medios y significancia determinado para la altura total a diferentes edades desde la plantación de teca.	59
14. Estadísticos descriptivos para la biomasa de hojas en plantas de teca a 188 días de establecimiento.	62

15. ANVA para la biomasa de hojas en plantas de teca a 188 días de establecimiento.....	63
16. Estadísticos descriptivos para la biomasa del tallo en plantas de teca a 188 días de establecimiento.	65
17. ANVA para la biomasa del tallo en plantas de teca a 188 días de establecimiento.....	66
18. Estadísticos descriptivos para la biomasa de la raíz en plantas de teca a 188 días de establecimiento.	68
19. ANVA para la biomasa de la raíz en plantas de teca a 188 días de establecimiento.....	69
20. Estadísticos para el nivel de pH y su variación durante el experimento.....	71
21. Cuadrados medios para el nivel de pH y su variación durante el experimento.	73
22. Estadísticos para el nivel de materia orgánica y su variación durante el experimento.	74
23. Cuadrados medios para el nivel de materia orgánica y su variación durante el experimento.	75
24. Estadísticos para el nivel de nitrógeno y su variación durante el experimento.	76
25. Cuadrados medios para el nivel de nitrógeno y su variación durante el experimento.	77
26. Estadísticos para el nivel de fósforo y su variación durante el experimento.	78

27. Cuadrados medios para el nivel de fósforo y su variación durante el experimento.	79
28. Estadísticos para el nivel del potasio y su variación durante el experimento.	80
29. Cuadrados medios para el nivel del potasio y su variación durante el experimento.	81
30. Estadísticos para el nivel del calcio y su variación durante el experimento.	82
31. Cuadrados medios para el nivel del calcio y su variación durante el experimento.	83
32. Estadísticos para el nivel del magnesio y su variación durante el experimento.	84
33. Cuadrados medios para el nivel del magnesio y su variación durante el experimento.	85
34. Prueba Duncan para el nivel del magnesio y su variación durante el experimento por efecto de la fertilización.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Porcentaje de mortalidad de número de plantas.....	46
2. Diámetro del tallo en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado y la fertilización.	48
3. Comportamiento del diámetro de tallo en teca bajo el factor encalado.	50
4. Comportamiento del diámetro de tallo en teca bajo el factor fertilización. .	51
5. Área foliar en las plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado y la fertilización.	53
6. Comportamiento del área foliar en teca bajo el factor encalado.	55
7. Comportamiento del área foliar en teca bajo el factor fertilización.	56
8. Altura total en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado y la fertilización.....	58
9. Comportamiento de la altura total en teca bajo el factor encalado.....	60
10. Comportamiento de la altura total en teca bajo el factor fertilización.	61
11. Biomasa de las hojas en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado y la fertilización.	62
12. Biomasa de las hojas en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado.....	64
13. Biomasa del tallo en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado y la fertilización.	65
14. Biomasa del tallo en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado.....	67

15. Biomasa de la raíz en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado y la fertilización.	68
16. Biomasa de la raíz en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado.....	70
17. Nivel de pH y su variación por la aplicación del encalado y la fertilización.	72
18. Nivel de materia orgánica y su variación por la aplicación del encalado y la fertilización.....	74
19. Nivel del nitrógeno y su variación por la aplicación del encalado y la fertilización.....	76
20. Nivel del fósforo y su variación por la aplicación del encalado y la fertilización.....	78
21. Nivel del potasio y su variación por la aplicación del encalado y la fertilización.....	80
22. Nivel del calcio y su variación por la aplicación del encalado y la fertilización.....	82
23. Nivel del magnesio y su variación por la aplicación del encalado y la fertilización.....	84
31. Limpieza mecánica de terreno.	132
32. Labores de trazado y marcado.....	132
33. Apertura de hoyos.	133
34. Aplicación de roca fosfórica, superfosfato triple, y dolomita dentro de los hoyos.	133
35. Instalación de la Teca en campo definitivo.....	134
36. Aplicación de dolomita.	134

37. Fertilización de los tratamientos y cubiertos con tierra y hojarasca.	135
38. Prácticas culturales de desmalezado.	135
39. Medición de área foliar, planta con tratamiento orgánico.	136
40. Determinación del diámetro con el Vernier electrónico.	136
41. Obtención de ultima muestra de suelos.	137
42. Extracción de hojas del cultivo de teca.	137
43. Extracción del tallo del cultivo de teca.	138
44. Extracción de la raíz, del cultivo de teca.	138
45. Lectura de macronutrientes con el espectrofotómetro.	139

RESUMEN

El cultivo forestal de teca (*Tectona grandis* L.f) lleva más de veinte años en el Perú. Fue introducido de la India por su gran demanda como madera roja, pero aún no se acentúa como para hacer una producción a gran escala, debido a la escasa información sobre su manejo que existe en nuestro país. La investigación se realizó en el Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), Banda de Shilcayo. Con el objetivo de evaluar el efecto de las enmiendas cálcicas (dolomita), inorgánicos (Sulfato de Potasio, Súper Fosfato Triple y Urea) y orgánicas (Guano de Isla, Roca Fosfórica, Gallinaza); en el crecimiento del cultivo de Teca bajo condiciones de campo en la región San Martín, Perú. Se trabajó con el Diseño de Parcelas Divididas (DPD) con arreglo factorial de 2 (Dolomita y sin Dolomita) x 4 (Fertilizante inorgánico, Fertilizante orgánico, Juntos (orgánico + inorgánico) y Ninguno), con dosis de 50 – 150 – 250 Ton/ha. Se evaluaron sobrevivencia, parámetros biométricos y atributos del suelo. Los resultados indican que se obtuvo menor mortalidad y un mayor valor promedio en los parámetros biométricos de la teca, en suelos encalados con aplicación de fertilizante orgánico: Diámetro (28.74 mm), área foliar (2777.17 cm²), altura (113.64 cm), biomasa de hojas (176.55 g) de tallos (82.59 g) y de raíz (82.76 g), determinando diferencias significativas por parte del factor de encalado, sin interacción con otros factores en estudio. Contrario al efecto en el suelo donde solo obtuvo diferencias significativas en Mg tras la aplicación de fertilizante. Concluyendo que no hubo una interacción significativa entre la dolomita y los fertilizantes, pero si respuestas significativas por parte de la dolomita debido al carácter calcáreo de la Teca y efectos positivos por el fertilizante orgánico.

I. INTRODUCCIÓN

El 61.4% de la región selva peruana presenta condiciones para bosques de producción forestal, el 25,0% para áreas de protección y sólo el 13,6% para producción agropecuaria, (RODRÍGUEZ, 1995). Siendo un gran potencial para el país desarrollar negocios forestales y al mismo tiempo de conservar y reforestar zonas degradadas.

Actualmente, la Teca (*Tectona grandis* L.f), tiene gran auge debido a su gran valor comercial; en el año 2006, la madera proveniente de bosques naturales y de 40 años, tenía un precio que oscilaban entre 225 a 1,000 dólares por metro cubico (ANANTHA, 2006). Tras el agotamiento de la madera de boques endémicos, realizar plantaciones se convierten en una alternativa importante de este insumo, con una alta viabilidad de adecuándose en diversos países de climas tropicales (UGALDE, 2013). La alta demanda de este producto se atribuye a sus usos múltiples desde ebanistería, construcción naval, artesanía, construcciones rurales y carpintería en general (HUSEN y PAL, 2003), además, la alta calidad de la madera, rápido crecimiento y gran adaptabilidad que tiene en los diferentes continentes de Asia tropical, África, América Latina y Oceanía, considerándose una especie exótica que no amenaza a los ecosistemas locales (CAMINO y PIERRE, 2013).

Una de las grandes deficiencias en investigación forestal en nuestro país, es la poca información sobre el manejo tecnificado del cultivo de teca, que en muchos casos se siembran, sin tomar en consideración el contexto de la zona, la fertilidad del suelo y las exigencias nutricionales de la especie. VAIDES (2004), señala que, para plantaciones de teca, en su mayoría estiman solo el rendimiento maderable a futuro, sin antes realizar un análisis del suelo para ver la disposición de nutrientes y mediante los datos realizar un plan de fertilización, lo que conllevará a una producción maderera de calidad lo que hará más fácil su industrialización. (CUTTER *et al.*, 2007 y SARANPÄÄ, 2003). En relación con la problemática indicada se enuncio la siguiente incógnita ¿Cuál es el efecto de enmiendas cálcicas, inorgánicas y orgánicas en el crecimiento del cultivo de Teca en condiciones de campo en la región San Martín?

De esta forma, una de las principales actividades en el manejo tecnificado forestal es la fertilización de cultivos forestales, pues está directamente relacionada con su nutrición, crecimiento y calidad de la madera (CUTTER *et al.*, 2007). No obstante, es importante considerar los efectos de la acidez en los suelos, por lo que enmiendas como la cal agrícola y dolomita han sido utilizadas en otros países con resultados satisfactorios (PONTES, 2011). Los fertilizantes orgánicos (guano de isla, gallinaza y roca fosfórica), fertilizantes inorgánicos (N, P, K), y el uso de enmiendas cálcicas (dolomita) pueden ayudar a mejorar los atributos del suelo, mejorando sus características para el crecimiento de la teca. Además, el uso de fertilizantes orgánicos puede ayudar a la reducción del estrés por acidez además de su lenta solubilidad que aportarán nutrientes en un largo periodo a este cultivo (FONSECA, 2004).

Esta investigación ayudará a determinar la respuesta a la aplicación de enmiendas calcáreas y a la fertilización de abonos orgánicos e inorgánicos durante el primer año de crecimiento, con el fin de cuantificar las variables biométricas, producidos por el efecto de los fertilizantes al suelo, de esta manera mejorar su establecimiento y mantenimiento en condiciones sostenible y productivas, ya que estas acciones involucran una inversión económica, se espera que los beneficios sean acordes a la rentabilidad de su aplicación. Se plantea como hipótesis: el “efecto de la aplicación de enmiendas cálcicas, inorgánicas y orgánicas, acelerarán el crecimiento del cultivo de teca (*Tectona grandis* L.f) en las condiciones de campo en la región San Martín”. Además, se espera, que se pueda romper el mito de que las plantaciones forestales no necesitan ser corregidas ni fertilizadas para obtener buena productividad. En base a lo mencionado se plantean los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de las enmiendas cálcicas, inorgánicas y orgánicas en el crecimiento del cultivo de teca (*Tectona grandis* L.f) bajo condiciones de campo en la región San Martín.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar sobrevivencia de número de plantas.
- Determinar parámetros biométricos (Diámetro, área foliar, altura y biomasa seca).

- Determinar el efecto de Fertilizantes y del encalado en atributos del suelo (pH, M.O, N, P, K, Ca, Mg).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Sector forestal en el Perú

Para LEGUÍZANO (2004) la parte forestal comprende actividades económicas, sociales y ambientales que se ejecutan en las comunidades, organizaciones no gubernamentales, empresas y el gobierno, concernientes a la comprensión, conservación, administración, uso y aprovechamiento de los bienes, servicios y valores que generan los ecosistemas forestales.

Para la FAO (2015) el sector peruano comprende un gran potencial forestal, ya que cuenta con gran superficie de bosques naturales, ocupando el segundo puesto en América Latina y el noveno en el mundo ver (Cuadro 1). Sin embargo, los volúmenes de exportación de productos forestales son menores del 1% de las exportaciones globales, (MINCETUR, 2018).

MINAM y MINAGRI (2011) la amazonia esta recubiertas por un total de 73.09 ha de superficie de área de bosque, ocupando el 61% del ámbito total del país, para la IIAP (1998), del total de porcentajes de bosques de la amazonia, la mayor proporción se encuentra en los departamentos de Loreto (28.7); Ucayali (7.9%); Madre de Dios (6.6%) y San Martin (3.9%), seguido por 12 departamentos más.

LAPEIRE *et al.* (1973) afirman que los suelos de las áreas tropicales bajas del Perú en su mayoría son acidas, de baja capacidad de intercambio catiónico, y bajo presencia de materia orgánica, de tal manera, que también existe deficiencias nutricionales de los elementos K, Ca, Mg, P y N, al contrario, a los elementos de Al y Mn que se encuentran con mayor predominancia, lo que ocasiona toxicidad en el suelo. Para la FAO (1971); COCHRANE *et al.* (1979) la selva peruana presenta suelos ácidos debido a que gran parte de los suelos son ultisoles (49.2 ha) seguidos por Entisoles (128 ha), Inceptisoles (10.5 ha), Alfisoles (2.3 ha) y Espodosoles (0.1 ha).

Cuadro 1. Posición del país en concerniente a la extensión de área de bosques.

Posición	Territorio	Superficie-área de bosque (en millones de hectáreas)	Superficie-área de bosque (en %)
1	Rusia	808.79	20.47
2	Brasil	477.70	12.09
3	Canadá	310.13	7.85
4	Estados Unidos	303.09	7.67
5	China	197.29	4.99
6	Australia	163.68	4.14
7	Congo	133.61	3.38
8	Indonesia	88.50	2.24
9	Perú	73.04	1.85
10	India	67.70	1.71
13	Colombia	60.73	1.54
15	Bolivia	58.74	1.49

16	Venezuela	47.71	1.21
19	Argentina	33.02	0.84
31	Paraguay	18.48	0.47
35	Chile	16.12	0.41
49	Ecuador	10.85	0.27
74	Panamá	4.29	0.11
96	Costa Rica	2.39	0.06
Total, mundial		3,952.03	100.00

Fuente: FAO, 2015.

2.2. La fertilización forestal en el Perú

GUARIGUATA *et al.* (2017) consideran que en la actualidad las plantaciones forestales en el Perú presentan una baja productividad, consecuencia de un incorrecto manejo silvicultural, del uso de semillas de baja calidad genética, del carente manejo de mejoramiento de suelos y la inexactitud de criterio al seleccionar los sitios. QUISPE s.f, manifiesta que algunos incrementos anuales de las plantaciones en las regiones varían entre 5 y 7 m³/ha/año en Sierra y 15 y 20 m³ /ha/año en Selva.

La falta de información en torno al tema de manejo nutricional en plantaciones forestales en el Perú ha conllevado a que en muchos proyectos se implementen planes de fertilización sin un conocimiento técnico apropiado, situación que ha desencadenado en plantaciones de baja productividad, especialmente en las áreas con suelos de baja fertilidad natural y/o que presentan alguna restricción física para el desarrollo de las raíces, lo que limita la absorción de los nutrientes (ALVIN, 1982).

Para PETER *et al.* (2003) los suelos en el Perú presentan gran diversidad y tienen un origen aluvial o coluvio-aluvial. Según BRACK *et al.* (1994) la amazonia dispone de diversos tipos de suelos, de los cuales son pobres, ya que dependen de la biomasa de su vegetación, en su gran medida son ácidos y con alto predominancia de aluminio.

BRACK *et al.* (1994) manifiestan que, el 95% de los nutrientes de los bosques son compuestos por la descomposición de las partes de la planta. JAIME y FRANCO (1997) indican que, la fertilización a especies forestales no es muy practicada, siendo el principal aporte de nutrientes para los árboles su propia hojarasca.

2.3. Importancia de la fertilización forestal

Para VON MAREES (1998) la silvicultura se ha intensificado y esto se ve expresado en el afán de fertilizar para reducir complicaciones de crecimiento a causa de carencias nutricionales, práctica que se ha vuelto usual hoy por hoy en gran parte del cosmos.

Para RUIZ *et al.* (2001) la fertilización se aplica para apresurar el desarrollo y acrecentar la sobrevivencia, tanto en plantas en vivero como ya establecidas en campo, para su aplicación se necesita conocer la demanda nutricional de la planta, como también la capacidad del terreno, de esta manera asegurar su nutrición.

Para realizar la fertilización, es necesario determinar los análisis físicas y químicas tanto del suelo como de la planta, para tener en cuenta las dosis y estación óptima para la aplicación de los nutrientes, igualmente es

necesario conocer el clima local, ya que esto nos permitirá calzar muchos puntos con relación al suelo, planta y clima de modo que se empleen de manera optimizada los fertilizantes (TORO, 1995).

Para ZEVALLOS (2017) la fertilización representa una inversión económica, a tal modo que los resultados en las especies forestales deben ser buenos y rentables. FONSECA (2004), manifiesta que para aplicar fertilizantes se deben realizar estudios del suelo y en base a esos datos tomar decisiones, y así evitar gastos económicos innecesarios.

Para RUBILAR *et al.* (2008) la aplicación de fertilizantes a plantaciones intensivas, bajo un control de malezas, es una manera de aumentar la productividad forestal a especies de rápido crecimiento. En este contexto, la fertilización es una de las prácticas que ha demostrado ser determinante en la productividad forestal pues a través del aporte adecuado de nutrientes, un árbol es capaz de expresar su máxima capacidad productiva.

La planificación de los proyectos de reforestación comercial, de acuerdo con lo anterior, debe buscar entonces eficiencia en esta práctica, a partir de dosis y fuentes de fertilizantes que aporten los nutrientes en una forma balanceada, acorde a las necesidades de las especies, a las características del suelo, y que sean, también, económica y técnicamente viables para permitir los retornos económicos esperados.

2.4. Principales factores referente a la fertilización forestal

Para MAKI (1966) algunos de los factores primordiales con respecto a la fertilización forestal son:

2.4.1. Deficiente aprovechamiento suelos forestales

Para MAKI (1966) los suelos de alta calidad para la producción maderera continuamente vienen siendo transformados a otros usos como para la obtención de cultivos, huertos, prados o pastizales. La modificación por el cambio de usos de tierras termina dañando la estructura del suelo en cuanto a características físicas, lo que ocasiona la pérdida de fertilidad. Para recuperar tales zonas empobrecidas y prosperar el crecimiento de especies forestales en un menor lapso, se tienen que tomar medidas específicas, como el uso de fertilizantes para la regeneración del suelo, ya sea en esa u etapa del crecimiento.

2.4.2. Genética forestal

MAKI (1966) se refiere al esfuerzo dedicados y dirigidos a la genética forestal, con el objetivo de obtener estirpes de árboles forestales de un acelerado crecimiento. La experiencia con cultivos agrícolas con estirpes mejorados ha demostrado mayores rendimientos en frutos, semillas, óleo o fibras siempre y cuando se cultiven en suelos fértiles, de esta manera aprovechar el potencial genético. El mismo autor considera que pasaría lo mismo con las modificaciones genéticas en el ámbito forestal, por lo cual se requerirá suelos con alta fertilidad, a lo cual se deben asegurar con planes de fertilización para aprovechar los beneficios de su potencial genético en condiciones óptimas.

2.4.3. Infertilidad de los suelos

Para MAKI (1966) en los suelos forestales se evidencia una creciente infertilidad, se desconoce en qué manera afectaría la obtención

maderera. Lo que se conoce es que al trabajar con fertilizantes en parcelas se obtienen buenos resultados en cultivos, lo que conlleva a pensar que los nutrientes no se encuentran disponibles del todo en el suelo. Por lo cual aplicar fertilizantes en cultivos forestales resulta importante en un óptimo su desarrollo.

2.4.4. Desgaste de nutrientes en los suelos forestales

Para MAKI (1966) en diversas indagaciones a través de los años, se ha confirmado que el empobrecimiento del suelo se debe por la remoción continua de los árboles, almacenados en el tronco y la corteza, reduciendo los nutrientes del suelo a un grado significativo, más aún en suelos de baja fertilidad, obteniendo una producción maderera con menor vigor, lo cual se puede evitar mediante la fertilización, lo que quedaría justificado su uso.

2.5. Uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos

2.5.1. Fertilizantes orgánicos

VALERIO (2000) considera al abono orgánico como uno de los fertilizantes más antiguos, su producción y uso en la agricultura viene desde 1980, donde se promovían su uso por regímenes de desarrollo integrado como fuentes orgánicas en las plantas, no solo por suplir los nutrientes, si no por sus efectos positivos en las propiedades del suelo y su efecto residual en tiempo. Los fertilizantes orgánicos más usados son:

a) La gallinaza

Para MURILLO (1996) considera que se conoce como gallinaza al excremento de ave de corral sola o en composición con cascarilla de arroz y cal,

materias vertidos al piso de los gallineros. GAYAN (1959) manifiesta que es un fertilizante de gran valor, por su composición amoniacal e hidocarbonatos de alto aprovechamiento hacia las plantas, como también un mejorador de la estructura del suelo ya que reduce la acidez por la presencia de ácido fosfórico y cálcico del fertilizante.

Para HERNÁNDEZ y CRUZ (1993) el excremento de gallinas es un gran fertilizante orgánico, de rápida acción, debido a que contiene los mismos nutrientes indispensables para los cultivos que los demás estiércoles, pero en mayor cantidad, como cualquier estiércol de granja, su composición cambia dependiendo su distribución, acumulación y cantidad de camas. Los mismos autores mencionan que el nitrógeno total es un nutriente que es afectado por la humedad, que termina convirtiéndose en amoníaco y al final se evapora, tras la presencia de bacterias que desdoblan el ácido úrico del excremento. Otra característica importante de la gallinaza es su alta composición de calcio, alcanzando un promedio de 6%, en ciertos casos pueden alcanzar de 10% - 12%.

Para la FAO (2009) la gallinaza contribuye a mejorar las condiciones químicas del suelo, asimismo presenta mayor cantidad de calcio que otros abonos orgánicos.

b) Guano de isla

Para GUERRERO (1993) el guano de islas está compuesto por excrementos de aves (Pelicano, piquero y guanay) que residen en el litoral del Perú, restos de aves muertas, plumas y huevos, los cuales pasan por una

fermentación lenta lo que permite que mantengan sus sales. Para MUSTIN (1987), es un abono de calidad de fácil asimilación para los cultivos. Descubierto en América Latina hace más de 1500 años, su composición química consta de 12% de N, 11% de P y 2% de K.

Para PROABONOS (2008) es un gran fertilizante orgánico, que presenta un elevado contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, entre otros elementos esenciales, considerándose como uno de los fertilizantes más completos. Conociéndose yacimientos tan antiguos que los propios incas lo usaban en sus cultivos.

Para RAAA (2005) el guano de islas presenta grandes propiedades tales como: Solubilidad en agua, de fácil aprovechamiento por las plantas, biodegradable e incrementador de la actividad microbiana en el suelo.

c) Roca fosfórica

Para Horowitz, 1998; citado por LEMOS *et al.* (2004) es un fertilizante de origen natural, con buena relación precio calidad por unidad de nutrientes, con menor concentración y lenta solubilidad a diferencia de fertilizantes químicos, manteniendo una solubilización progresiva por más tiempo en suelos ácidos, al mismo tiempo un aporte de P.

BRENES y BORNEMISZA (1992) consideran que la roca fosfórica es un fertilizante muy económico, con efectos a largo plazo, obteniendo resultados menores y variables por sí solos, dependiendo de los componentes del suelo por lo cual LUGO *et al.*, (2009), recomienda su aplicación para cultivos

permanentes, debido a su lenta solubilidad y fosforo disponible por largos periodos.

TAKASHI y NAGANO (1967) afirman que usar la roca fosfórica con otros fertilizantes como estiércol o gallinaza, se obtienen mejores resultados debido a que aumenta el fosfato.

GUERRERO (2000) manifiesta que el uso de la roca fosfórico en ambientes de suelos ácidos tiene un gran beneficio, debido a que libera el fosforo disponible de manera lenta para la planta.

ZAPATA y VILLAGARCIA (1983) afirman que en el Perú se encuentro uno de los yacimientos de fosfatos más sustanciales del Pacífico, ubicados en el departamento de Piura, con una provisión de 10 millones Tm.

ZAPATA y ROY (2007) consideran que su uso industrial pueden ser fosfatos solubles en agua o como fuente de fosforo, para su aplicación directa en la agricultura.

2.5.2. Fertilizantes inorgánicos

Para LANDIS (1989) los fertilizantes inorgánicos por estatuto deben asegurar la presencia de los tres macroelementos primarios (NPK) en el recipiente del abono: El nitrógeno en porcentaje, el fosforo y potasio en presentación oxida del elemento como porcentaje, el fósforo como (P_2O_5) y potasio tal que (K_2O). Los más usados son:

a) Urea

La urea es un fertilizante sólido nitrogenado, bastante empleado en el mundo, por su alto contenido de N y eficacia, de fácil manera de transportar y aplicar. En la naturaleza lo encontramos dentro de la orina de los animales. (IPNI, 2019).

b) Superfosfato Triple

PRIMO *et al.* (1973) afirma que es un fertilizante fosfatado en forma de sales de ácidos fosfóricos en grados de deshidratación, obtenidos de la reacción entre fosforitas y ácidos fosfóricos, contienen entre 40 y 49% de P_2O_5 aprovechables para las especies vegetales, considerándose el doble de superioridad que el super fosfato normal.

FAO (2002) manifiesta que el superfosfato con 46% de P_2O_5 no presenta azufre ni calcio en su composición, presentando fosfatos solubles al agua, facilitando la disponibilidad para los cultivos.

c) Sulfato de Potasio

Para REQUENA (2019) el sulfato de potasio o también denominado SOP “es una excelente fuente de nutrición K para las plantas. La porción de potasio del K_2SO_4 no es diferente de otros fertilizantes potásicos comunes. Sin embargo, también proporciona una fuente valiosa de azufre, que requieren la síntesis de proteínas y la función enzimática. Además, las adiciones de Cl deben evitarse en ciertos suelos y cultivos. En tales casos, K_2SO_4 es una fuente de K muy adecuada”.

IPNI (2019) consideran que el fertilizante potásico es empleado para optimizar el crecimiento de las plantas en suelos con deficiencias nutricionales, se

extraen de depósitos de sal ubicados en todo el mundo. Potasa proviene por su composición del sulfato de potasio (K_2SO_4) entre otros fertilizantes potásicos como el cloruro de potasio (KCl).

2.5.3. Insumo para encalado

COLEMAN *et al.* (1958) manifiestan que el uso de encalado ayuda a neutralizar el Al, H y Mn intercambiables y suplir la deficiencia de calcio y magnesio en el suelo ayudando a incrementar el pH del suelo, además reduce el porcentaje de aluminio y aumenta la saturación de bases.

Para MOLINA y ESPINOSA (1999) afirma que la dolomita está formada por carbonato doble de calcio y magnesio, con una concentración de 21.6% de Ca y 13.1% de Mg, su reacción es progresiva en el suelo, con una ventaja a comparación de otras enmiendas cálcicas de poseer Mg, elemento deficiente en suelos ácidos y de gran importancia para las plantas.

Para BAILEY (1995) afirman que las enmiendas calcáreas, no solo incrementan el pH en el suelo, sino que también incrementan la capacidad de intercambio catiónico y la actividad microbiana. Para HARRIS *et al.* (1997) y WHEELER (1998) estas enmiendas favorecen la mineralización de la materia orgánica, lo que conlleva la liberación de nutrientes.

Con la aplicación del encalado, se aumenta la disponibilidad de calcio y magnesio (GARCÍA *et al.*, 1986; LÓPEZ, 2004). Para BARBER (1995) entre el calcio y el potasio existe una relación antagónica, lo que interfiere en la disponibilidad del potasio.

2.6. El árbol de la teca

Según FONSECA (2004), la teca (*Tectona grandis* L. f) presenta la siguiente clasificación sistemática:

- Reino : Plantae
- Filum : Spermatophyta
- Subphylum : Angiospermae
- Clase : Dicotyledonae
- Orden : Lamiales
- Familia : Lamiaceae (Verbenaceae)
- Especie : *Tectona grandis* L.f

2.6.1. Origen y distribución de la teca

PANDEY y BROWN (2000) manifiestan que la teca (*Tectona grandis* L.f), es reconocido en el mundo, por ser una de las maderas más frondosas, y poseer una excelente fibra, de color claro y gran dureza. Para De CAMINO y MORALES (2013) el cultivo de teca es una especie endémica propia de la India, Myanmar, la República Democrática Popular Lao y Tailandia, y se ha adaptado en Java (Indonesia), donde posiblemente se introdujo de 400 a 600 años atrás, asimismo se ha determinado en toda la zona tropical de Asia, en el África tropical (Côte d'Ivoire, Nigeria, Sierra Leona, la República Unida de Tanzania y Togo) y en América Latina y el Caribe (Costa Rica, Colombia, Ecuador, El Salvador, Panamá, Trinidad y Tobago y Venezuela) (PANDEY y BROWN, 2000).

La teca ha llegado a expandirse en algunas de las islas de la región del Pacífico (Papua Nueva Guinea, Fiji y las Islas Salomón) y de manera experimental en el norte de Australia, (PANDEY y BROWN, 2000).

2.6.2. Descripción botánica

CHAVES y FONSECA (1991) afirmaban que es una especie latifoliada de la familia Verbenaceae. Puede alcanzar alturas mayores a 50 m y diámetros de 2 m en su zona de procedencia. Presenta un fuste recto, de corteza áspera y delgada de 1.2 milímetros de grosor, de tono café claro que se desprende en planchas grande y delgadas. Para CATIE (2016) no emana ningún olor.

Para (Benthall, 1933; Streets, 1962 citados por CHAVES y FONSECA 1991) el árbol de teca muestra una predominancia apical, que se disipa en la madurez o a temprana edad cuando empieza a florecer, formándose una copa extensa de numerosas ramas.

Presentan hojas simples, contrapuestas, con medidas de 11 a 85 cm largo y 6 a 50 cm ancho, de peciolo robustos limbos flexibles y resistentes, con nervios sobresalientes en ambos lados de la cara (López, 1977 y Aristeguieta, 1973 citados por CHAVES y FONSECA 1991).

La teca presenta un racimo ramificado de flores erguidas de 40 cm hasta 1 m de largo, pedicelos de 1 a 4 mm de longitud, con brácteas foliáceas grande y numerosos de manera lineal lanceoladas. La flor es de forma campanulado de tono amarillo verdoso, estilo de tono blanco amarillento con presencia de pelos extendidos, estigma dividido de un tono blanco amarillento.

Ovario cónico con vellosidad, con 4 celdas, (Benthall; López y FAO 1975 citados por CHAVES y FONSECA 1991).

El fruto es de forma de un globo aplanado, exocarpo delgado y tomentosa; con endocarpo grueso. Exhibe cuatro celdas que recluyen una a dos semillas de 5 mm de longitud, (López, 1977; Aristeguieta, 1973; Little y Dixon, 1969 citados por CHAVES y FONSECA 1991).

La floración y la producción de semillas fértiles se da entre los 15 y 20 años, aunque habido casos donde la floración se da entre los cinco y ocho años, (FAO, 1975 citados por CHAVES y FONSECA 1991).

La floración se da en meses de lluvias de junio a setiembre y la fecundidad de frutos a inicio del verano de febrero a abril, presentando entre 800 a 1780 frutos por kilogramo, (FAO, 1975; MAGINI y TULSTRUP, 1968 citados por CHAVES y FONSECA 1991).

Su raíz es pivotante, presenta gran cantidad de rices laterales, es sensible a la falta de oxígeno, estableciéndose a poca profundidad (30 cm) por lo cual requiere suelos bien drenados. (FONSECA, 2004).

2.7. Propiedades y uso de la teca

BHAT (1998) y KEOGH (2013) consideran que es una de las mejores maderas debido a sus grandes propiedades, catalogándose a nivel mundial como una de las más preciadas a la par de la caoba y del cedro. Siendo su principal fortaleza su duramen, que le dotan de: durabilidad natural, combinación de bajo peso específico con resistencia, facilidad de trabajar con herramientas, estabilidad dimensional, aguante a hongos, termitas y químicos.

TROUP (1921) afirma que en la India la teca se usaba para las edificaciones de casas, puentes y muelles, partes de ferrocarril y rayos de las ruedas. (CHUDNOFF 1985; LONGWOOD 1961) manifiestan que después de comprobar la duración de la manufactura de la madera de teca, se integró su uso como módulos de lucido ornamento en construcciones navales.

LITTLE y WADSWORTH (1964) manifiesta que de la madera de teca se pueden fabricar todo lo concernientes a una casa con acabados y tallados, como también instalaciones de laboratorio con depósitos y barriles de grandes dimensiones. MENDIOLA *et al.* (2016) afirman que la teca presenta un aceite que evita la oxidación de los clavos y la madera no sufra cambios al entrar en contacto con metales. Para DASTUR (1977) su uso se extiende a instrumentos musicales como órganos y armonios, pianos, llaves para violines y pipas de tabaco.

SINGH *et al.* (1983) manifiestan que, de los restos de madera de teca, se realizan tríplex, madera comprimida, tableros de fibra. De la sabia extraída de su corteza y hojas se elabora un producto para pintar seda.

REDDY y REDDY (1984) afirman que en la India a las hojas secas de teca se usan como alimento paletizado para mamíferos ovejunos. DASTUR (1988) manifiesta su uso de la hoja de teca en la medicina, para tratamientos de trastornos menstruales y como una solución para la higiene bucal.

CARBALLO (1994); FAO (2007) consideran que las plantaciones madereras aparte de brindar beneficios económicos; aportan favores ambientales y sociales tales como: restablecer el hábitat natural de la fauna, captura de carbono, mejora la calidad del aire, paisajísticos y recreación.

2.8. Requerimientos ambientales y rango de distribución

Para De CAMINO y MORALES (2013) manifiestan que es importante considerar los requerimientos ambientales para realizar un negocio forestal, lo cual involucra determinar el lugar, suelo, clima, etc. El lugar debe coincidir con la ecología de la especie forestal para que pueda desarrollarse con todo su potencial.

BRISCOE (1995) y LAMPRECHT (1990) afirman que la teca crece en gran variedad de suelos, pero alcanza un mejor desarrollo en suelos franco-arenosos a arcillosos, fértiles, profundos, bien drenados y pH levemente ácidos a neutros, entre 5 y 8.5.

Para FONSECA (2004) afirma que el suelo es un aspecto importante para el cultivo de teca, variable como el pH, la presencia de aluminio, la disponibilidad de macronutrientes, se tienen que tomar en cuenta al seleccionar los sitios para sembrar.

De CAMINO y MORALES (2013) manifiestan que las zonas tropicales presentan temperaturas entre caluroso y templado, algo que se da en la selva por presencia de lluvias, que a su vez asimilan el hábitat de origen de la teca en India y el sureste asiático al darse las variaciones en relación del clima y el suelo.

FRANKLIN *et al.* (1987); CRECENTE-CAMPO *et al.* (2009) manifiestan que la mortalidad de un árbol depende de varios factores como su estado fisiológico, la genética, el ambiente, etc. Para WARING y PITMAN (1987) considera que los árboles se mueren por estrés provocados por factores

externos, al no conseguir movilizar suficientes recursos producto del estrés. LEE (1971) determina dos tipos de mortalidad, la mortalidad irregular provocados por catástrofes naturales como incendios forestales, plagas, etc, (KNEESHAW y BERGERON, 1998); y la mortalidad regular originado por la competencia entre factores abióticos y la planta como competencia por nutrientes del suelo, agua, luz, (PEET y CHRISTENSEN, 1987; CRECENTE *et al.*, 2009).

2.8.1. Climáticas

a) Temperatura

VALLEJOS y ZAPATA (2018) afirman que la teca crece en climas tropicales muy calurosos. Acorde con RAO (1991), la temperatura media va de 30° a 41°C, aguanta temperaturas límites de 48°C y mínimas de 4.5°C, siendo la temperatura optima entre 15,5° a 37,7°C. Para RAO (1991), la teca es una especie demandante de energía solar en rangos de 75 a 95% para su normal desarrollo y crecimiento.

b) Precipitación

Ensayistas como CATIE (1986), Webb (1980), Bauer (1982), FAO (1975) y Bell (1973), citados por CHÁVEZ y FONSECA (1991) manifiestan que el rango de precipitación para su crecimiento de la teca se da entre 1250 y 2500 mm al año. Es por ello por lo que ALVARADO (2006) sugiere evitar estaciones secas prolongadas, debido al gasto de energía al cambiar de hoja dos veces al año.

2.9. Factores limitantes

Para CHÁVEZ y FONSECA (1991) la teca presenta limitaciones para crecer en altitudes mayores a 1000 msnm; siendo un factor ambiental importante, al descubrir un mayor rendimiento por debajo de los 1000 msnm. Para CHÁVEZ (1989) es mejor no sembrar teca en pendientes mayores a 30% en la parte media y la cima de las laderas, para prevenir problemas de erosión. Para los autores SALAZAR y ALBERTIN (1974); ALVARADO (2006) sugieren evitar sitios con estaciones secas prolongadas o lluvias con etapas muy cortas, debido al gasto de energía de la teca al cambiar de hoja dos veces al año.

La teca es susceptible a la falta de fósforo, su deficiencia provoca la disminución de la biomasa radicular lo que afecta el desarrollo y la salud de la especie. El retorno del elemento fósforo y potasio por medio de la hojarasca al suelo es menor a comparación de los elementos como calcio, nitrógeno y magnesio, (MOTHES *et al.*, 1991; FONSECA, 2004).

En Costa Rica, ALVARADO y FALLAS (2004) afirman que el crecimiento inicial de la teca se ve afectado por la saturación de acidez mayores al 8% y con una saturación de calcio por debajo de 50%.

2.10. Requerimientos nutricionales

Los autores CHAVEZ y FONSECA (1991); WEAVER (1993) manifiestan que la teca crece en suelos fértiles con presencia de Ca y Mg, a lo que VÁSQUEZ y UGALDE (1995); VALLEJOS (1996) consideran que el contenido de Ca^+ Mg^+ k^+ debe ser mayor a 10 meq/100 ml en los primeros 15 cm de suelo, con una saturación de bases mayor al 30%, donde el Ca presente una

saturación mayor al 50% dentro de 20 – 30 cm de profundidad y la saturación Mg mayor entre 15 – 20% entre una profundidad de 10 cm. VALLEJOS (1996) y MONTERO (1999) afirman que el cultivo de teca a partir del noveno año, presenta mayor requerimiento nutricional, siguiente el orden de: K>Ca>N>P>Mg.

Cuadro 2. Características propicias para el desarrollo de la teca.

Altitud	0 – 1200 (Óptimo: 0 - 600)	Suelos	Profundos y fértiles
Precipitación	1000 – 3750 (Óptimo: 1600 - 2500)	Textura	Franco arenoso, franco arcilloso
Estación seca	3 – 5 meses	pH	>5.5
T° máx media mes más cálido	25 – 39 °C	Drenaje	Bien drenado
T° máx media mes más frío	12 – 24 °C	Pendiente	Terrenos planos a ondulados, con pendientes no mayores al 30 por ciento.
T° media anual	24 – 30 °C		
Factores limitantes:	No soporta suelos inundados, arcillosos, poco profundos (menos de 90 cm), erosionados o compactados ni ácidos. Es susceptible a daño por vientos fuertes.		

Fuente: CATIE (2016).

2.11. Características morfológicas

2.11.1. Diámetro

PRIETO *et al.* (2003) y PRIETO *et al.* (2009) manifiestan que el diámetro está relacionado la robustez del tallo el cual determina mayor sobrevivencia en campo, según estudios a un mayor grosor de 5mm es más

resistente y tolerante a plagas y doblamientos, aunque esto dependerá del tipo de especie.

El diámetro es un parámetro de la robustez de la planta que ayuda a determinar a futuro el crecimiento y la supervivencia en campo, (Cleary *et al.*, 1978 y Thompson, 1984; citados por GARCIA, 2007).

Estudios relacionados con plantas germinadas de semillas, manifiestan que tienen mayor tasa de supervivencia los que presentan diámetros mayores de 5 a 6 mm de diámetro, con un porcentaje de sobrevivencia (>80%) (MEXAL y LANDIS, 1990).

2.11.2. Área foliar

El área foliar realiza funciones importantes, tales como la fotosíntesis, la transpiración y a la generación de materia seca lo que genera su propia fertilización mediante el reciclaje de nutrientes, ayudando en el crecimiento y desarrollo de las plantas (GARDNER *et al.*, 1990).

Para CAMPOSTRINI y YAMANISHI (2001) el área foliar tiene que ver con la cantidad de clorofila y su capacidad de sintetizar la materia seca en la planta. Además, dependiendo de su exposición a la luz solar, se obtendrá su eficiencia fotosintética, lo que en consecuencia trae la producción total de la planta. GOMES *et al.* (2002) afirman que, al existir problemas con la superficie foliar, se tendrá una reducción en los procesos asimilativos (fotosíntesis).

BENITO y CHIESA (2000) afirman que, al existir mayor acumulación de biomasa aérea, se hace más dificultoso realizar la fotosíntesis por superficie

foliar a consecuencia que no a todas las hojas le llega la luz solar, generando la depreciación del suministro de nutrientes.

2.11.3. Altura

MEXAL y LANDIS (1990) manifiestan que la altura es un parámetro que se usa para predecir el crecimiento futura en campo. BIRCHLER *et al.* (1998), considera que el parámetro de altura por sí sola no ofrece mucha información, ya que desconoce el diseño del tallo, (Funk *et al.*, 1974 y Thompson, 1985; citados por BIRCHLER *et al.*, 1998), consideran que las plantas que presentan mayor altura subsisten en el tiempo.

2.11.4. Biomasa seca

THOMPSON (1985); MEXAL y LANDIS (1990); VERA y CASTILLO (1995) manifiestan que la biomasa en los cultivos presenta una correlación con la sobrevivencia en campo, al igual que con el diámetro del tallo. Ambos autores consideran que el peso seco es mejor a diferencia del peso fresco, debido a que no presenta variaciones por el agua presente en los cultivos.

2.12. Antecedentes

2.12.1. Nacionales

ZEVALLOS (2017) realizó la investigación con el título de “Evaluación del mantenimiento de una plantación de Teca (*Tectona grandis* L.f) en Iñapari-MDD-Perú”, con el objetivo de evaluar la recuperación de 75.1 ha de teca, tras sufrir un incendio, donde se evaluaron sobrevivencia del cultivo entre individuos muertos y vivos. Obteniendo resultados que el 89.5% de plantas de

tecas tras el incendio, se encuentran vivos, considerando un porcentaje tolerable para seguir velando en la recuperación de este cultivo.

PALOMINO (2011) realizó la investigación con el título de “Comportamiento de teca (*Tectona grandis* Lf) bajo efecto del Guano de las islas y roca fosfórica en el centro de investigación y producción Tulumayo, Huánuco”, con el objetivo de determinar el comportamiento silvicultural de la especie forestal teca (*Tectona grandis* L. f.) bajo efectos de fertilización en campo definitivo, obteniendo como resultados que los tratamientos con dosis de 300 g de guano de las islas + 100 g de roca fosfórica presentan diferencias estadísticas significativas en cuanto a las variables de diámetro del fuste, número de hojas. Concluyendo las dosis de 300 g de guano de las islas + 100 g de roca fosfórica fueron el mejor tratamiento.

HERMOZA (2016) realizó la investigación con el título de “Efectos de microorganismos eficaces (EM) en la producción de plantones de teca (*Tectona grandis*) sector Venecia-Banda de Shilcayo”, con el objetivo de Evaluar y comparar el efecto del producto conocido como microorganismos eficaces (EM) a diferentes concentraciones de aplicación foliar sobre el crecimiento y producción en vivero de la Teca (*Tectona grandis*)", obtenido como resultados que el tratamiento T4 (7 cm³/4 litro de Agua de EM-FOS) presentaron el promedio más alto de 214.52 cm², seguido de los tratamientos T5 (8 cm³/4 litro de Agua de EM-Fos) con un promedio de 211.01 cm² que resultaron estadísticamente iguales entre sí. Concluyendo que las aplicaciones de EM no influyeron en el incremento del número de hojas por planta, pero si en el área foliar.

MARQUEZ (2015) realizó la investigación con el título de “Aplicación de carbonato de calcio al suelo, en plantaciones de *Guazuma crinita* (Bolaina Blanca) en la Cuenca del Río Sungaro - Puerto Inca”. Con el objetivo de determinar el efecto de CaCO_3 tras la aplicación al suelo en plantaciones de Bolaina. Obteniendo como resultados un mayor incremento de la altura y diámetro de la Bolaina tras aplicar 2000 Kg/ha de CaCO_3 , concluyendo que la dosis mencionada de carbonato de calcio, generan mejoras en las propiedades del suelo que benefician al cultivo.

2.12.2. Internacionales

MOLLINEDO (2003) realizó la investigación con el título de “Relación Suelo-Planta, Factores de Sitio y Respuesta a la Fertilización, en Plantaciones Jóvenes de Teca (*Tectona grandis* L.f) en la Zona Oeste, Cuenca del Canal de Panamá”. Con el objetivo de Determinar las calidades de sitio para plantaciones jóvenes (2-4 años) de teca, utilizando el método indirecto del índice de sitio, para identificar las variables edáficas y de follaje que más estrechamente se relacionan con el crecimiento; además comprobar la respuesta a la fertilización, de acuerdo con diferentes ensayos y tratamientos ya establecidos. Concluyendo que únicamente en uno de estos tres ensayos, se alcanzaron diferencias significativas entre tratamientos, siendo la aplicación de NPK10-30-10(100g) + Magnesamon (100g), la que alcanzó el mayor valor en altura total. En relación con la sobrevivencia, tanto en los ensayos con edades mayores, como en los más jóvenes, ésta fue alta y no se encontraron diferencias significativas, con un rango alto de entre 83 al 100%.

BALÁM *et al.* (2015) realizan la investigación con el título de “Fertilización inicial de plantaciones comerciales de teca (*Tectona grandis* Linn f.) en el sureste de México”, con el objetivo de probar diferentes niveles de fertilización inicial (primeros dos años) en plantaciones comerciales de teca en la región de Balancán, Tabasco. Los resultados de este trabajo sugieren que la aplicación alta de K puede afectar la absorción de otros nutrientes. Concluyendo que ni las interacciones de nutrientes NPK, ni el complemento de micronutrientes tuvieron efecto sobre el crecimiento inicial de teca.

RODRÍGUEZ y PANIAGUA (2001) en su investigación de teca ubicado en Santa Rosa de Pocosol, de la región Huetar Norte de 7 años de plantación, se aplicaron fertilizante y cal, tras su aplicación a un año de los tratamientos, se obtuvieron como resultados cambios positivos en el suelo, tales como la disminución de la acidez, aumento de las bases intercambiables en equilibrio con el potasio, incremento de la materia orgánica. Concluyendo que se obtuvo diferencias estadísticas significativas en cuanto con un mayor diámetro y altura tras su aplicación de los fertilizante y cal.

CRUZ (2014) realizó la investigación con el título de “Fertilización inicial en plantaciones comerciales de teca (*Tectona grandis* Linn f), Siuna, Raan”, con el objetivo de evaluar las variables el crecimiento inicial de teca tras la aplicación de NPK y Carbonato de calcio, Obteniendo como resultados que los tratamientos uno (15-15-15) y dos (15-15-15 + 454g CaCO₃), fueron los que presentaron plantas de mayor altura, y diámetro; este comportamiento fue similar para el área basal y volumen. Concluyendo que general las condiciones del sitio

no son favorables para el crecimiento de la teca, pero tras la aplicación de los fertilizantes se obtuvo una gran mejora en cuanto al desarrollo del cultivo.

BATAGLIA y SANTOS (1999) en su investigación con el título de “Efectos de la fertilización NPK sobre la fertilidad, nutrición y crecimiento del suelo”, con el objetivo evaluar el efecto de diferentes combinaciones de dosis de fertilizantes NPK en arboles de caucho, con resultados de que el fertilizante nitrogenado (urea) promovió los mayores cambios en fertilidad del suelo, aumentando significativamente la acidez del suelo, El fertilizante de fosfato aumentó la disponibilidad de P del suelo y la hoja P. El fertilizante de potasio mejoró el contenido de K del suelo y la hoja. Concluyendo que la nutrición de nitrógeno y potasio mostró las mejores correlaciones con el crecimiento del cultivo.

FALLAS (2014) realizó la investigación con el título “Respuesta a la fertilización de la teca (*Tectona grandis* L.f) con NPK en ultisoles de la zona norte de Costa Rica”, con el objetivo establecer la respuesta a la fertilización y cuantificar los incrementos en el crecimiento producidos por la aplicación de enmiendas al suelo y su beneficio económico. Obteniendo como resultados que las plantaciones de teca en las edades de 0.79 y 11.79 se mejoran las ganancias en un 33% por hectárea debido a los benéficos de los fertilizantes a comparación donde se no aplico, con un mínimo de ganancia de US\$ 15 876.

VALDMIR (2018) realizo la investigación con el título “Estimación de biomasa y carbono en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L. f.) por método indirecto y mapeo mediante sistemas de información geográfica”, con el objetivo desarrollar un modelo biométrico que permita la estimación de biomasa aérea y

carbono en plantaciones de teca de diferentes edades, condiciones de sitio y realizar un mapeo mediante herramientas Sistemas de Información Geográfica (SIG). Concluyendo que la ganancia de biomasa y carbono en la teca obedece condiciones hidroclimatológicas, suelo y manejo silvícola oportuno de las plantaciones.

BLANDON *et al.* (2019) realizaron la investigación con el título “Almacenamiento de carbono y caracterización lignocelulósica de plantaciones comerciales de *Tectona grandis* Lf en México”, con el objetivo de calcular el carbono almacenado en la biomasa vegetal y suelo para luego determinar la composición lignocelulósica de la madera en plantaciones de teca a los seis años en el estado de Nayarit, México. Concluyendo que las diferencias fueron significativas ($p \leq 0.0001$) al comparar la plantación de mayor y menor crecimiento en DAP (54 %), altura (51.3 %) y área basal (78.7 %) siendo los suelos de mejor pH (6.2); así como el rendimiento en biomasa aérea (59.4 %), carbono en la teca (60.2 %), mantillo (30.3 %) y suelo (41.9 %) por superficie, sin diferencias en los contenidos lignocelulares.

SALCEDO *et al.* (2019) realizaron la investigación con el título “Propiedades del suelo y nitrógeno como indicadores del crecimiento en plantaciones comerciales de teca”, con el objetivo de medir la calidad del suelo en plantaciones comerciales de teca en Nayarit, México. Antes de plantar (30 días), se aplicaron fertilizantes 50 - 120 - 75 (NPK), 3 t ha⁻¹ de hidróxido de Ca, 250 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico, 63 kg ha⁻¹ de cloruro de potasio y 75 kg ha⁻¹ de sulfato de potasio. En resultados el ANOVA y prueba de Tukey demostraron que los suelos con pH > 6 < 7, CIC > 30 cmol(+) kg⁻¹, MO > 2.5 % y relación C/N

> 15 de 0 - 10 cm. Concluyendo que en el País de México, el éxito de la plantaciones de Teca como especie introducida, dependerá de la propiedades del suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El proyecto se ejecutó en la Estación Experimental “Juan Bernito”, propiedad del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), ubicada geográficamente a 06°30'6.83" latitud sur y 76°20'9.74" longitud oeste, en el distrito de la Banda del Shilcayo, en la región San Martín, ver el Anexo A del apéndice 1. En un suelo con características predominantemente ácidas ($\text{pH} < 5$) y con baja fertilidad química.

3.1.1. Características generales de la zona de estudio

El área de investigación se encuentra entre los 530 a 560 msnm, se caracteriza por tener un clima cálido tropical, alcanzando una temperatura media anual de 27.3°C, con presencia de lluvias regulares en los meses de septiembre a abril y en menor intensidad entre los meses de mayo a junio, los meses de julio a agosto se caracterizan por ser una estación seca. Llegando a acumularse entre 1094 y 1500 mm de precipitación al año (OGIEDGP, 2019).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Insumos

- Enmienda que se empleó: Dolomita.
- Fertilizantes inorgánicos que se empleó: Sulfato de Potasio, Súper Fosfato Triple y Urea.
- Fertilizantes orgánicos que se empleó: Guano de Isla, Roca Fosfórica, Gallinaza.

3.2.2. Herramientas

Se utilizó una poceadora con el cual realizamos los hoyos, machetes para quitar las malezas, tijera de podar, cinta métrica de 50 m y una regla de 60 cm que nos ayudó a obtener las medidas, nailon y estacas que se empleó para la demarcación del área.

3.2.3. Equipos

Se utilizó motoguadaña para quitar las malezas del área, mochila para la fumigación preventiva, vernier con el cual se determinó los diámetros del fuste y un scanner que nos apoyó a determinar el área foliar.

3.2.4. Componente biológico

Plantones de *Tectona grandis* L.f. de 2 meses de edad, que fueron adquiridos de un vivero forestal, con una altura promedio general de 11 cm.

3.3. Metodología

3.3.1. Determinación de sobrevivencia de número de plantas

La sobrevivencia de las plantas de teca se evaluó a los 188 días de la instalación del experimento que tuvo un inicio el 15 de Julio del 2019, mediante la relación entre plantas vivas y el total de plantas sembradas, previamente se siguió los siguientes pasos.

3.3.1.1. Preparación del terreno para la siembra

La preparación del terreno se inició el 01 de marzo del 2019 con el control de la maleza, mediante desbrozo manual, 30 días antes de realizar la plantación, para eliminar los residuos y permitir la incorporación de materia orgánica al suelo.

Las labores de trazado y marcado se realizaron, usando el método del triángulo rectángulo con las dimensiones de 3 m x 4 m (catetos) y 5 m (hipotenusa) y con el uso de hilo nailon y estacas, se unieron los puntos para formar la fila base y la fila perpendicular a la fila base, así sucesivamente hasta culminar el alineado. La densidad de siembra se trabajó tomando en consideración los resultados de SILVA *et al.*, (2016) en Brasil, a una densidad de 3 x 2 m, totalizando 1666 plantas por hectárea, al cual se realizará un raleo del 50%, quedando 833 plantas por ha.

Ya determinado la ubicación y demarcación por estacas en los puntos a plantar, se realizó la apertura de hoyos, lo cual se realizaron con barrenos, y las dimensiones a excavar fueron de 30 x 30 x 30 cm.

3.3.1.2. Análisis fisicoquímico de la parcela

Antes y después de establecer el cultivo de teca, se realizó la recolección de las muestras con un barreno muestreador sobre los primeros 30 centímetros del suelo, tomando 06 (seis) submuestras por un patrón de recorrido de zig – zag. Las muestras de suelos se trasladaron al Laboratorio del Instituto de Cultivos Tropicales, para determinar su condición fisicoquímica y los requerimientos de fertilizantes para el cultivo de teca (*Tectona grandis* L.f), ver Anexo A, B, C y D del Apéndice 2. La metodología empleada fue de acuerdo con el siguiente (Cuadro 3):

Cuadro 3. Indicadores y métodos de determinación.

Indicadores Fisicoquímicos	método
Textura	Hidrómetro.
pH	Potenciómetro suspensión suelo-agua 1:2.5
Conductividad eléctrica	Conductímetro suspendido suelo-agua 1:2.5
Fosforo disponible	Olsen modificado extractante $\text{NaHCO}_3=0.5\text{M}$, pH 8.5 Esp. Vis
Potasio y sodio intercambiable	$(\text{NH}_4)\text{CH}_3\text{COOH}=1\text{N}$, pH7, Absorción Atómica
Materia Orgánica	Walkley y Black
Calcio y Magnesio intercambiable	Extractante $\text{KCl}=0.1\text{N}$ Absorción Atómica.
Acidez intercambiable	Extract. KCl 1N, volumetría.
Acidez potencial	Woodruff Modificado.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.3. Aplicación de enmienda y siembra

La dosificación de dolomita se realizó en base al análisis de suelo, tomando en consideración el método de saturación de bases, que consiste en elevar las bases intercambiables y disminuir el Al y H, y así determinar la dosis de encalada (Raij, 1991). Formula:

$$\frac{\text{CaCO}_3\text{t}}{\text{ha}} = \frac{(\text{B}_1 - \text{B}_2)(\text{CIC}_t)}{100}$$

B_1 : Porcentaje de saturación de bases deseado (70%).

B_2 : Porcentaje de saturación de bases que presenta el suelo.

CIC_t : Capacidad de intercambio catiónico total.

Cada parcela se dividió en dos sectores, el sector con aplicación de fertilizantes sin dolomita y la aplicación de fertilizantes con dolomita. Se aprovechó al momento de sembrar, aplicar en los hoyos algunos de los fertilizantes y la dolomita: Roca fosfórica (100 g), Superfosfato Triple (50g) dolomita (100 g), (BENEDETTI y SAAVEDRA, 2005).

Como último paso, se colocaron los plantones en sus posiciones para sembrar, se retiró la bolsa del plantón, teniendo en cuenta de que no se desmoronara la base de tierra, para luego introducir en el centro del agujero de forma vertical y llenar de tierra las partes vacías y al mismo tiempo apisonar a fin de evitar bolsas de aire en los alrededores de la raíz, dejando así los plantones in situ en las parcelas.

3.3.1.4. Aplicación de fertilizantes

La aplicación de los fertilizantes inorgánicos (Urea, superfosfato triple, sulfato de potasio), orgánicos (Gallinaza, guano de isla, roca fosfórica) y juntos (inorgánico + orgánico) fueron dosificados de acuerdo con las recomendaciones de PONTES (2011), de 50 – 150 – 250 toneladas por hectárea, que trabajó en un modelo nutricional para el cultivo de Teca, del cual se consideró dividir la porción total en 3 aplicaciones y convertir las dosis para cada planta a gramos. Para el caso del tratamiento con la aplicación de fertilizantes en conjunto (orgánicos e inorgánicos) se aplicó el 50% de la dosis mencionada tanto para fertilizante orgánico e inorgánico. La aplicación del fertilizante se desarrolló al mes y medio de la plantación propiamente dicha, a una distancia de 10 a 15 cm del fuste de la planta, según los tratamientos preestablecidos. La segunda y tercera aplicación se realizó cada dos meses.

3.3.1.5. Mantenimiento de la Teca

Se ejecutó acciones de deshierbes periódicamente, cada mes y medio, evitando que las plantas sean invadidas por las malezas. La maleza cortada se dejó tendido sobre la superficie como cobertura muerta.

Se aplicó aminoácidos de la marca Sustento 80, antes de empezar a aplicar los tratamientos, que es un bioestimulante orgánico, mediante aspersión foliar a los 15 días de plantar el cultivo debido a la temporada larga de verano, para evitar el estrés en las plantas.

Se realizó la prevención fitosanitaria, para evitar ataques de agentes patógenos que pudieran poner en riesgo el cultivo o ataques de plagas en estado

larvario o adulto. Para evitar esta situación se optó por aplicar el insecticida tifón, en polvo seco, en periodos de cada 30 días.

3.3.1.6. Dosis de fertilizantes

En el cuadro 4, se presentan las dosis de fertilizantes aplicada en el presente experimento.

Cuadro 4. Dosis de fertilizantes.

Trat*	Descripción	Rep*	Dosis
T1	Ninguno	3	Sin aplicación
T2	Ninguno	3	Sin aplicación
T3	Inorgánico (Super Fosfato Triple, Urea, Sulfato de Potasio)	3	65.24g/21.66g/100g.
T4	Orgánico (Gallinaza, Guano de Isla, Roca Fosfórica)	3	187.58g/148.28g/40.72g.
T5	Juntos (Inorgánico, Orgánico)	3	32.62g,10.83g,50/93.79g,74.14,20.36
T6	Inorgánico (Super Fosfato Triple, Urea, Sulfato de Potasio) + Dolomita	3	65.24g/21.66g/100g + 500g

	Orgánico (Gallinaza,		
T7	Guano de Isla, Roca	3	187.58g/148.28g/40.72g + 500g
	Fosfórica) + Dolomita		
T8	Juntos (Inorgánico,	3	32.62g,10.83g,50/93.79g,74.14,20.36
	Orgánico) + Dolomita		+ 500g

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Determinación parámetros biométricos

a) Altura total

Se tomaron las medidas de altura desde la base del cultivo hasta la punta de la yema terminal de la planta, con dos objetos de medición, al inicio se usó una regla metálica, cuando aún las plantas eran menores a 60 cm de altura, y una cinta métrica cuando las plantas sobrepasaron los 60 cm. La unidad de medida fue en centímetros.

b) Diámetro basal del fuste

El diámetro evaluado se midió con un vernier digital, a los 5 cm sobre la base de la planta. La unidad de medida fue en milímetro.

c) Área foliar

Se determinó el área foliar por dos métodos, cuando las hojas tenían un diámetro menor de 20 cm de ancho se usó el equipo portátil scanner digital de la marca PANMEX, el cual consistía en deslizar la hoja por medio de las 2 tenazas y de manera digital determinaba el área foliar en una pantalla LCD, y pasado los 20 cm de ancho se usó el método geométrico de la elipse y el

triángulo con el apoyo de una regla. La unidad de medida fue centímetros cuadrados. Formula:

Área total = área de la elipse + área del triángulo

$$AT = (\pi * r * s) + \left(\frac{b * h}{2}\right)$$

d) Biomasa seca

Al culminar el experimento, se seleccionó una planta de las tres repeticiones por tratamiento sin dolomita (orgánico, inorgánico, juntos) y con dolomita (orgánico, inorgánico, juntos) por cada bloque y más los testigos, de los cuales se cortaron la raíz, tallo y hojas. Una vez lavadas y escurridas se tomó apunte del peso fresco, para luego ser colocadas en sobres manilas cada una rotulada y puestas en la estufa a una temperatura de 105 °C hasta conseguir un peso firme para determinar la biomasa seca, realizado a través de metodología gravimétrica.

3.3.3. Determinación del efecto de fertilizantes y encalado en atributos químicos del suelo

A finales de enero del 2020 y habiendo aplicado la tercera fertilización a inicios de diciembre antes de los 188 días, se volvió a tomar muestras de suelos por cada tratamiento. Estas muestras fueron mezcladas para formar una muestra compuesta y fue llevada al laboratorio del Instituto de Cultivos Tropicales, para la determinación de pH, N, P, K, Ca, Mg, M.O.

3.4. Diseño experimental

Para el presente trabajo de investigación se utilizó el Diseño de Parcelas Divididas (DPD) con arreglo factorial de 2 (Dolomita y Sin Dolomita) x 4 (Fertilizante inorgánico, Fertilizante orgánico, Juntos (orgánico + inorgánico) y testigo) con 3 bloques, totalizando 24 unidades experimentales. Cuadro 5.

Croquis de distribución de las plantas de teca, ver Anexo B del apéndice 1.

Cuadro 5. Diseño experimental.

Factor A	Factor B	Fertilizantes
Sin encalado (A1)	Inorgánico (I) (B1)	Urea, S. Triple, Sulfato de Potasio
	Orgánico (O) (B2)	Guano de Isla, Gallinaza, Roca Fosfórica
	I X O (B3)	50% I, 50%O
	Ninguno	Ninguno
Con encalado (A2)	Inorgánico (I) (B1)	Urea, S. Triple, Sulfato de Potasio
	Orgánico (O) (B2)	Guano de Isla, Gallinaza, Roca Fosfórica
	I X O (B3)	50% I, 50%O
	Ninguno	Ninguno

Fuente: Elaboración propia

El modelo aditivo lineal del DPD se representará en la siguiente ecuación (1):

$$Y_{ijk} = u + \alpha_i + \rho_k + d_{ik} + \beta_i + (\sigma\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, a. \quad j = 1, 2, \dots, b. \quad k = 1, 2, \dots, r.$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor de i-ésimo nivel del factor A, j-ésimo nivel del factor B, y k-ésimo bloque (repetición).

μ = media general, α_j = efecto del i-ésimo nivel del factor A.

ρ_k = Efecto del k-ésimo bloque.

d_{ik} = error aleatorio de la parcela completa, Error (1).

β_j = Efecto del i-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre ambos factores.

e_{ijk} = error aleatorio de la subparcela, Error (2).

3.4.1. Análisis de datos

Los datos de cada tratamiento fueron sometidos a análisis de variancia - ANVA.

3.4.2. Prueba estadística

Los tratamientos fueron sometidos a comparación de medias por Rodríguez G. (2011), a un nivel de significancia del 5%. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS.

Cuadro 6. Modelo de Análisis de Varianza

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Fe
Bloques	SCBL	$r - 1$	$MCBL = SCBL / (r - 1)$	
Factor A	SCA	$A - 1$	$MCA = SCA / (\alpha - 1)$	$F_c = \frac{MCA}{MCE(1)}$
Error (1)	SCE (1)	$(r - 1)(\alpha - 1)$	$MCE(1) = SCE(1) / [(r - 1)(\alpha - 1)]$	
Factor B	SCB	$b - 1$	$MCB = SCB / (b - 1)$	$F_B = \frac{MCB}{MCE(2)}$
A y B	SCAB	$(\alpha - 1)(b - 1)$	$MCAB = SCAB / [(\alpha - 1)(b - 1)]$	
Error (2)	SCE (2)	$\alpha (r - 1)(b - 1)$	$MCE(2) = SCE(2) / [\alpha (r - 1)(b - 1)]$	$F_{AB} = \frac{MCAB}{MCE(2)}$
Total	SCT	$n - 1$		

Fuente: Rodríguez G. (2011)

- Efecto principal del factor A

$$H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_\alpha$$

Rechace H_0 si $F_A > F_{1-\alpha}(\alpha - 1; (\alpha - 1)(r - 1))$

- Efecto principal del factor B

$$H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_b$$

Rechace H_0 si $F_B > F_{1-\alpha}(b - 1; \alpha(r - 1)(b - 1))$

- Efecto de interacción

$$H_0 : (\alpha\beta)_{ij} = 0$$

Rechace H_0 si $F_{AB} > F_{1-\alpha}((\alpha - 1)(b - 1); \alpha(r - 1)(b - 1))$

IV. RESULTADOS

4.1. Sobrevivencia de número de plantas

El Cuadro 7, de un total de 419 plantas que se establecieron en la parcela experimental, 27 individuos murieron, de las cuales, el mayor número de mortalidad del total de plantas se dio en los tratamientos considerados con fertilización sin encalado, con una cantidad de 23 plantas, a diferencia donde los individuos fueron fertilizados y con aplicación de dolomita, reportando solamente 4 plantas, el testigo no presentaron mortalidad alguna.

Cuadro 7. Número de cultivo de tecas muertas

Tratamientos	Plantas muertas	
	Sin dolomita	Con dolomita
Ninguno	-	-
Inorgánico	16.00	3.00
Orgánico	4.00	0.00
Inorgánico + Orgánico	3.00	1.00
Total	23.00	4.00

En la Figura 1, de manera general se analizó los valores de sobrevivencia por tratamiento, las plantas sometidas al tratamiento bajo fertilización inorgánica y sin el uso de la dolomita registró un valor del 3.81% de plantas muertas, siendo un dato cinco veces mayor al valor reportado por el tratamiento inorgánico con encalado, que presentó 0.71% de mortalidad. Se reportó que el tratamiento de fertilización orgánica sin dolomita obtuvo un valor del 0.95% y al utilizar la fertilización orgánica e inorgánica reportaron un valor del 0.71% que no presentaron diferencias significativas ($p>0.05$). No obstante, el tratamiento que no recibió tratamiento alguno al cual es el testigo no presentó plantas muertas.

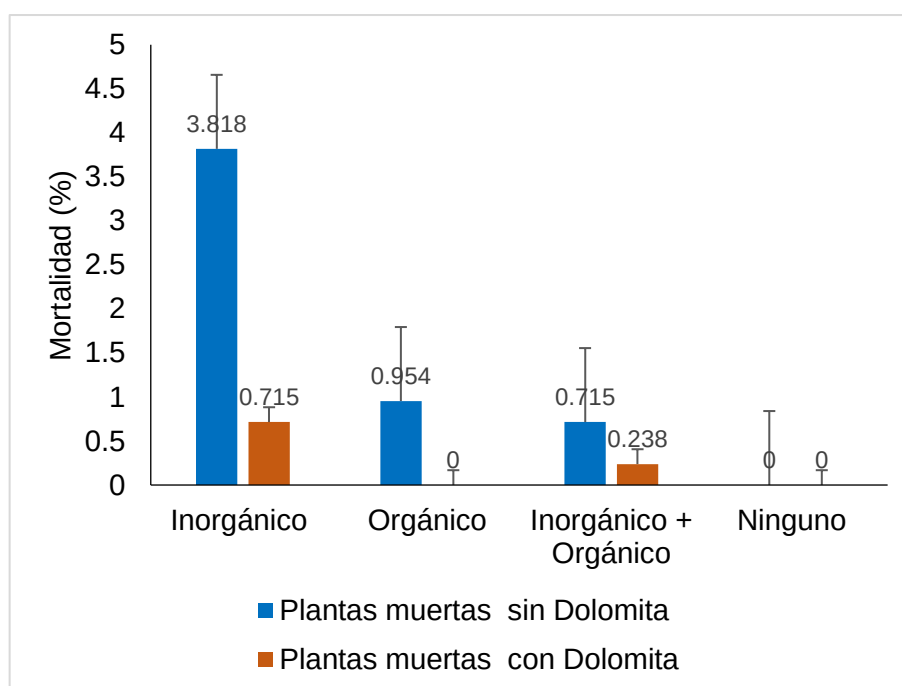


Figura 1. Porcentaje de mortalidad de número de plantas.

Otro de los aspectos notorios es que las plantas sometidas al uso de la dolomita repercutieron en la menor cantidad de mortalidad en comparación a las plantas tratadas con dicho corrector de suelos.

4.2. Parámetros biométricos (diámetro, área foliar, altura y biomasa seca)

4.2.1. Diámetro del tallo

Los comportamientos del tallo en las plantas de teca reportaron mayor promedio en la combinación de la aplicación encalado y la dosificación de abono orgánico con un valor de 28.74 mm, reportando homogeneidad de resultados en los bloques establecidos siendo representados por un 9.72% de coeficiente de variación; en la combinación sin encalado y el uso del fertilizante inorgánico se obtuvo menor promedio (Cuadro 8).

Cuadro 8. Estadísticos descriptivos para el diámetro del tallo en plantas de teca a 180 días de establecimiento.

Encalado	Fertilización	Media	Desviación estándar	N	CV (%)
Sin encalado	Ninguno	10.62	4.47	3	42.12
	Inorgánico	7.19	2.08	3	28.95
	Orgánico	14.31	6.52	3	45.56
	Combinado	12.37	3.57	3	28.82
Con encalado	Ninguno	19.85	4.43	3	22.32
	Inorgánico	22.50	4.11	3	18.27
	Orgánico	28.74	2.79	3	9.72
	Combinado	26.47	9.01	3	34.05

N: Bloques; CV (%): Coeficiente de variación.

De manera general, es notorio que hubo elevada variabilidad de los datos respecto al diámetro del tallo al observar las dimensiones de las barras de

error; además, cuando se encala el suelo se reporta plantas con mayor diámetro del tallo (Figura 2).

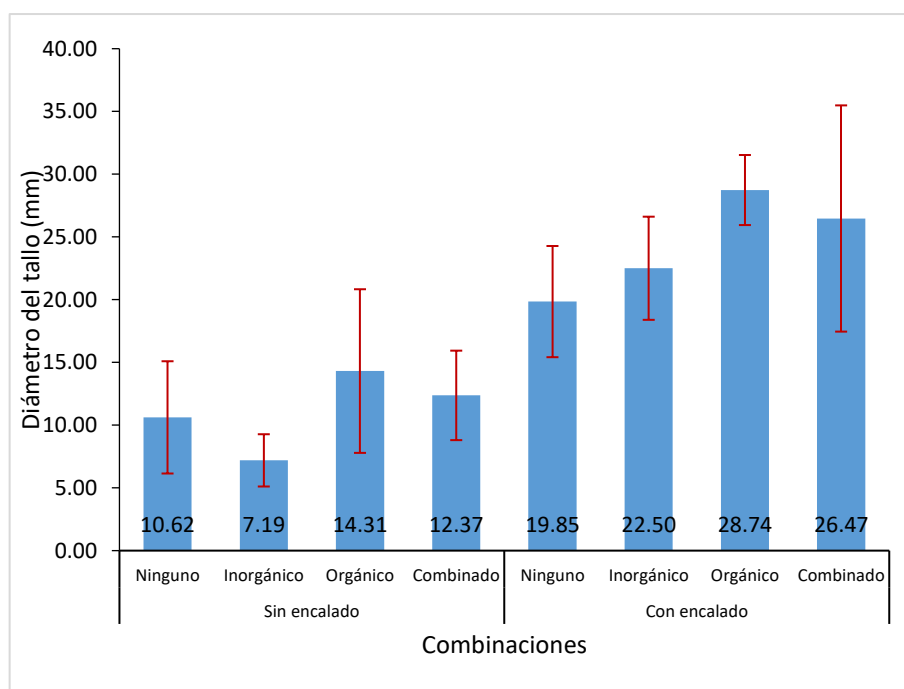


Figura 2. Diámetro del tallo en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado y la fertilización.

En el resumen del análisis de la varianza realizado para las contrastaciones de las hipótesis concernientes a las fuentes de variación se tiene que, tanto el bloque y la interacción entre los dos factores en estudio no repercutieron de manera significativa sobre el diámetro del tallo en todo el periodo de la ejecución del experimento. La aplicación del encalado repercutió de manera significativa sobre el diámetro del tallo en todas las mediciones realizadas, además los datos fueron variables (Cuadro 9).

Cuadro 9. Cuadrados medios y significancia determinado para el diámetro del tallo a diferentes edades desde la plantación de teca.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios a determinado tiempo (días) desde la plantación						
		60	80	100	120	140	160	188
Bloque	2	0.533 ^{ns}	0.801 ^{ns}	1.468 ^{ns}	2.326 ^{ns}	10.594 ^{ns}	17.034 ^{ns}	39.610 ^{ns}
Encalado	1	32.604*	55.998*	118.963*	249.938*	342.292*	569.287*	1055.761*
Error (a)	2	1.212 ^{ns}	2.358 ^{ns}	3.973 ^{ns}	4.368 ^{ns}	6.804 ^{ns}	13.148 ^{ns}	11.627 ^{ns}
Fertilización	3	4.149 ^{ns}	5.230 ^{ns}	10.585*	16.298 ^{ns}	21.158 ^{ns}	34.137 ^{ns}	63.576 ^{ns}
Encalado * Fertilización	3	0.916 ^{ns}	2.553 ^{ns}	2.931 ^{ns}	5.804 ^{ns}	6.914 ^{ns}	6.604 ^{ns}	11.259 ^{ns}
Error (b)	12	1.424	1.913	2.433	5.425	7.373	10.439	25.649
CV (%)		22.61	21.84	20.07	23.37	23.09	22.78	28.52

CV: Coeficiente de variación expresado en porcentajes. ns: no significativo. *: significativo.

Al analizar el efecto principal del factor aplicación de encalado, se observa que las plantas que se plantaron en suelos tratados con encalado presentaron mejores efectos estadísticos en comparación a los que carecieron de dicho encalado, además, se observa alta variabilidad de los datos respecto a la variable en mención (Figura 3).

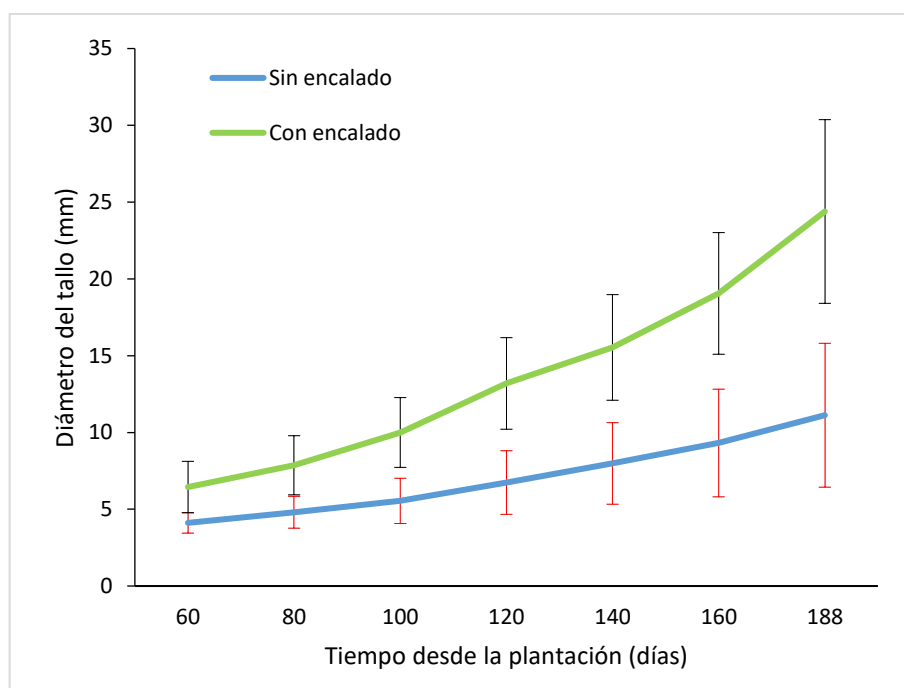


Figura 3. Comportamiento del diámetro de tallo en teca bajo el factor encalado.

En caso de los efectos a causa de la fertilización, se observa ligera superioridad del promedio en las plantas que fueron tratadas con el abono orgánico, pero carente de significancia estadística debido a que hubo alta variabilidad de los datos expresados mediante las barras de error que acompañan a las curvas generadas en el periodo de medición de la variable diámetro del tallo; además, el uso del fertilizante inorgánico como la ausencia de fertilización generaron modelos muy similares (Figura 4).

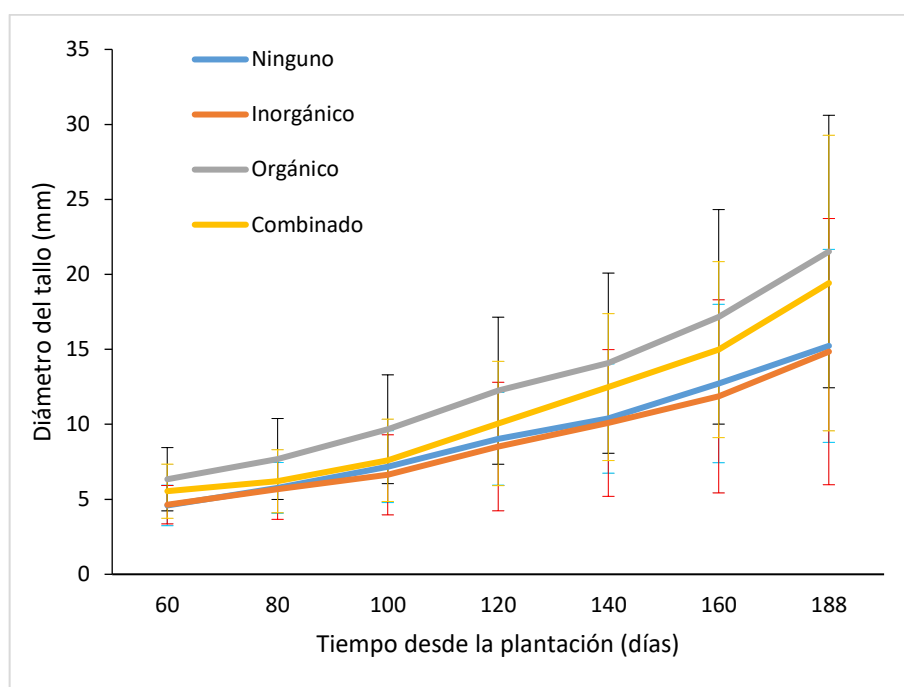


Figura 4. Comportamiento del diámetro de tallo en teca bajo el factor fertilización.

4.2.2. Área foliar

Al analizar el área foliar alcanzada por las plantas de teca a los 188 días posteriores a su establecimiento, se observa que mayores dimensiones de dicha variable se encontró en los individuos que se sometieron al encalado, siendo específicamente mayor la combinación del encalado con una dosis del abono orgánico que reportó una media de 2777.17 cm² además de ser muy homogéneos dichos valores respecto a los bloques generados. En caso de las plantas con menor dimensión del área foliar se registró para los que no fueron encalados y se les aplicó fertilización inorgánica al obtener una media de 245.68 cm², siendo además lo resaltante que hubo elevada variabilidad de los datos por tener un coeficiente de variación del 57.32% (Cuadro 10).

Cuadro 10. Estadísticos descriptivos para el área foliar en plantas de teca a 188 días de establecimiento.

Encalado	Fertilización	Media	Desviación estándar	N	CV (%)
Sin encalado	Ninguno	495.21	371.02	3	74.92
	Inorgánico	245.68	140.82	3	57.32
	Orgánico	1226.32	356.71	3	29.09
	Combinado	518.72	147.96	3	28.52
Con encalado	Ninguno	1482.05	108.65	3	7.33
	Inorgánico	1541.05	863.49	3	56.03
	Orgánico	2777.17	204.12	3	7.35
	Combinado	2264.82	396.97	3	17.53

N: Bloques; CV (%): Coeficiente de variación.

Analizando el histograma se observa que tanto en el medio que fue encalado y al que no se le aplicó encalado, las plantas de teca que fueron tratadas con el abono orgánico sobresalieron las dimensiones del área foliar en comparación a los demás niveles utilizados como el inorgánico, la mezcla de orgánico e inorgánico, así como las plantas sin fertilizante (Figura 5).

En caso de la variabilidad de los datos en base a los bloques que se establecieron se puede constatar que a los 188 días después del establecimiento hubo mucha variabilidad de acuerdo con el tamaño de las barras de error que acompañan (Figura 5).

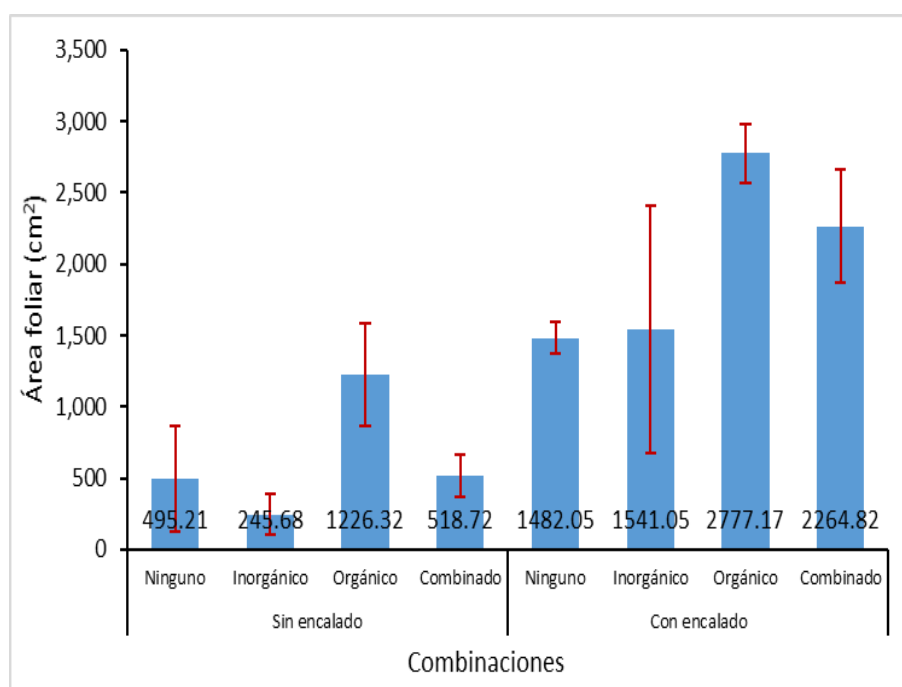


Figura 5. Área foliar en las plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado y la fertilización.

En el análisis de la varianza resumido para contrastar las hipótesis enmarcadas a las fuentes de variación, se observa que en caso de los bloques establecidos no repercutió de manera significativa sobre el área foliar para los diferentes momentos desde el establecimiento, en caso de considerar el factor encalado, se reporta que si hubo diferencias estadísticas significativas para la variable mencionada; para el caso de la fertilización, solamente se encontró diferencias estadísticas a los 180 días posteriores al establecimiento. Además, no se logró demostrar interacción entre los niveles de ambos factores en estudio; al analizar los valores del coeficiente de variación, se encontró que los valores obtenidos referente a la variable mencionada presentaron alta variabilidad debido a los elevados valores porcentuales en todos los periodos de tiempos evaluados (Cuadro 11).

Cuadro 11. Cuadrados medios y significancia estadística determinado para el área foliar a diferentes edades desde la plantación de teca.

FV	GL	Cuadrados medios a determinado tiempo (días) desde la plantación						
		60	80	100	120	140	160	188
Bloque	2	730.8 ^{ns}	1103.1 ^{ns}	5844.6 ^{ns}	38026.2 ^{ns}	35446.0 ^{ns}	86810.9 ^{ns}	32332.6 ^{ns}
Encalado	1	20632.5*	40713.9*	268999.6*	852851.9*	2125631.9*	4109488.0*	11672639.9*
Encalado * Bloque	2	364.9 ^{ns}	532.0 ^{ns}	1267.7 ^{ns}	4013.8 ^{ns}	7081.4 ^{ns}	47374.7 ^{ns}	59205.3 ^{ns}
Fertilización	3	3450.8*	4078.4 ^{ns}	21330.8 ^{ns}	73695.4 ^{ns}	205569.0 ^{ns}	346368.8 ^{ns}	1523501.2*
Encalado * Fertilización	3	1813.1 ^{ns}	2442.4 ^{ns}	6442.2 ^{ns}	21907.5 ^{ns}	66631.1 ^{ns}	28130.3 ^{ns}	162040.8 ^{ns}
Error	12	984.2	1328.5	12033.4	36520.1	98089.3	221031.0	195293.8
CV (%)		35.62	31.28	50.77	54.60	56.76	57.50	33.51

CV: Coeficiente de variación expresado en porcentajes. ns: no significativo. *: significativo.

En el análisis de los efectos principales por parte del factor encalado, se observa la superioridad de los promedios en el área foliar de las plantas de teca sometidas al encalado, mientras que en caso de los individuos que no recibieron dicho tratamiento se obtuvo menores promedios durante todo el periodo de investigación; además, es notorio la alta variabilidad de los datos expresado por las barras de error en ambos niveles en estudio (Figura 6).

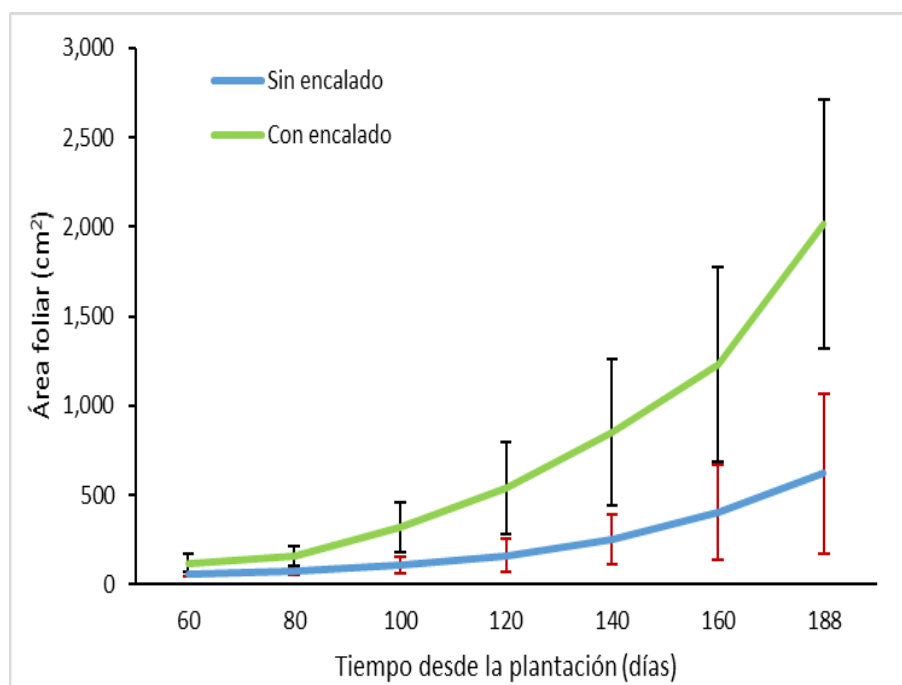


Figura 6. Comportamiento del área foliar en teca bajo el factor encalado.

En caso de los efectos principales por parte de los niveles del factor fertilización, se observa que las plantas de teca que fueron fertilizadas presentaron promedios superiores a partir de los 80 días de establecido; menor valor promedio se reportó en las plantas con fertilizante inorgánico. Además, se reporta alta variabilidad de los datos respecto a las repeticiones del experimento (Figura 7).

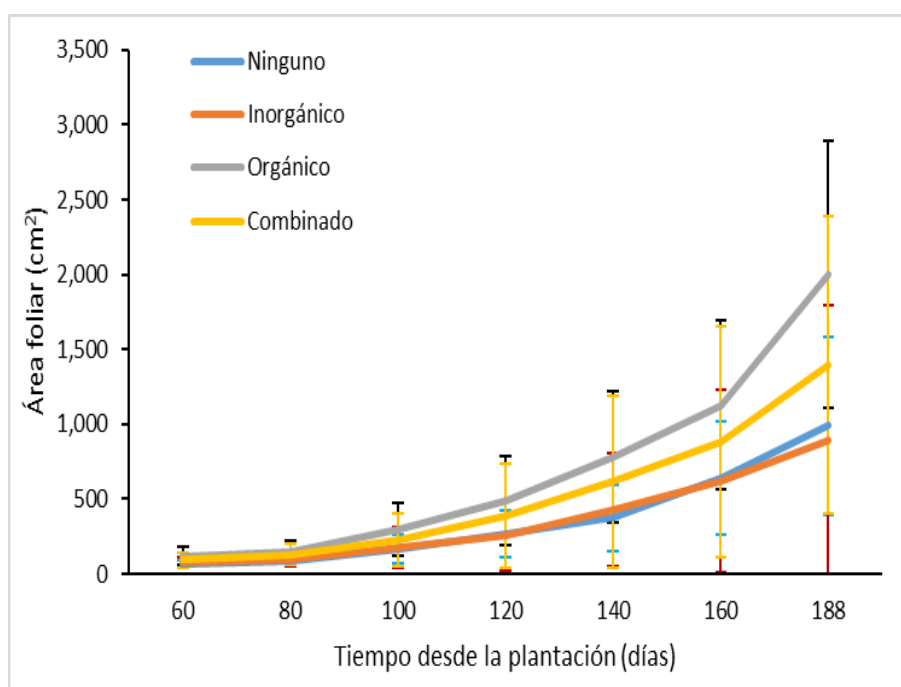


Figura 7. Comportamiento del área foliar en teca bajo el factor fertilización.

4.2.3. Altura total

Otra de las variables de suma importancia en las especies forestales está referida a la altura total, siendo notorio que al establecer la planta de teca y ser sometidas al encalado y la aplicación del abono orgánico registró mayor promedio aritmético con un valor de 113.64 cm a los 188 días después de su establecimiento, siendo estos datos muy homogéneos en comparación a las demás combinaciones utilizado en el experimento. El menor valor promedio (18.33 cm) se obtuvo en las plantas que fueron sometidas a la fertilización inorgánica y sin actividad de encalado; en caso de la variabilidad de los datos, se tiene que en la mayoría de las combinaciones hubo datos muy variables respecto a la altura total de las plantas, estos valores se obtuvieron en base a la cantidad de bloques establecidos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Estadísticos descriptivos para la altura total en plantas de teca a 188 días de establecimiento.

Encalado	Fertilización	Media	Desviación estándar	N	CV (%)
Sin encalado	Ninguno	25.21	11.86	3	47.05
	Inorgánico	18.33	5.11	3	27.87
	Orgánico	42.63	21.61	3	50.70
	Combinado	30.89	7.83	3	25.35
Con encalado	Ninguno	76.28	20.25	3	26.55
	Inorgánico	61.47	41.94	3	68.23
	Orgánico	113.64	11.83	3	10.41
	Combinado	109.54	39.36	3	35.93

N: Bloques; CV (%): Coeficiente de variación.

En caso de utilizar la aplicación del encalado en suelos de baja calidad, se reporta que la altura total de las plantas de teca culminada las mediciones a los 188 días posteriores del establecimiento, se encontró que reportaron mejores promedios en comparación a las plantas que no fueron tratados mediante encalado; además, la aplicación del abono orgánico favoreció el crecimiento de la altura total en comparación a los demás niveles de la fertilización. Al enfocarse en la variabilidad de los datos respecto a la variable en mención, es notorio que fueron muy variables los datos debido a que las barras de error se prolongaron en una gran magnitud para casi todas las combinaciones en estudio (Figura 8).

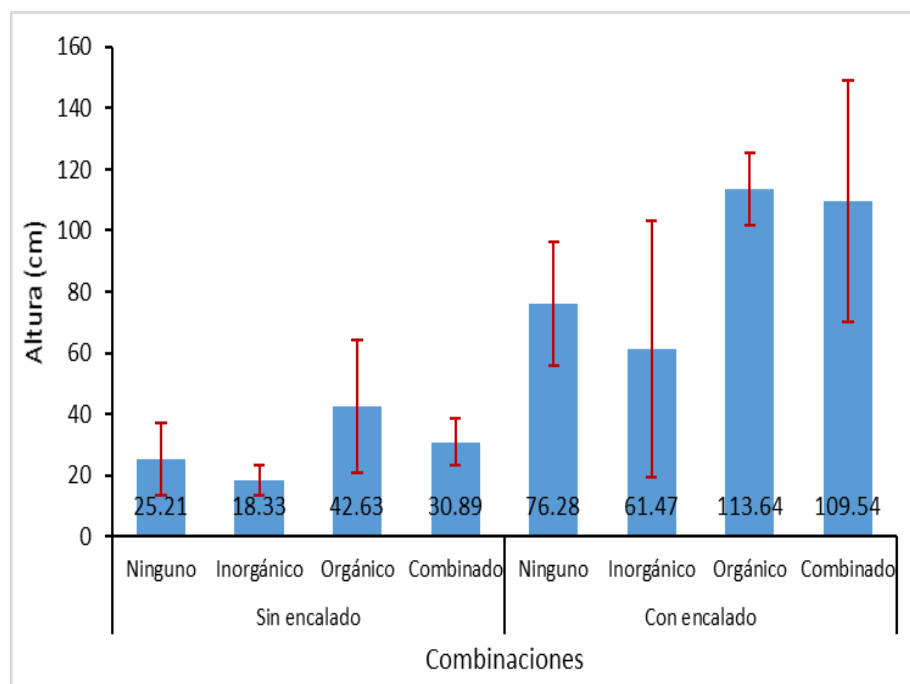


Figura 8. Altura total en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado y la fertilización.

En caso de los bloques que se establecieron para el presente estudio se determinó que no afectaron de manera significativa a la altura total durante todo el periodo que perduró la investigación, en caso de aplicar o no encalado, se encontró diferencias estadísticas significativas a partir de los 120 días posteriores al establecimiento, mientras que los niveles de la fertilización utilizada no repercutieron de manera significativa. Para el análisis de la interacción estadística, se reporta que, los niveles de ambos factores en estudio fueron independientes y no representando interacción alguna; para el caso de la variabilidad de los datos en cada periodo de medición, se observa que hubo exceso de variabilidad entre los resultados obtenidos debido a que el coeficiente de variación fue mayor o igual a los 16.98% hasta los 41.96% a los 188 días de establecido (Cuadro 13).

Cuadro 13. Cuadrados medios y significancia determinado para la altura total a diferentes edades desde la plantación de teca.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios a determinado tiempo (días) desde la plantación						
		60	80	100	120	140	160	188
Bloque	2	2.49 ^{ns}	3.46 ^{ns}	10.38 ^{ns}	20.88 ^{ns}	61.05 ^{ns}	6.68 ^{ns}	84.29 ^{ns}
Encalado	1	25.02 ^{ns}	40.33 ^{ns}	106.58 ^{ns}	361.54*	1211.26*	6125.35*	22302.83*
Encalado * Bloque	2	35.02*	34.32*	32.92 ^{ns}	6.43 ^{ns}	41.93 ^{ns}	295.80 ^{ns}	697.93 ^{ns}
Fertilización	3	3.41 ^{ns}	4.84 ^{ns}	12.71 ^{ns}	14.53 ^{ns}	118.34 ^{ns}	280.82 ^{ns}	1845.21 ^{ns}
Encalado * Fertilización	3	0.07 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.28 ^{ns}	2.93 ^{ns}	33.23 ^{ns}	15.25 ^{ns}	414.70 ^{ns}
Error	12	5.88	6.98	9.97	14.36	35.82	191.82	628.51
CV (%)		16.98	17.00	18.37	19.00	23.26	36.03	41.96

CV: Coeficiente de variación expresado en porcentajes. ns: no significativo. *: significativo.

Al analizar los efectos principales del factor encalado, se observa que a partir de los 80 días posteriores al establecimiento se empezó a diferenciar los promedios de la altura total en las plantas que recibieron tratamientos de encalado, dicha superioridad fue más notorio entre los 140 a 188 días de establecido; además, se observa alta variabilidad de los datos expresados mediante las barras de error con la desviación estándar (Figura 9).

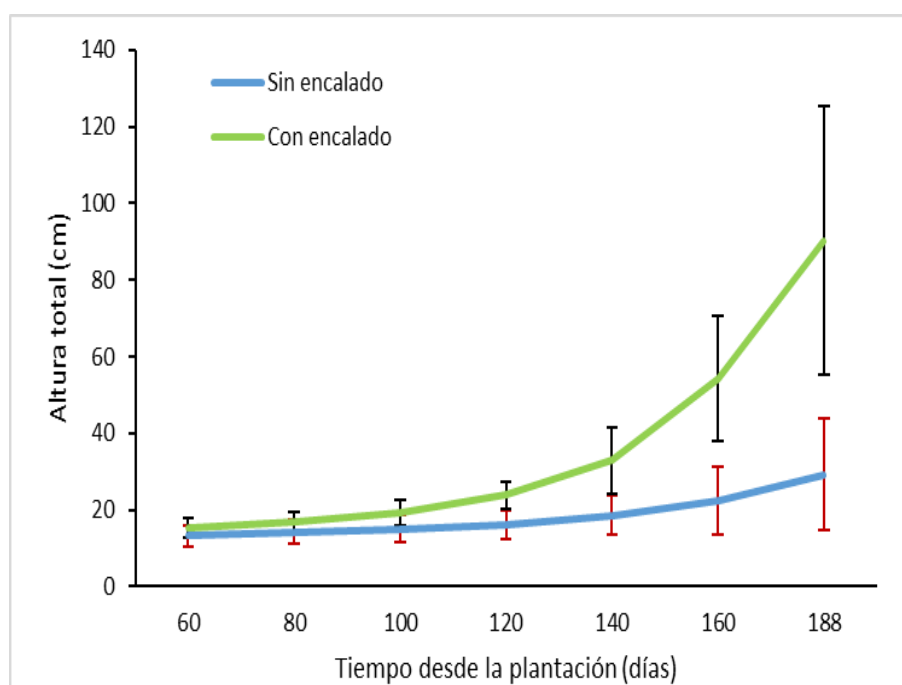


Figura 9. Comportamiento de la altura total en teca bajo el factor encalado.

En caso de los niveles del factor fertilización, el uso del abono orgánico presentó muy similares promedios con el nivel combinado de orgánico e inorgánico, mientras que si se aplicaba solo el fertilizante inorgánico se observó que las plantas de teca obtenían menores promedios de la altura total; además de manera similar al factor encalado, se expresa alta variabilidad de los datos debido al pronunciado tamaño de las barras de error (Figura 10).

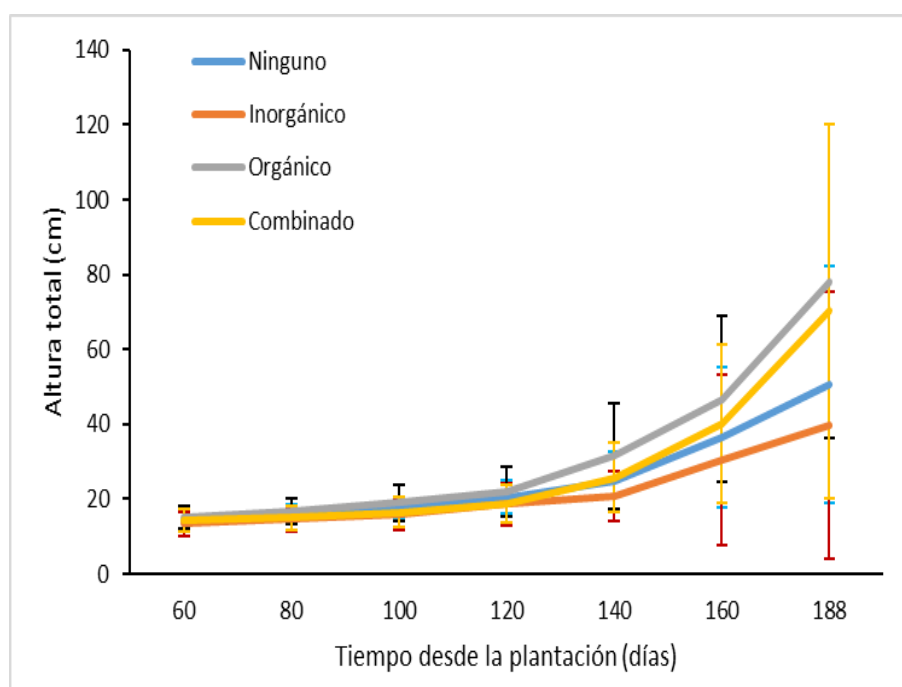


Figura 10. Comportamiento de la altura total en teca bajo el factor fertilización.

4.2.4. Biomasa seca

4.2.4.1. Biomasa de las hojas

A los 188 días de haberse instalado el experimento, se obtuvo valores promedios de la biomasa contenida por las hojas en las plantas de teca, en donde se observa mayor cantidad de biomasa en las hojas que procedían de plantas tratadas con abono orgánico y que fueron plantadas en terrenos que se sometieron a encalado, dichos valores fueron muy variables alcanzando un coeficiente de variación del 73.48%. En caso del menor valor promedio de la variable mencionada, se tiene que las plantas que se establecieron en suelos sin encalado y recibieron aplicación del fertilizante inorgánico alcanzaron una media de 0.51 g y la variabilidad de esta combinación fue del 94.65% (Cuadro 14 y Figura 11).

Cuadro 14. Estadísticos descriptivos para la biomasa de hojas en plantas de teca a 188 días de establecimiento.

Encalado	Fertilización	Media	Desviación estándar	N	CV (%)
Sin encalado	Ninguno	4.06	3.49	3	85.83
	Inorgánico	0.51	0.48	3	94.55
	Orgánico	24.32	28.33	3	116.48
	Combinado	5.49	4.58	3	83.34
Con encalado	Ninguno	59.69	64.47	3	108.02
	Inorgánico	73.39	59.07	3	80.50
	Orgánico	176.55	129.73	3	73.48
	Combinado	130.02	149.99	3	115.36

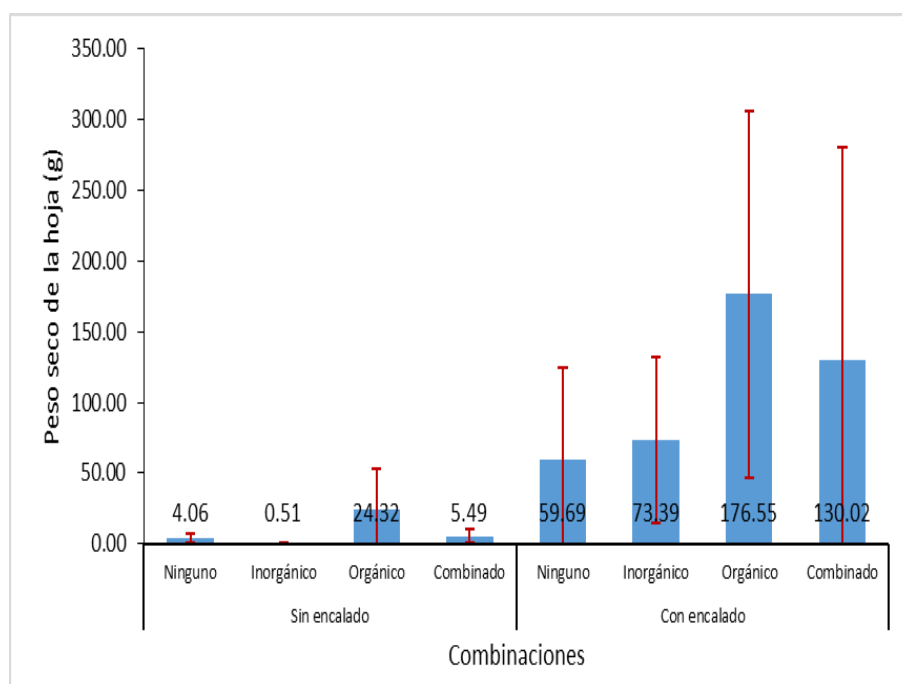


Figura 11. Biomasa de las hojas en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado y la fertilización.

En el análisis de la varianza se observa que los bloques que se instalaron no repercutieron de manera significativa sobre la biomasa de las hojas, mientras que en caso del factor encalado se observó diferencias estadísticas significativas. Además, en el factor fertilización y la interacción de los niveles y estudio no se logró demostrar significancia estadística; además se observa alta variabilidad de los datos debido a que el coeficiente de variación encontrado fue del 146.85% (Cuadro 15).

Cuadro 15. ANVA para la biomasa de hojas en plantas de teca a 188 días de establecimiento.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Bloque	2	3839.341	1919.671	4.157	0.194 ^{ns}
Encalado	1	61588.375	61588.375	133.370	0.007*
Encalado * Bloque	2	923.571	461.786	0.061	0.941 ^{ns}
Fertilización	3	18090.734	6030.245	0.796	0.519 ^{ns}
Encalado * Fertilización	3	9040.645	3013.548	0.398	0.757 ^{ns}
Error	12	90856.376	7571.365		
CV (%)			146.85		

CV: Coeficiente de variación.

ns: no significativo.

*: significativo.

En caso de la comparación de medias por parte del factor encalado, se reporta que las plantas de teca sometidas al encalado presentaron mayor biomasa foliar (Figura 12).

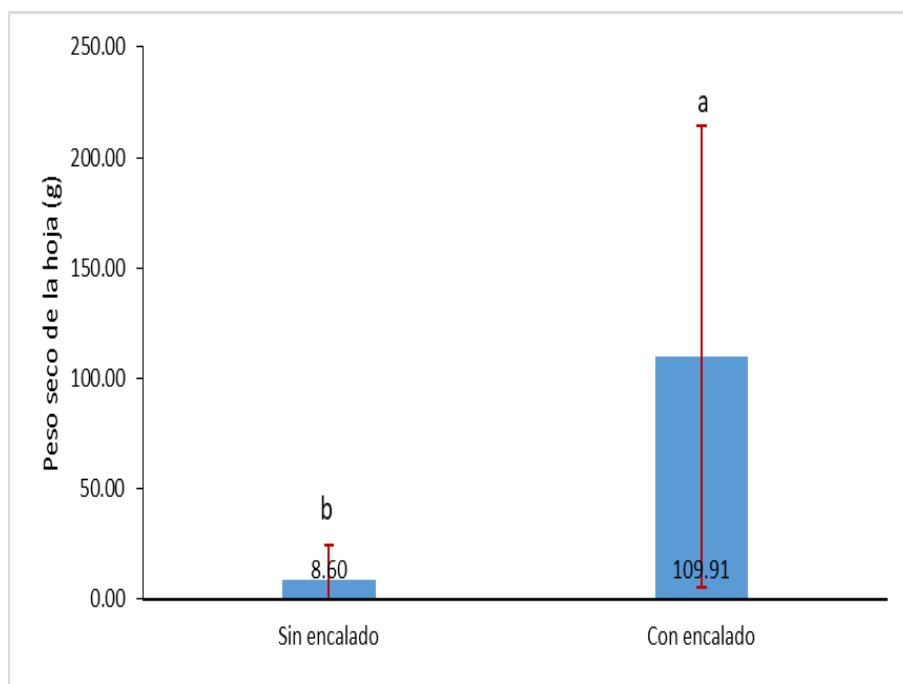


Figura 12. Biomasa de las hojas en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado.

4.2.4.2. Biomasa del tallo

En el análisis de la biomasa acumulada en el tallo de las plantas de teca a los 188 días posteriores a su establecimiento, se encontró que la aplicación de los abonos orgánicos favoreció en dicha variable tanto bajo el enfoque de utilizar o no el encalado, pero de manera independiente, se muestra que las plantas que fueron encalado y también aplicados abonos orgánicos presentaron una media de 82.59 g en que es la mayor biomasa promedio de los tallos, mientras que el menor promedio se obtuvo al utilizar fertilizante inorgánico sin encalado del suelo con una media de 1.38 g; además, se encontró alta variabilidad de los datos en las combinaciones que alcanzaron mayores promedios (Cuadro 16 y Figura 13).

Cuadro 16. Estadísticos descriptivos para la biomasa del tallo en plantas de teca a 188 días de establecimiento.

Encalado	Fertilización	Media	Desviación estándar	N	CV (%)
Sin encalado	Ninguno	2.53	1.89	3	74.71
	Inorgánico	1.38	1.14	3	82.50
	Orgánico	15.23	18.72	3	122.94
	Combinado	1.89	2.11	3	111.48
Con encalado	Ninguno	25.24	22.37	3	88.64
	Inorgánico	26.63	20.07	3	75.39
	Orgánico	82.59	40.63	3	49.19
	Combinado	66.51	80.46	3	120.97

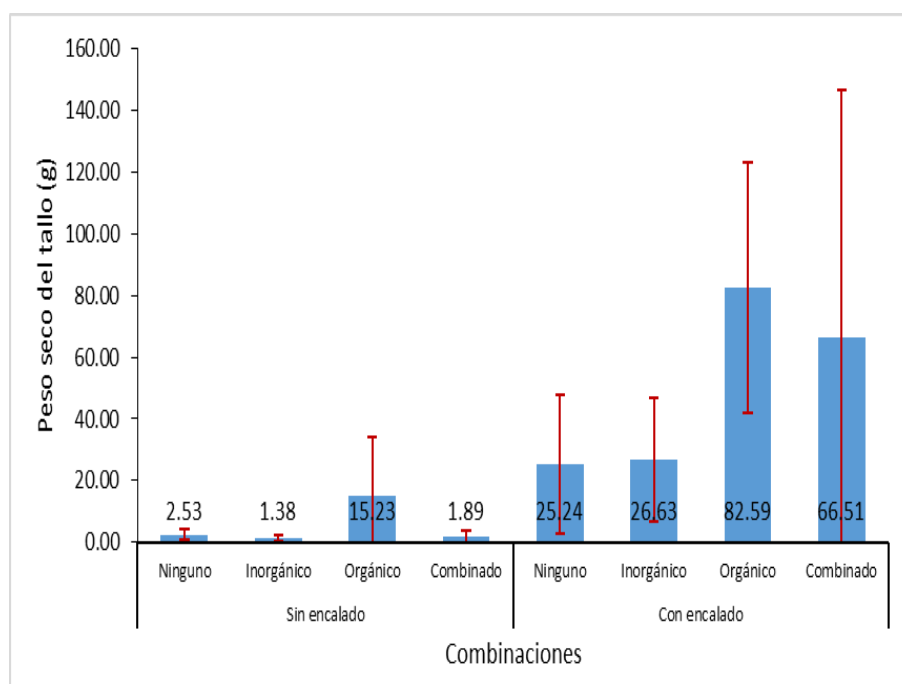


Figura 13. Biomasa del tallo en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado y la fertilización.

En caso del contraste de las hipótesis para las fuentes de variación del análisis de la varianza, se obtuvo que tanto los bloques, el factor fertilización y la interacción de ambos niveles en cada factor no presentaron diferencias estadísticas significativas; de manera contraria, se presentó que el factor encalado presentó diferencias estadísticas significativas sobre la biomasa del tallo (Cuadro 17).

Cuadro 17. ANVA para la biomasa del tallo en plantas de teca a 188 días de establecimiento.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Bloque	2	409.387	204.694	1.719	0.368 ^{ns}
Encalado	1	12142.351	12142.351	101.968	0.010*
Encalado * Bloque	2	238.160	119.080	0.079	0.925 ^{ns}
Fertilización	3	5224.450	1741.483	1.153	0.368 ^{ns}
Encalado * Fertilización	3	2658.347	886.116	0.587	0.635 ^{ns}
Error	12	18128.016	1510.668		
CV (%)			140.06		

CV: Coeficiente de variación. ns: no significativo. *: significativo.

Se demostró que el uso de encalado en las plantas de teca favoreció en acumular mayor biomasa en el tallo de las plantas a una edad de 188 días posteriores al establecimiento, pero se resalta que existió alta variabilidad de los datos representados por las barras de error (Figura 14).

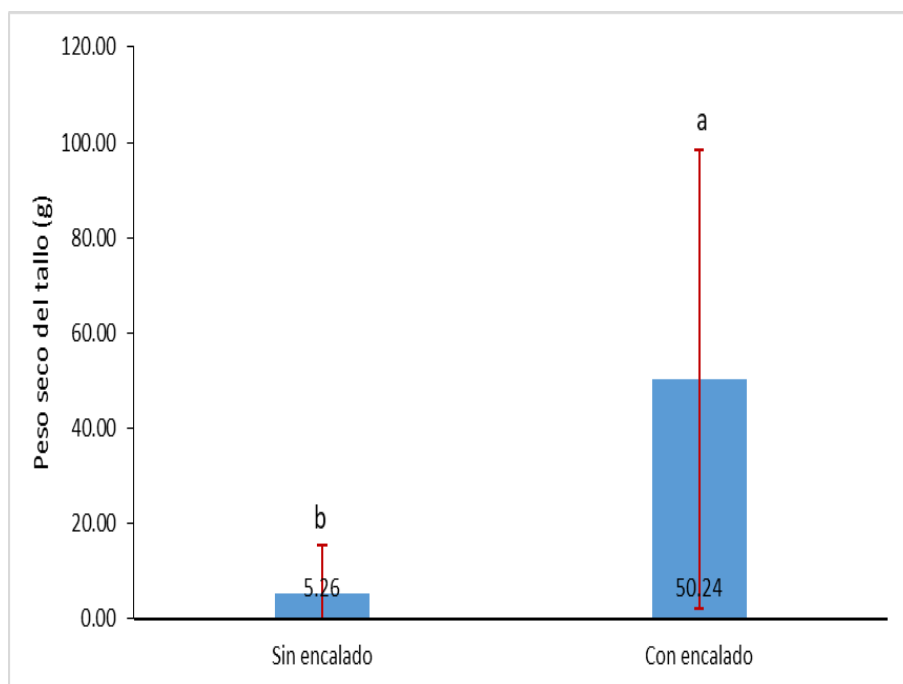


Figura 14. Biomasa del tallo en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado.

4.2.4.3. Biomasa de la raíz

La biomasa acumulada por parte del sistema radicular encontrada en las plantas de teca a los 188 días posteriores al establecimiento fue superado en el promedio por los individuos que se encontraban encalado y tratados con abonos orgánicos en donde el valor obtenido fue 82.76 g, mientras que la biomasa encontrada en las plantas fertilizadas inorgánicamente y sin encalado solo reportaron una media de 2.09 g de la variable mencionada con buena homogeneidad de dispersión de los datos en cada bloque establecido. Además, es resaltante que la mayoría de las combinaciones o tratamientos considerados en el experimento registraron mucha variabilidad que se expresó porcentualmente en el coeficiente de variación (Cuadro 18 y Figura 15).

Cuadro 18. Estadísticos descriptivos para la biomasa de la raíz en plantas de teca a 188 días de establecimiento.

Encalado	Fertilización	Media	Desviación estándar	N	CV (%)
Sin encalado	Ninguno	13.57	10.10	3	74.40
	Inorgánico	2.09	0.32	3	15.35
	Orgánico	23.61	19.50	3	82.60
	Combinado	9.63	6.24	3	64.75
Con encalado	Ninguno	34.17	13.03	3	38.15
	Inorgánico	39.33	22.50	3	57.22
	Orgánico	82.76	45.70	3	55.22
	Combinado	50.40	52.58	3	104.32

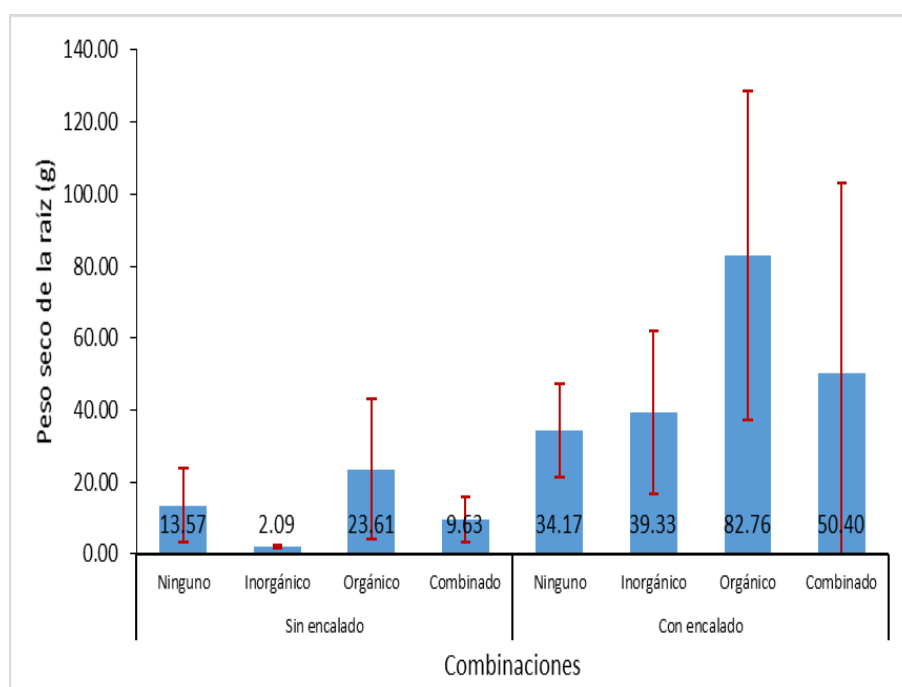


Figura 15. Biomasa de la raíz en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado y la fertilización.

En el análisis de la varianza ejecutado para el contraste de las hipótesis concernientes a la biomasa del sistema radicular, se obtuvo que los factores error a constituido por la interacción entre el bloque y el encalado, el factor fertilización y la interacción entre los dos factores en estudio no presentaron diferencias estadísticas significativas, mientras que en caso de los bloques y los niveles del factor encalado presentaron diferencias estadísticas significativas. Además, la variabilidad de los datos fue muy elevada respecto a la variable mencionada (Cuadro 19).

Cuadro 19. ANVA para la biomasa de la raíz en plantas de teca a 188 días de establecimiento.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Bloque	2	549.470	274.735	480.716	0.002*
Encalado	1	9333.082	9333.082	16330.494	0.001*
Encalado * Bloque	2	1.143	0.572	0.001	0.999 ^{ns}
Fertilización	3	3877.683	1292.561	1.343	0.307 ^{ns}
Encalado * Fertilización	3	1125.829	375.276	0.390	0.762 ^{ns}
Error	12	11550.733	962.561		
CV (%)			97.12		

CV: Coeficiente de variación.

ns: no significativo.

*: significativo.

En el efecto principal de los niveles de encalado, realizar esta actividad favorece estadísticamente a la biomasa radicular (Figura 16).

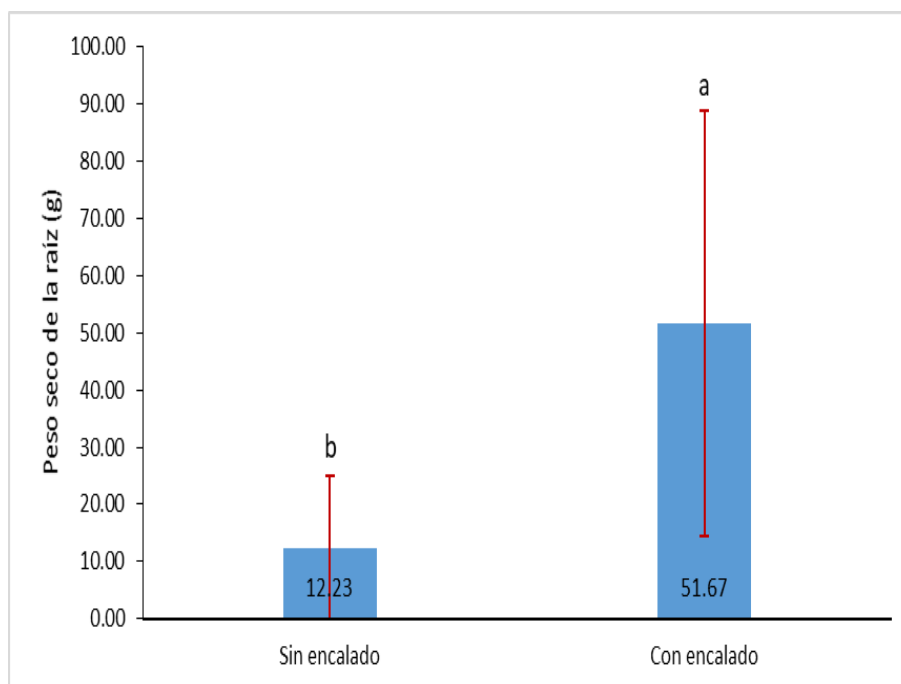


Figura 16. Biomasa de la raíz en plantas de teca a 188 días de establecimiento por efecto del encalado.

4.3. Efecto de los fertilizantes y del encalado en atributos del suelo (pH, N, P, K, Ca, Mg, M.O.)

4.3.1. Niveles de pH

Culminada el experimento se encontró que los suelos donde fueron tratados sin la aplicación del encalado registraron mayor promedio del nivel de pH, en caso del menor valor, se reportó en la combinación aplicación de encalado y la fertilización orgánica mezclada con el inorgánico que presentó una media de 4.63; en caso de las variaciones, en la mayoría de las combinaciones probadas se encontró que disminuyeron sus valores del pH convirtiéndolas en suelos más ácidos, a excepción de la aplicación de abonos orgánicos tanto con y sin encalado que favoreció en el incremento de los niveles del pH con medias

de 0.11 y 0.41 respectivamente en el periodo de ejecución de la tesis. Respecto a la variabilidad de los datos, en los datos finales fueron homogéneos los resultados en los bloques establecidos, mientras que en caso las variaciones se encontró elevada variabilidad debido a las limitantes del coeficiente de variación al encontrarse las medias muy cercanas a cero, por contener valores positivos y negativos (Cuadro 20).

Cuadro 20. Estadísticos para el nivel de pH y su variación durante el experimento.

Encalado	Fertilización	Media	DE	CV (%)	Media _i	DE _i	CV (%) _i
Sin encalado	Ninguno	5.04	0.28	5.48	-0.24	0.44	182.76
	Inorgánico	5.15	0.77	14.97	-0.14	0.45	331.32
	Orgánico	5.39	0.42	7.86	0.11	0.15	133.92
	Combinado	4.98	0.38	7.61	-0.31	0.65	211.74
Con encalado	Ninguno	4.92	0.23	4.69	-0.37	0.41	110.49
	Inorgánico	4.99	0.75	15.03	-0.29	0.42	145.32
	Orgánico	5.69	0.98	17.16	0.41	1.07	262.69
	Combinado	4.63	0.21	4.43	-0.66	0.53	80.36

i: variación en el nivel del elemento durante el periodo de estudio. ns: No significativo.

En caso de las variaciones en el valor del pH se encontró que en algunas repeticiones hubo tanto disminución como incremento de los niveles entre los bloques establecidos debido a que las barras de error elaborados en base a la desviación estándar entrecruzan las líneas de las abscisas, siendo

mayor el valor en la combinación del uso de encalado y la aplicación del abono orgánico en el manejo inicial de la teca en suelo degradado (Figura 17).

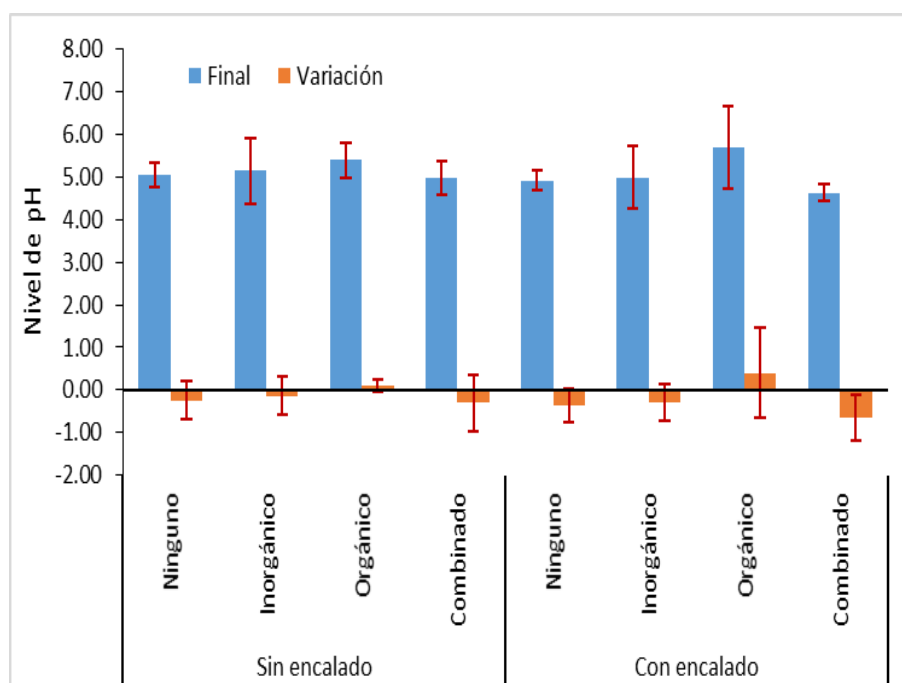


Figura 17. Nivel de pH y su variación por la aplicación del encalado y la fertilización.

Mediante en el análisis de la varianza, no se logró demostrar diferencias estadísticas significativas en las fuentes de variación para los valores finales del pH, siendo también carente de significancia las fuentes de variación correspondiente a la variación de los niveles de pH (Cuadro 21).

El coeficiente de variación indica la gran variabilidad de los datos en el experimento respecto a los valores que se obtuvieron para el análisis de la variación de los niveles durante el periodo de ejecución del experimento con un valor del 330.2% (Cuadro 21).

Cuadro 21. Cuadrados medios para el nivel de pH y su variación durante el experimento.

Fuente de variación	GL	CM	P-valor	CM _i	P-valor _i
Bloque	2	0.234	0.360 ^{ns}	0.232	0.362 ^{ns}
Encalado	1	0.042	0.630 ^{ns}	0.042	0.630 ^{ns}
Encalado * Bloque	2	0.132	0.710 ^{ns}	0.132	0.710 ^{ns}
Fertilización	3	0.599	0.240 ^{ns}	0.599	0.240 ^{ns}
Encalado * Fertilización	3	0.111	0.826 ^{ns}	0.111	0.826 ^{ns}
Error	12	0.373		0.373	
CV(%)		11.98		330.202	

i: variación en el nivel del elemento durante el periodo de estudio.

4.3.2. Materia orgánica

De manera general se obtuvo que al aplicar las fuentes de fertilizantes en suelos sin encalado se reportó mayores promedios en comparación al suelo que fue encalado (a excepción de la combinación con encalado y sin fertilización); en caso de la aplicación de un fertilizante inorgánico mezclado con uno orgánico se observa que presentó menores incrementos de la materia orgánica con medias de 0.24% y 0.09%, registrando además en la última combinación hasta valores negativos de materia orgánica como se representa en las barras de error que entrecruzan al eje de las abscisas (Cuadro 22 y Figura 18).

Cuadro 22. Estadísticos para el nivel de materia orgánica y su variación durante el experimento.

Encalado	Fertilización	Media	DE	CV (%)	Media _i	DE _i	CV (%) _i
Sin encalado	Ninguno	1.89	0.19	10.30	0.39	0.18	47.71
	Inorgánico	2.34	0.30	12.61	0.84	0.22	25.78
	Orgánico	2.33	0.55	23.64	0.83	0.65	78.16
	Combinado	1.74	0.24	14.01	0.24	0.13	54.73
Con encalado	Ninguno	2.02	0.49	24.20	0.52	0.40	77.55
	Inorgánico	1.95	0.47	24.10	0.45	0.36	79.98
	Orgánico	1.94	0.28	14.37	0.44	0.39	89.28
	Combinado	1.59	0.17	10.73	0.09	0.27	298.35

i: variación en el nivel del elemento durante el periodo de estudio. ns: No significativo.

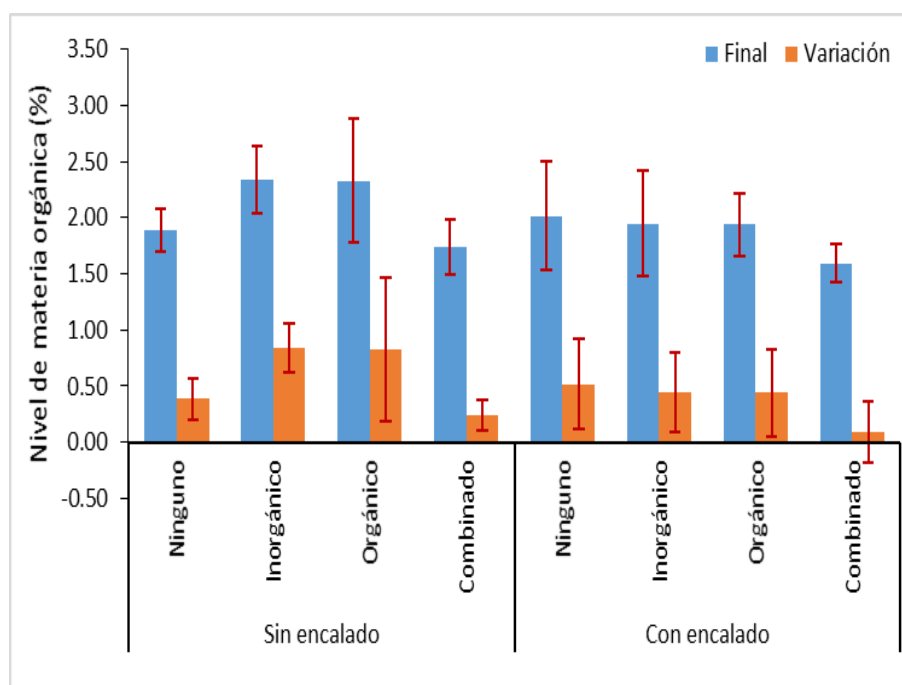


Figura 18. Nivel de materia orgánica y su variación por la aplicación del encalado y la fertilización.

Los niveles de materia orgánica y la variación después de la aplicación de los tratamientos no fueron afectados estadísticamente por los factores en estudio, además, no se reportó interacción estadística (Cuadro 23).

Cuadro 23. Cuadrados medios para el nivel de materia orgánica y su variación durante el experimento.

Fuente de variación	GL	CM	P-valor	CM _i	P-valor _i
Bloque	2	0.088	0.149 ^{ns}	0.067	0.188 ^{ns}
Encalado	1	0.242	0.059 ^{ns}	0.242	0.059 ^{ns}
Encalado * Bloque	2	0.016	0.907 ^{ns}	0.016	0.907 ^{ns}
Fertilización	3	0.298	0.186 ^{ns}	0.298	0.186 ^{ns}
Encalado * Fertilización	3	0.092	0.639 ^{ns}	0.092	0.639 ^{ns}
Error	12	0.158		0.158	
CV(%)		20.14		83.912	

i: variación en el nivel del elemento durante el periodo de estudio. ns: No significativo.

4.3.3. Nitrógeno

Mejores valores de nitrógeno se reportaron al tener un suelo sin encalado y aplicarse fertilización orgánica e inorgánica de manera independiente con una media de 0.11% para ambas combinaciones, mientras que el menor promedio se muestra en la combinación con encalado y fertilizantes combinados, en caso de la variación, se reportó valores negativos al encalar el suelo y combinar los fertilizantes (Cuadro 24 y Figura 19).

Cuadro 24. Estadísticos para el nivel de nitrógeno y su variación durante el experimento.

Encalado	Fertilización	Media	DE	CV (%)	Media _i	DE _i	CV (%) _i
Sin encalado	Ninguno	0.08	0.01	6.93	0.02	0.01	34.64
	Inorgánico	0.11	0.01	10.83	0.04	0.01	25.00
	Orgánico	0.11	0.02	19.52	0.04	0.03	66.14
	Combinado	0.08	0.01	12.50	0.01	0.01	43.30
Con encalado	Ninguno	0.09	0.02	24.74	0.03	0.02	78.06
	Inorgánico	0.08	0.02	24.98	0.02	0.02	91.65
	Orgánico	0.09	0.01	13.32	0.02	0.02	86.60
	Combinado	0.07	0.01	7.87	0.01	0.01	173.21

i: variación en el nivel del elemento durante el periodo de estudio.

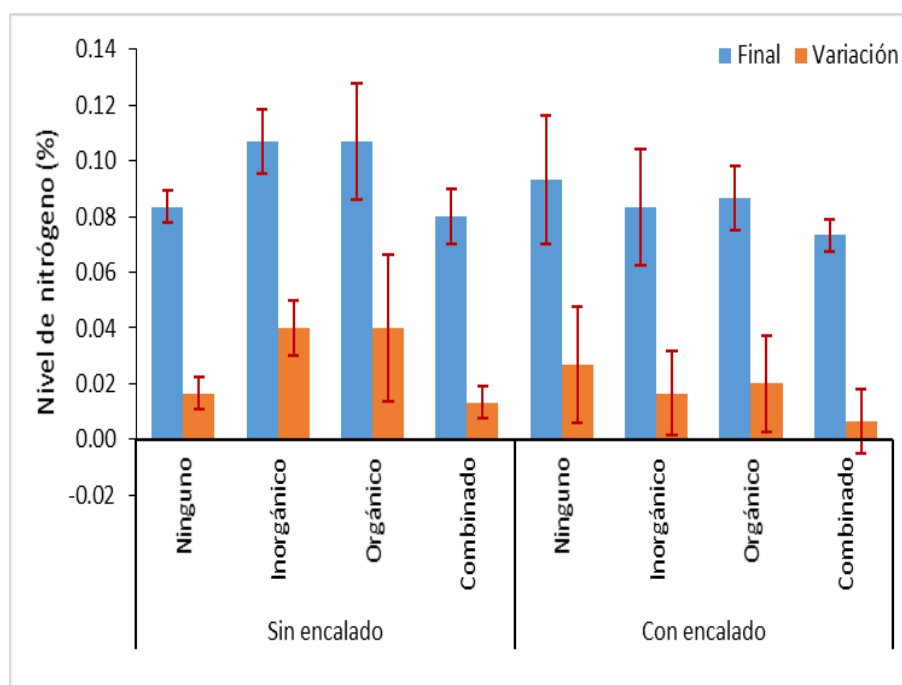


Figura 19. Nivel del nitrógeno y su variación por la aplicación del encalado y la fertilización.

Los niveles de nitrógeno no fueron afectados de manera significativa por parte de los dos factores en estudio y tampoco se encontró interacción estadística entre los niveles de cada factor (Cuadro 25).

Cuadro 25. Cuadrados medios para el nivel de nitrógeno y su variación durante el experimento.

Fuente de variación	GL	CM	P-valor	CM _i	P-valor _i
Bloque	2	0.0002	0.188 ^{ns}	0.00035	0.125 ^{ns}
Encalado	1	0.0006	0.074 ^{ns}	0.00060	0.074 ^{ns}
Encalado * Bloque	2	0.0001	0.828 ^{ns}	0.00005	0.828 ^{ns}
Fertilización	3	0.0005	0.185 ^{ns}	0.00049	0.185 ^{ns}
Encalado * Fertilización	3	0.0003	0.314 ^{ns}	0.00034	0.314 ^{ns}
Error	12	0.0003		0.00026	
CV(%)		18.12		71.817	

i: variación en el nivel del elemento durante el periodo de estudio. ns: No significativo.

4.3.4. Fósforo

Mayores niveles de fósforo se encontraron al utilizar fertilización inorgánica tanto en un suelo encalado o con la ausencia de esta, pero ambos con alta variabilidad de los datos respecto a los bloques establecidos; en caso de la variación de los niveles de este elemento, se tiene que en todas las combinaciones hubo repeticiones donde disminuyó el valor en comparación al análisis inicial de los suelos (Cuadro 26 y Figura 20).

Cuadro 26. Estadísticos para el nivel de fósforo y su variación durante el experimento.

Encalado	Fertilización	Media	DE	CV (%)	Media _i	DE _i	CV (%) _i
Sin encalado	Ninguno	21.57	12.18	56.45	-33.67	28.23	83.86
	Inorgánico	66.98	50.94	76.05	11.75	26.85	228.51
	Orgánico	31.51	8.64	27.41	-23.73	16.15	68.06
	Combinado	30.43	13.04	42.85	-24.80	13.19	53.18
Con encalado	Ninguno	40.53	22.79	56.22	-14.70	21.91	149.02
	Inorgánico	59.14	48.25	81.59	3.90	24.20	619.98
	Orgánico	33.73	12.13	35.95	-21.50	25.96	120.76
	Combinado	40.54	2.46	6.06	-14.70	23.05	156.82

i: variación en el nivel del elemento durante el periodo de estudio.

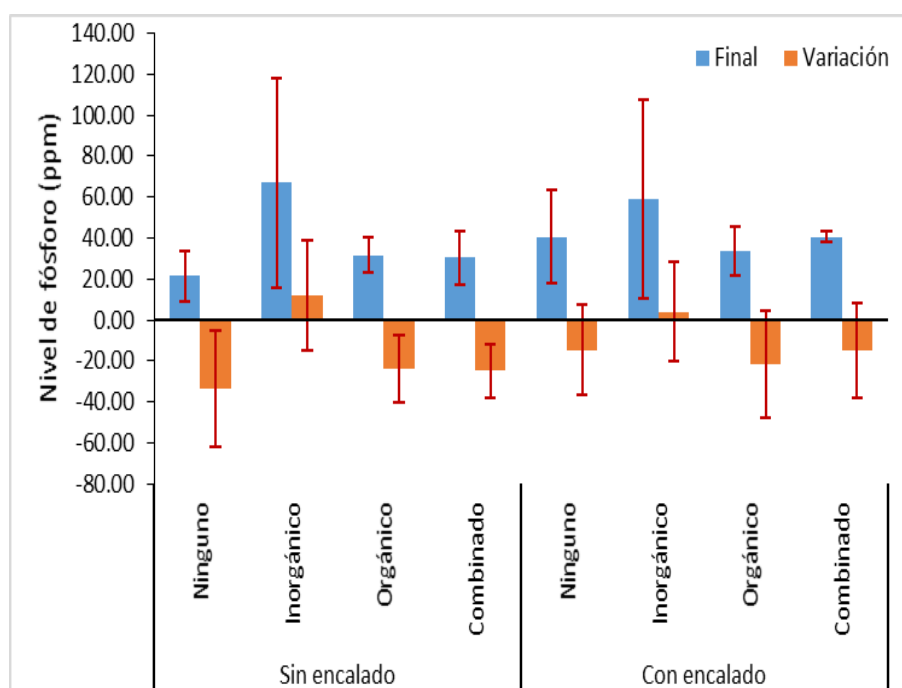


Figura 20. Nivel del fósforo y su variación por la aplicación del encalado y la fertilización.

No se logró demostrar efectos estadísticos al realizar la aplicación del encalado y la fertilización sobre los niveles de fósforo en el suelo, dicho resultado fue acompañada por la alta variabilidad de los datos (Cuadro 27).

Cuadro 27. Cuadrados medios para el nivel de fósforo y su variación durante el experimento.

Fuente de variación	GL	CM	P-valor	CM _i	P-valor _i
Bloque	2	2309.648	0.129 ^{ns}	545.237	0.385 ^{ns}
Encalado	1	206.272	0.518 ^{ns}	206.272	0.518 ^{ns}
Encalado * Bloque	2	341.339	0.557 ^{ns}	341.339	0.557 ^{ns}
Fertilización	3	1371.012	0.112 ^{ns}	1371.012	0.112 ^{ns}
Encalado * Fertilización	3	195.446	0.789 ^{ns}	195.446	0.789 ^{ns}
Error	12	556.162		556.162	
CV(%)		58.15		160.648	

i: variación en el nivel del elemento durante el periodo de estudio. ns: No significativo.

4.3.5. Potasio

El potasio al final del estudio fue mayor en la combinación constituida por la aplicación del encalado y el uso de fertilizantes inorgánicas mezcladas con orgánicas que reportó una media de 323.67 ppm, mientras que el menor valor se obtuvo en suelos sin encalar y sin fertilizar con una media de 70.33%; la variación de los niveles en algunos casos valores negativos lo que ratifica la disminución del nivel de potasio (Cuadro 28 y Figura 21).

Cuadro 28. Estadísticos para el nivel del potasio y su variación durante el experimento.

Encalado	Fertilización	Media	DE	CV (%)	Media _i	DE _i	CV (%) _i
Sin encalado	Ninguno	70.33	36.09	51.31	9.67	46.52	481.27
	Inorgánico	187.67	241.42	128.64	127.00	251.48	198.01
	Orgánico	117.33	61.23	52.19	56.67	67.10	118.41
	Combinado	162.33	41.04	25.28	101.67	34.31	33.75
Con encalado	Ninguno	78.67	27.21	34.59	18.00	34.04	189.13
	Inorgánico	235.33	291.48	123.86	174.67	302.00	172.90
	Orgánico	144.00	60.10	41.74	83.33	73.98	88.77
	Combinado	323.67	338.21	104.49	263.00	341.15	129.71

i: variación en el nivel del elemento durante el periodo de estudio.

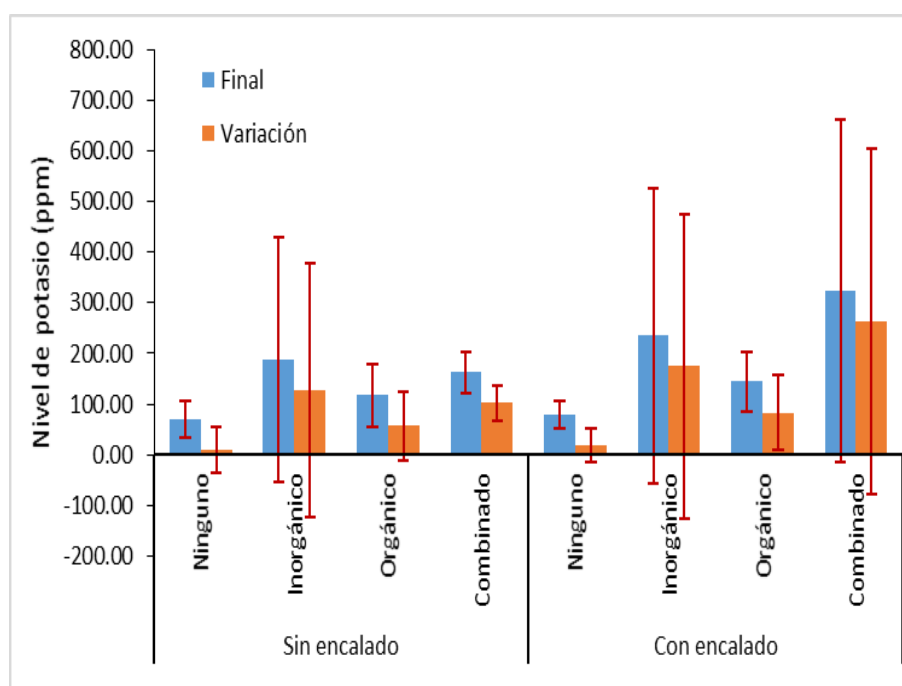


Figura 21. Nivel del potasio y su variación por la aplicación del encalado y la fertilización.

No se logró demostrar diferencias estadísticas significativas en los niveles de potasio contenida en el suelo al aplicarse el encalado ni la fertilización, además, tampoco hubo interacción significativa entre los niveles en cada factor en estudio; en caso del coeficiente de variación, hubo alta variabilidad de los datos respecto a los bloques establecidos (Cuadro 29).

Cuadro 29. Cuadrados medios para el nivel del potasio y su variación durante el experimento.

Fuente de variación	GL	CM	P-valor	CM _i	P-valor _i
Bloque	2	33858.792	0.245 ^{ns}	50442.125	0.179 ^{ns}
Encalado	1	22326.000	0.290 ^{ns}	22326.000	0.290 ^{ns}
Encalado * Bloque	2	10963.625	0.751 ^{ns}	10963.625	0.751 ^{ns}
Fertilización	3	35230.500	0.450 ^{ns}	35230.500	0.450 ^{ns}
Encalado * Fertilización	3	7098.556	0.901 ^{ns}	7098.556	0.901 ^{ns}
Error	12	37316.486		37316.486	
CV(%)		117.13		185.300	

i: variación en el nivel del elemento durante el periodo de estudio. ns: No significativo.

4.3.6. Calcio

Se reporta mayor contenido de calcio en el suelo con encalado y el aporte de abono orgánico con una media de 3.75 Cmol/kg, pero fue muy variable debido a que el coeficiente de variación fue 62.16%. En la variación de los niveles, en todas las combinaciones se reportó al menos una repetición con disminución del valor al compararse al valor inicial (Cuadro 30 y Figura 22).

Cuadro 30. Estadísticos para el nivel del calcio y su variación durante el experimento.

Encalado	Fertilización	Media	DE	CV (%)	Media _i	DE _i	CV (%) _i
Sin encalado	Ninguno	2.24	0.64	28.74	0.06	0.77	1288.73
	Inorgánico	2.66	2.06	77.50	0.47	2.14	451.35
	Orgánico	2.77	1.01	36.49	0.59	1.03	174.89
	Combinado	1.80	0.15	8.50	-0.39	0.12	30.64
Con encalado	Ninguno	2.28	1.08	47.31	0.09	1.22	1307.38
	Inorgánico	2.15	0.17	7.72	-0.03	0.07	240.37
	Orgánico	3.75	2.33	62.16	1.57	2.42	153.91
	Combinado	1.95	0.60	30.76	-0.24	0.77	324.40

i: variación en el nivel del elemento durante el periodo de estudio.

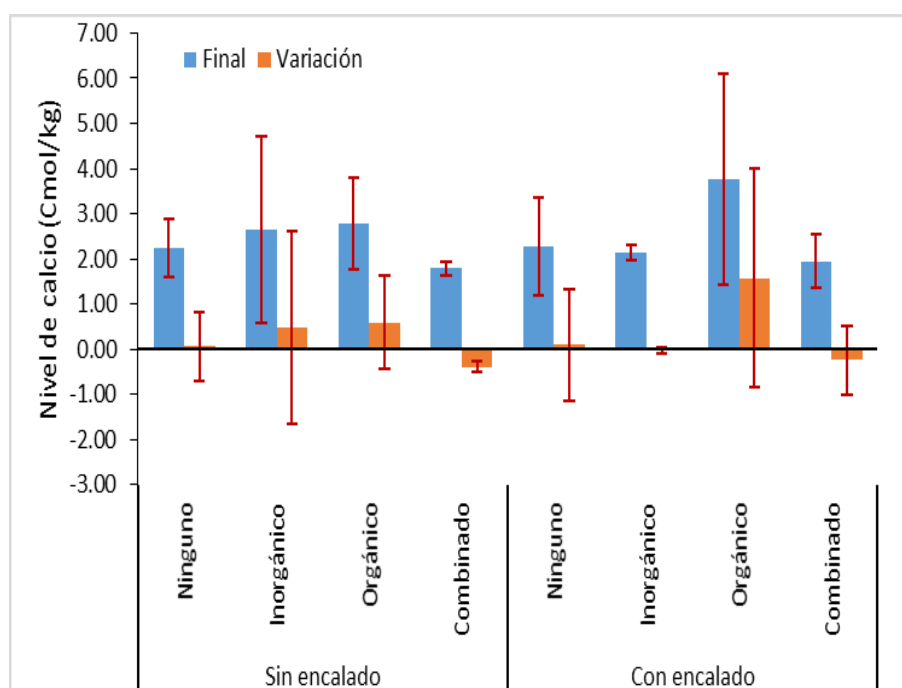


Figura 22. Nivel del calcio y su variación por la aplicación del encalado y la fertilización.

No se logró demostrar significancia estadística entre los niveles del calcio en los suelos donde se establecieron la teca a consecuencia de la aplicación del encalado, la fertilización y en caso de la interacción entre los niveles de ambos factores en estudio (Cuadro 31).

Cuadro 31. Cuadrados medios para el nivel del calcio y su variación durante el experimento.

Fuente de variación	GL	CM	P-valor	CM _i	P-valor _i
Bloque	2	1.753	0.523 ^{ns}	3.225	0.373 ^{ns}
Encalado	1	0.163	0.798 ^{ns}	0.163	0.798 ^{ns}
Encalado * Bloque	2	1.919	0.314 ^{ns}	1.919	0.314 ^{ns}
Fertilización	3	2.068	0.297 ^{ns}	2.068	0.297 ^{ns}
Encalado * Fertilización	3	0.564	0.772 ^{ns}	0.564	0.772 ^{ns}
Error	12	1.503		1.503	
CV(%)		50.04		459.780	

i: variación en el nivel del elemento durante el periodo de estudio. ns: No significativo.

4.3.7. Magnesio

La aplicación de abonos orgánicos tanto en suelo con y sin encalado reportó mayor promedio al final del experimento con valores de 0.82 y 0.85 Cmol/kg. En la variación de los datos, se observa que existe en todas las combinaciones al menos una repetición registró menores valores a la medición inicial (Cuadro 32 y Figura 23).

Cuadro 32. Estadísticos para el nivel del magnesio y su variación durante el experimento.

Encalado	Fertilización	Media	DE	CV (%)	Media _i	DE _i	CV (%) _i
Sin encalado	Ninguno	0.78	0.15	18.89	0.08	0.33	396.97
	Inorgánico	0.45	0.05	11.76	-0.25	0.24	95.45
	Orgánico	0.85	0.35	41.34	0.15	0.45	302.07
	Combinado	0.55	0.06	10.07	-0.15	0.20	133.17
Con encalado	Ninguno	0.60	0.03	5.00	-0.10	0.18	185.73
	Inorgánico	0.57	0.06	10.67	-0.13	0.14	112.30
	Orgánico	0.82	0.16	19.14	0.12	0.18	150.00
	Combinado	0.71	0.16	22.36	0.02	0.34	2040.29

i: variación en el nivel del elemento durante el periodo de estudio.

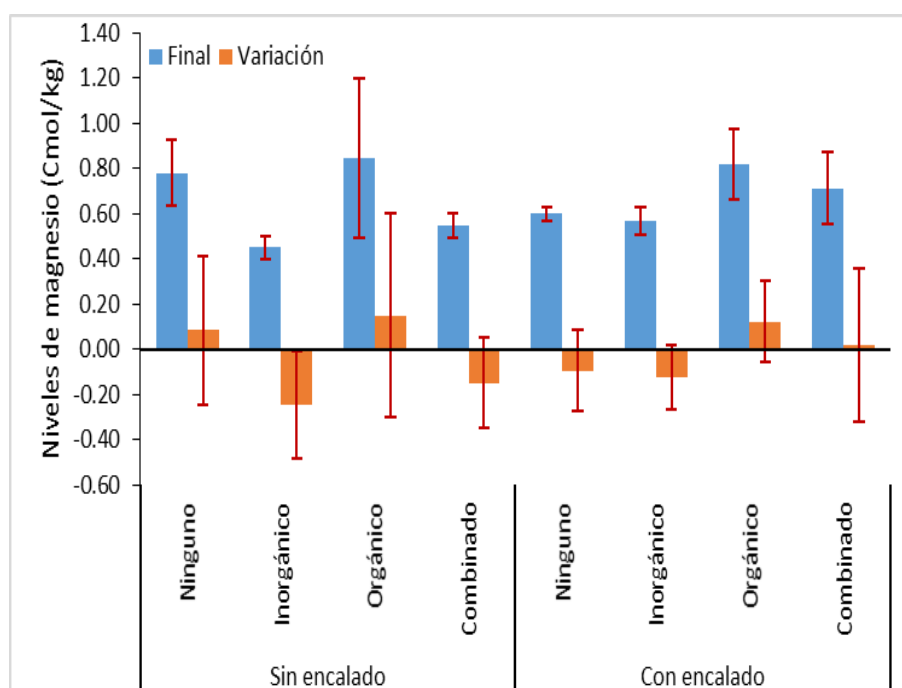


Figura 23. Nivel del magnesio y su variación por la aplicación del encalado y la fertilización.

El encalado no repercutió de manera significativa sobre el nivel de magnesio se los suelos, además no hubo interacción estadística significativa. En caso de los fertilizantes, se encontró diferencias estadísticas significativas y en la variabilidad de los datos, hubo elevada variabilidad en los bloques establecidos (Cuadro 33).

Cuadro 33. Cuadrados medios para el nivel del magnesio y su variación durante el experimento.

Fuente de variación	GL	CM	P-valor	CM _i	P-valor _i
Bloque	2	0.015	0.666 ^{ns}	0.421	0.067 ^{ns}
Encalado	1	0.002	0.813 ^{ns}	0.002	0.813 ^{ns}
Encalado * Bloque	2	0.030	0.349 ^{ns}	0.030	0.349 ^{ns}
Fertilización	3	0.107	0.033*	0.107	0.033*
Encalado * Fertilización	3	0.037	0.291 ^{ns}	0.037	0.291 ^{ns}
Error	12	0.026		0.026	
CV(%)		24.45		520.676	

i: variación en el nivel del elemento durante el periodo de estudio. ns: No significativo. *: existen diferencias estadísticas significativas.

Al aplicar el abono orgánico en suelos degradados, se reportó mejores efectos sobre el nivel de magnesio en dichos suelos, esta influencia incrementó los valores en 0.14 Cmol/kg, el cual también fue estadísticamente superior frente a los demás niveles en estudio; en caso del abono inorgánico, se observa que generó menores efectos, tanto es así que generó merma de las medias iniciales en 0.19 Cmol/kg (Cuadro 34).

Cuadro 34. Prueba Duncan para el nivel del magnesio y su variación durante el experimento por efecto de la fertilización.

Fertilización	N	Media	Subconjunto	Media _i	Subconjunto _i
Orgánico	6	0.83	a	0.14	a
Ninguno	6	0.69	ab	-0.01	ab
Combinado	6	0.63	ab	-0.07	ab
Inorgánico	6	0.51	b	-0.19	b

i: variación en el nivel del elemento durante el periodo de estudio.

V. DISCUSIÓN

5.1. Sobrevivencia de número de plantas

De acuerdo al resultado, la mayor cantidad de plantas sobrevivientes se dio en suelos encalados, con 4 plantas muertas; a comparación donde no se utilizó la enmienda, donde murieron 24 plantas (Cuadro 7), y en referencia a lo estudiado por (HARRIS *et al.*, 1996; WHEELER 1998), esto se debe al gran potencial de la dolomita, que tiene como efectos de incrementar el pH, la CIC y la liberación de nutrientes mediante la mineralización de restos orgánicos, además de estar compuesto de Ca y Mg, siendo estas características de la enmienda de gran beneficio al cultivo, ya que la teca requiere suelos especialmente ricos en Calcio, Magnesio y Potasio. WEAVER (1993) y VALLEJOS (1996), consideran el pH óptimo para el crecimiento de la teca esta entre 6.5 – 7.5 de la cual la presente investigación de tesis se realizó en suelos de la región San Martín con pH inicial de 5, y al trabajar con la dolomita se obtuvo una reducción en la acidez y esto a su vez beneficiando la sobrevivencia del cultivo de teca.

SCHEELJE (2020), en su experiencia al trabajar cultivos de teca en gran extensión, tanto dentro y fuera del Perú, manifiesta que el cultivo de teca puede crecer en pH menores a 6.5 mientras haya materia orgánica. Con

solo 27 plantas muertas en total, se determinó un 90% de sobrevivencia, mostrado en la Figura 1, demostrando que es un cultivo con gran resiliencia, en referencia a los estudiado por MOLLINEDO (2003) en su evaluación determino la sobrevivencia, con un rango alto de entre 83 al 100%. ZEVALLOS (2017) en su investigación manifiesta que de 75.1 ha de cultivos de teca, afectados por incendios se recuperó 89.5% arboles vivos, corroborando que es una especie muy resistente, con alto índice de sobrevivencia.

5.2. Parámetros biométricos (Diámetro, área foliar, Altura y biomasa seca)

5.2.1. Diámetro del fuste

De acuerdo con los resultados, se obtuvo diferencias significativas por parte de la aplicación de la enmienda, sin llegar a una interacción significativa entre los dos factores en estudio, de tal manera que no repercutieron sobre el diámetro del tallo en el tiempo evaluado (Cuadro 9). Con respecto a los tratamiento de fertilización, el mayor valor del diámetro se obtuvo con tratamiento orgánico (guano de isla, gallinaza, roca fosfórica), donde alcanzó un diámetro promedio de 28.74 mm en los 188 días o 6 meses (Cuadro 8), y en referencia a lo estudiado por PALOMINO (2011) donde determinó que el cultivo de teca con tratamiento de guano de isla y roca fosfórica, alcanzo el diámetro promedio de 54 mm, resultando el doble a lo obtenido en la investigación, esto debido a que la evaluación se dio en 12 meses. En ambas investigaciones se consiguieron mayor resultado en cuento al diámetro tras la aplicación de los tres fertilizantes orgánicos esto debido al gran potencial nutricional. Según investigación de la FAO (2009) se debe a que los fertilizantes orgánicos en suelos con pH ácidos contribuyen a amortiguar las condiciones químicas del suelo, mejorando las

propiedades físicas y biológicas con su alto contenido en nutriente, facilitando el desarrollo del diámetro del cultivo de Teca. BORRERO (2008), alude que el guano de islas presenta, una composición completa de macro y micronutrientes esenciales para la planta, además de propiedades de sinergismo, que hace que se eleve la vitalidad en el desarrollo y crecimiento del tallo las raíces.

Un mayor diámetro en el fuste precisa la robustez del tallo y se relaciona con la eficacia de la supervivencia en campo. Según lo mencionado por (PRIETO *et al.*, 2003, 2009), a mayor diámetro, las plantas son más tenaces a la flexión y toleran mejor el impacto ejercido por plagas y herbívoros, en cuanto a la investigación las plantas que más mortalidad presentaron fue el tratamiento inorgánico sin aplicación de encalado, obtenido el menor diámetro promedio de 7.19 cm (Cuadro 8).

De acuerdo a los resultados se obtuvo un mayor desarrollo del diámetro en los tratamientos donde se aplicó dolomita (Figura 3), y en referencia a lo estudiado por (HARRIS *et al.*, 1996; WHEELER 1998), esto se debe a que la dolomita está conformado por dos macro elementos muy inevitables para que los suelos ácidos sean corregidos, que son el calcio (Ca^{++}) y el magnesio (Mg^{++}), los que en acción neutralizan al aluminio (Al^{+++}) que es dañino y en abundancia en suelos ácidos, además de favorecer la liberación de nutrientes por la mineralización de la materia orgánica.

Los resultados sobre los diámetros, mostrados en las Figuras 3 y 4, en referencias a lo estudiado por BINKLEY (1993), están asociados a que el incremento del diámetro se da por la disponibilidad de nutrientes lo que se ve en la acumulación de biomasa dentro de la planta, aportados por la aplicación de la

fertilización orgánica (guano de isla, roca fosfórica y gallinaza) y el uso de la dolomita, aumentando el incremento del fuste, generando en la madera un potencial positivo para su venta.

BALÁM *et al.*, (2015), en su trabajo de investigación sostienen que los efectos en crecimiento de diámetro con la aplicación de NPK con y sin micronutrientes, no fue estadísticamente significativa en ningunos de los tratamientos, según nuestros resultados tras el uso NPK sin enmienda se obtuvo 7.19 cm y con la aplicación de la enmienda se obtuvo 22.50 cm de diámetro promedio. No se obtuvo diferencias significativas positivas, pero se observó un mayor desarrollo con el uso de la enmienda.

5.2.2. Área foliar

La mayor área foliar se ha obtenido en las plantas donde se aplicaron enmiendas cálcicas y dosis de fertilizante orgánico (guano de isla, gallinaza, roca fosfórica) logrando un área foliar promedio de 2777.17 cm², (Figura 10). Según el análisis de varianza se determinó que el factor de encalado presento diferencias estadísticas significativas sobre el área foliar, en el caso de la fertilización orgánica se obtuvo diferencias estadísticas significativas posteriores a los 180 días (Cuadro 11). BOTTINELLI *et al.*, 2014, mencionan que el desarrollo foliar es altamente susceptible a cambios en el suelo, ya que la modificación de la raíz repercute en el crecimiento del área foliar. Para CULSHAW y STOKES (1995), manifiesta que aquellos suelos con mejoras en sus propiedades físicas pueden resultar en un aumento del área foliar de 20% a 65%. Lo cual se logró al mejorar la situación física del suelo tras la aplicación de la enmienda; a lo que RODRÍGUEZ y PANIAGUA (2001), atribuyen que la dolomita puede disminuir el

contenido de acidez del suelo, aumentando los macronutrientes como el calcio y magnesio, manteniendo un equilibrio con el potasio, lo que se convierte en una positiva relación de cationes.

Dado el caso del comportamiento del área foliar en teca bajo el factor encalado, donde se determinó un mayor desarrollo bajo la aplicación de enmiendas (Figura 6), ARGUEDAS-GAMBOA, M. *et al.*; (2016), argumenta que obtuvo un mayor desarrollo del área foliar al aplicar dolomita sobre suelos arados, al cual se coincide con los buenos resultados con la investigado donde no fue necesaria arar el suelo debido a que no presentaba compactación, como en el caso de Arguedas.

Según los resultados del área foliar del cultivo de teca bajo el factor de la fertilización, con la aplicación orgánica se obtuvo mejores resultados (Figura 7). HERMOZA (2016), concuerdan que mejorar las condiciones físicas químicas del suelo, mejora el crecimiento del cultivo de teca, determinando un desarrollo óptimo del área foliar tras el uso de materia orgánica generó un mayor incremento del área foliar, coincidiendo con la investigación de ambos autores tras aplicar fertilizantes orgánicos, generan efectos positivos en el cultivo de Teca.

5.2.3. Altura

La mayor altura promedio que se alcanzó en los 188 días de investigación, fue en suelos con enmienda y aplicación de abono orgánico, alcanzando un valor de 113.64 cm (Cuadro 12), a lo que CHAVES y FONSECA (1991), afirman que la teca presenta un acelerado crecimiento, coincidiendo con

la investigación ya que en más 6 meses se obtuvo más de la mitad de la altura promedio de 212 cm obtenidos en 12 meses, por PALOMINO (2011), donde trabajo fertilización orgánica con aplicación de encalado.

De acuerdo al resultado, se obtuvo un mayor desarrollo de altura en el cultivo de teca, donde se aplicó enmienda, demostrando diferencia estadísticas significativa independientemente sin una interacción con los demás factores en estudio (Cuadro 13), y en referencia al efecto de la enmienda en la teca, se puede constatar en el estudio realizado por CRUZ (2014), donde muestra los efectos de la fertilización inicial de Teca, con fertilizantes inorgánicos, siendo los tratamientos con y sin enmienda de carbonato de calcio (CaCO_3), de los cuales el tratamiento con carbonato de calcio fue el que mejor resultados demostró en cuanto al desarrollo del parámetro biométrico de altura. En referencia a lo estudiado por ALVARADO y FALLAS (2004), manifiestan que la adición de 1 kg de carbonato de calcio (CaCO_3) más fertilizante por árbol, después de la siembra en plantaciones de teca menores a 5 años, incrementó el crecimiento de la altura de las plantas de teca. Determinando el gran efecto positivo de aplicar enmiendas al cultivo de Teca, ya que suma al desarrollo del cultivo (Figura 9), MOLLINEDO *et al.*, (2005), manifiesta que esto se debe a la condición basófila de la teca, lo cual determina que requiere gran cantidad de Ca entre 8-10 cmol (+), y a su vez está reflejado en condiciones del pH del suelo, presentando un desarrollo óptimo con $\text{pH} > 5.5$, y en condiciones adversas por debajo del pH óptimo, aplicar enmiendas corrigen la acidez, disminuye la presencia de Aluminio, aumentando la presencia de calcio por su alto contenido, mejorando la disponibilidad de nutrientes en el suelo para el cultivo de Teca.

Tomando en consideración lo que manifestó SCHEELJE (2020), que el cultivo de Teca requiere suelos con características y propiedades similares al cultivo de Bolaina, se tomó en cuenta la investigación de MARQUEZ (2015), donde evaluó el uso de carbonato de calcio en la plantación de Bolaina, ubicados en Puerto Inca, obteniendo incremento en altura, debido a las mejoras físicas y químicas, en las propiedades del suelo por parte del carbonato de calcio.

Por otro lado, es probable que el menor crecimiento del cultivo de Teca, con el tratamiento de fertilización inorgánica sin aplicación de enmienda (Figura 8), sean causados por alteraciones químicas como la acidificación del suelo, producidas por mayores concentraciones de urea, pues se ha reportado que altas concentraciones de urea producen acidificación del suelo (BATAGLIA y SANTOS,1999).

5.2.4. Biomasa seca de hojas, tallos y raíz

De acuerdo con los resultados, se obtuvo mayor biomasa seca de hojas, tallo y raíz en cuanto a suelos con enmienda y aplicación de fertilizante orgánico, alcanzando el mayor valor promedio de hojas (176.55 g), tallos (82.59 g) y raíz (82.76 g) mostrados en la (Figura 11, 13 y 15). Observando solo diferencias significativas por parte del factor de encalado para el caso de las hojas, tallo y raíz sin interacción por otros factores en estudio (Cuadro 14,15 y 16), a acepción de la raíz que también existe diferencia significativas por parte del bloque sin ninguna interacción por otros factores en estudio (Cuadro 16) y en referencia a lo estudiado por FALLAS (2014), en su investigación, manifiesta que obtuvo un mayor desarrollo del cultivo de teca, al hacer un previo tratamiento de enmiendas de carbonato de calcio de PRNT al 95%, empleando una tonelada

por hectárea, para luego aplicar los fertilizantes NPK, obteniendo un mayor desarrollo del cultivo de teca, y mayor cantidad de biomasa seca, debido al efecto de la enmienda, al mejorar las propiedades físicas del suelo, con pH cercano a 6.5, y la adición de cationes de calcio debido a su composición cálcica de la enmienda, de esta manera facilitando el desarrollo del cultivo de teca.

VALDMIR (2018) manifiesta que realizó su investigación en condiciones edafológicas óptimas para el cultivo de teca, como pH cercanos a 7 y calcio (Ca) disponible, en el cual no requirió aplicar enmiendas cálcicas, más que solo fertilizantes, obteniendo como resultados la mayor acumulación de biomasa y carbono en las plantaciones de Santiago Ixcuintla (196.13 y 61.77 toneladas por hectárea). A comparación de la investigación de tesis, se requirió aplicar enmiendas debido a las condiciones del suelo no eran las favorables al presentar un pH ácido y baja disponibilidad de calcio.

BLANDON *et al.*, (2019) en su investigación, manifiesta la importancia para el cultivo de teca las condiciones del suelo, como el pH, Ca y MO% para su normal desarrollo, por el cual, en suelos con pH ácidos, materia orgánica baja, es necesario aplicar enmiendas cálcicas para ayudar a mineralizar la materia orgánica y disminuir la acidez, y de esta manera facilitar su adaptabilidad del cultivo de teca, tales como los resultados obtenidos (Figura 12, 14 y 16).

SALCEDO-PÉREZ *et al.* (2019) manifestó que antes de realizar las plantaciones del cultivo de teca en campo, con suelos de pH inicial moderadamente ácido (5.3) y medianamente alto en calcio (Ca), optó por aplicar (NPK) 50 – 120 – 75 con 3 toneladas por ha de hidróxido de Ca, obteniendo un

gran resultado en el cultivo de teca, ya que se dio un alto incremento de la materia seca, debido al efecto de la enmienda, coincidiendo con los efectos de la dolomita en los resultados de la tesis (Figura 12, 14 y 16).

THOMPSON (1985); VERA y CASTILLO (1995); MEXAL y LANDIS (1990), manifiestan que la biomasa es un parámetro que determina la sobrevivencia en campo, de la misma manera que el parámetro de diámetro. Obteniendo menor sobrevivencia con plantas que presenten menor peso o biomasa seca. En el caso de la investigación de tesis se obtuvo mayor sobrevivencia donde se aplicó la dolomita, los cuales presentaron un mayor desarrollo de raíz, tallos y hojas del cultivo y por consiguiente una mayor biomasa seca, coincidiendo con los investigadores THOMPSON (1985), VERA y CASTILLO (1995), MEXAL y LANDIS (1990). FERNÁNDEZ (2014), donde manifiestan que esto se debe a las ventajas que trae la dolomita al suelo, como mejora a la fertilidad del suelo, compensando en parte la acidez, incrementando su CIC y su aporte de micronutrientes. De esta manera haciendo que los macronutrientes y micronutrientes estén más disponibles para la planta, por ende, mayor desarrollo en el cultivo, lo que se puede apreciar en mayor tamaño de diámetro, tallos, raíz y hojas.

La mayor concentración de nutrientes en una especie forestal se da totalmente en las hojas, donde se cree que se almacena entre el 20 y 40% de total; y en menor concentración en el tronco (MILLER, 1984, 1995). Sin embargo, la gran suma de biomasa que se acumula en los troncos los usa como gran depósito de nutrientes. Para SALCEDO-PÉREZ *et al.*, (2019), manifiesta que el N de las hojas, representan el 83% de la biomasa aérea del cultivo de teca.

5.3. Cambios en los atributos químicos del suelo (pH, M.O, N, P, K, Ca, Mg)

5.3.1. Niveles de pH

La variación del pH del suelo fue influenciada por los tratamientos aplicados, obteniendo un aumento del pH inicial de 4.99 a un pH final de 5.69 en suelos encalados con fertilizantes orgánicos (Cuadro 20 y Figura 17). Siendo el tratamiento con aplicación de encalado donde se obtuvieron un aumento de pH, esto debido al efecto de la dolomita. Nuestros resultados coinciden con lo reportado por GARCÍA (2020), quien manifiesta que existe un incremento de pH al incorporar dolomita, por sus componentes como el ion carbonato, calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}). Los niveles de pH no reportaron interacción estadística significativa (Cuadro 23). FALLAS (2014), manifiesta que el cultivo de teca remueve gran cantidad de nutrientes de suelos neutros, y en suelos con pH ácidos se desconocen su capacidad de extracción, pero si fuese el caso de plantar teca, se perdería su fertilidad natural en escaso tiempo, por lo que sería necesario aplicar un plan de fertilización, el cual recomienda aplicar fertilizantes orgánicos con dosis de enmienda según sea el análisis de suelos.

5.3.2. Materia orgánica

En todos los tratamientos se observó el aumento de la materia orgánica, pero en mayor cantidad en los tratamientos inorgánicos y orgánicos sin aplicación de enmienda (Cuadro 22 y Figura 18), esto debido a la lenta mineralización de la materia orgánica y la dolomita, a diferencia de los fertilizantes químicos que tienen efecto más rápido en corto tiempo, como lo

manifiestan los investigadores (HARRIS *et al.*, 1996; WHEELER, 1998). Según los resultados no se reportó interacciones estadísticas positiva (Cuadro 23).

5.3.3. Nitrógeno

De acuerdo con los resultados en cuanto al Nitrógeno del suelo tras la aplicación de los tratamientos, se determinó mejores valores de nitrógeno en suelos sin encalar con los fertilizantes inorgánico y combinado, como se observan en (Cuadro 24 y Figura 19), esto debido a su alto contenido de N de la urea (IPNI, 2019), como también es el caso del fertilizante orgánico compuesto por guano de isla con 12% de N (GUERRERO, 1993). En los suelos con encalado se ve observan menores valores de N (Figura 19), esto se debe, como manifiesta (HERRERO, 2015), por la volatilización de los iones de amonio a gas amoníaco por la aplicación de enmiendas cálcicas a esto sumado altas temperaturas. FALLAS (2014), manifiesta que, tras aplicar urea en sus suelos, no consiguió respuesta alguna, debido a que el suelo donde planto el cultivo de teca presentaba alto nivel de N, a comparación de nuestros suelos pobres en N, fue necesario aplicar fertilizantes con alto contenido de N. Los niveles de N no presentaron interacción estadística positiva (Cuadro 25).

5.3.4. Fosforo

El fosforo en el suelo presento variaciones en los tratamientos con fertilizantes y a la aplicación de la dolomita, como se muestran en el Cuadro 26 y Figura 20. CASTELLANOS (2016), manifiesta que esto es debido a factores como la acidez del suelo y por la remoción de nutrientes por parte del cultivo. KARDOS (1955), manifiesta que la disminución del fosforo se debe a la reacción

al encalado, principalmente a la formación de compuestos insolubles del fósforo con el calcio, precipitando en fosfato de calcio, entre otros fijadores del fósforo se encuentran el aluminio y hierro. TAKASHI y NAGANO (1967), manifiestan que la roca fosfórica es un gran fertilizante para mejorar la deficiencia de fósforo. BATAGLIA *et al.*, 1999, en su investigación el fertilizante de fosfato aumentó la disponibilidad de P del suelo y en la planta. MOTHES *et al.*, (1991); FERNÁNDEZ, (2014) manifiestan que la deficiencia del fósforo, se pueden apreciar en baja biomasa radicular, lo que puede afectar a la producción y la salud de la planta, coincidiendo con la investigación al notar menor biomasa seca de la raíz en suelos de bajo nivel de fósforo. Los niveles de fósforo no reportaron interacción estadística significativa (Cuadro 27).

5.3.5. Potasio

De acuerdo con el resultado sobre el potasio (K) en el suelo, se obtuvo un mayor aumento del K, en suelos encalados con fertilizante combinado (Figura 21). En referencia a lo estudiado por, BATAGLIA *et al.*, 1999, manifiestan en su investigación, efectos positivos a la fertilización de NPK sobre la fertilidad del suelo, obteniendo un aumento del contenido de potasio (K) del suelo y cultivo, lo cual afirmamos ya que el tratamiento inorgánico, juntos con o sin encalado presentaron mayor disponibilidad de potasio (K) en el suelo, el cual está relacionado con mayor desarrollo del cultivo de teca. MOYA (2014), determina la importancia del potasio, para mayor acumulación de biomasa en el cultivo. El potasio no logró demostrar efectos estadísticos significativos (Cuadro 29).

5.3.6. Calcio

Bajo efecto de los tratamientos con y sin dolomita, a los 188 días el suelo mostró un aumento y disminución de calcio (Ca) en ciertos tratamientos, siendo la fertilización orgánica con dolomita los que mejor resultados mostraron (Cuadro 30 y Figura 22), a comparación de la fertilización inorgánica sin dolomita, esto debido al uso de la urea, que al pasar por la fase de nitrificación acidifica el suelo, en el área aplicada, como sostiene los autores (GARCÍA *et al.*, 1986; LÓPEZ, 2004). BATAGLIA *et al.*, 1999, en su investigación manifiesta que el fertilizante nitrogenado (urea) promovió los mayores cambios en la fertilidad del suelo, aumentando significativamente la acidez del suelo, a lo que consideramos que ha pasado en los tratamientos inorgánicos y juntos. El calcio no logro demostrar efectos estadísticos significativos (Cuadro 31).

5.3.7. Magnesio

El Magnesio (Mg) tras la aplicación de fertilizante orgánico sin o con encalado, se obtuvo un aumento del Mg disponible en el suelo (Cuadro 32 y Figura 23), esto debido al guano de islas y a la dolomita que es una fuente de Magnesio ya que puede contener de 6 a 12% de Mg, como lo confirma (GARCÍA *et al.*, 1986; LÓPEZ, 2004). Obteniendo diferencias significativas positivas tras la aplicación del fertilizante sin ninguna interacción con otros factores en estudio (Cuadro 32). Siendo el fertilizante orgánico que influencio en aumentar la disponibilidad de Magnesio en $n\ 0.14\ \text{Cmolkg}$.

En la gran mayoría de resultados, se aprecia una disminución de nutrientes y acidificación de los suelos en los tratamientos que se adicionó

dolomita y que resultaron con mayor biomasa seca. Esto se da por la remoción de nutrientes por los cultivos, mediante la absorción de cationes básicos (Ca, Mg y K). Debido al carácter calcáreo de la teca, la planta absorbe el Ca en gran cantidad (PELISSARI *et al.*, 2014), ocasionando acidez al suelo, debido a que la planta, al absorber cationes libera hidrógeno para mantener en equilibrio la proporción en su interior, el cual genera acidez (CASTELLANOS, 2016).

Con respecto a la saturación de bases, se observa un incremento de los cationes de K, Ca y Mg, como se muestran en las figuras (25,26,27 y 28) de los análisis de suelos antes y después de aplicar los tratamientos, para VASQUEZ y UGALDE (1995); VALLEJOS (1996); ALVARADO y FALLAS (2004), consideran que la saturación de bases óptima para el cultivo de teca no debe estar por debajo de 50 o 30%, de lo cual según las figuras de análisis de suelos se observa que en su gran mayoría los tratamiento sobrepasa el 50% la saturación de bases.

VI. CONCLUSIONES

1. En esta investigación se evaluó el efecto de las enmiendas cálcicas, inorgánicas y orgánicas en el crecimiento del cultivo de teca (*Tectona grandis* L.f), donde se determinó que no hubo interacción estadística significativa entre la enmienda cálcica y los fertilizantes en el crecimiento de la teca, bajo condiciones de campo en la región San Martín. Pero si, respuestas significativas por parte de la dolomita y buenos resultados por parte del fertilizante orgánico.
2. El cultivo de teca empleando enmienda cálcica y fertilizantes orgánicos obtuvieron mayor sobrevivencia después del establecimiento en medios con suelos degradados.
3. Aplicar fertilizantes orgánicos y la enmienda cálcica durante el establecimiento de la teca en un suelo degradado favorecen en el desarrollo adecuado de las características de las plantas como el diámetro, área foliar, altura y biomasa seca.
4. En cuanto a atributos del suelo tras la aplicación de enmiendas cálcicas y fertilizantes, se reportó mejorías favorables en el nivel de Mg al emplearse la práctica de la fertilización orgánica.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar evaluaciones usando otras enmiendas cálcicas con diferentes dosis en el cultivo de teca y otras especies vegetales que generan beneficios económicos al establecerse en suelos degradados.
2. Realizar análisis químicos de la raíz, tallo y hojas del cultivo, además de análisis de suelos, para constatar la absorción de nutrientes con respecto al desarrollo de la teca.
3. Realizar un seguimiento a la investigación para obtener respuestas del cultivo en el campo establecido en los años siguientes, debido a que los efectos en las especies forestales se observan a mediano o largo plazo.
4. Se recomienda instalar especies forestales como la teca en lugares abiertos sin sombra debido a que es un cultivo heliófilo, es por ello que se debe conocer el hábito de la especie a establecer en base a su requerimiento de luz.

VIII. ABSTRACT

EFFECT OF CALCIAN, INORGANIC AND ORGANIC AMENDMENTS ON THE GROWTH OF TEAK CULTIVATION (*Tectona grandis* L.F) IN FIELD CONDITIONS IN THE SAN MARTIN REGION

Teak (*Tectona grandis* L.f) has been cultivated in Peru for more than twenty years. It was introduced from India for its great demand as red wood, but it is not yet accentuated as to make a production on a large scale, due to the scarce information on its management that exists in our country. The research was conducted at the Institute of Tropical Crops (ICT), Banda de Shilcayo. With the objective of evaluating the effect of calcium amendments (dolomite), inorganic (Potassium Sulfate, Triple Super Phosphate and Urea) and organic (Guano de Isla, Phosphoric Rock, Chicken Manure); in the growth of Teak cultivation under field conditions in the San Martin region, Peru. We worked with the Davided Plots Design (DPD) with factorial arrangement of 2(Dolomite and without Dolomite) x 4(Inorganic Fertilizer, Organic Fertilizer, Together (Organic + Inorganic) and None), with doses of 50 - 150 – 250 Ton/ha. Survival, biometric parameters and soil attributes were evaluated. The results indicate that lower mortality and a higher average value were obtained for the biometric parameters of teak, in whitewashed soils with organic fertilizer application: diameter (28.74 mm), leaf area (2777.17 cm²), height (113.64 cm), leaf biomass (176.55 g) of stems (82.59 g) and root (82.76 g), determiningsignificant differences by the whitewashing factor, without interaction with other factors under study. Contrary

to the effect in the soil where it only obtained significant differences in Mg after the application of fertilizer. It was concluded that there was no significant interaction between dolomite and fertilizers, but significant responses from dolomite due to the limestone character of Teak. and positive effects by the organic fertilizer.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, A; FALLAS, JL. 2004. Efecto de la saturación de acidez sobre el crecimiento de la teca (*Tectona grandis* L.f.) en ultisoles de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28(1): 81-87.
- ALVARADO-HERNÁNDEZ, A. 2006. Nutrición y fertilización de la teca. *Informaciones Agronómicas* (Instituto de la Potasa y el Fósforo). Quito, Ecuador, (61):1-8.
- ALVÁREZ SANTOS, CD; BARILLAS CERRITOS, HW; ZELAYA CAÑAS, SJ. 2004. Estudio de suelos ácidos (pH menor o igual a 5.5) con potencial agrícola, en las zonas de Cojutepeque y Ciudad Arce (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador). 174 p.
- ALVIN, P. 1982. Ecosistema Amazónico, Ford Internacional Sobre Desarrollo Integral y Manejo, Investigación Agraria, Pucallpa. 438 p.
- ANANTHA, HS. 2006. Informe internacional sobre la teca. Product Disclosure Statement - Rewards Group Teak Project "International Teak Market Report". Australia, 6 p.
- ARGUEDAS-GAMBOA, M., BRICEÑO-ELIZONDO, E., CANESSA-MORA, R., CHAVARRÍA-VIDAL, A. E., ESQUIVEL-SEGURA, E., GUEVARA-BONILLA, M., & ARIAS-AGUILAR, D. (2016). Mejoramiento tecnológico de suelos para el incremento de la productividad en plantaciones de *Tectona grandis*.

- BAILEY, JS. 1995. Limitación y eficiencia de nitrógeno: algunos efectos del aumento del suministro de calcio y el aumento del pH del suelo en la recuperación de nitrógeno por la hierba de centeno perenne. Comunicaciones en ciencias del suelo y análisis de plantas. s. l., 26 (7-8), 1233-1246
- BALÁM CHE, M; GÓMEZ-GUERRERO, A; VARGAS HERNÁNDEZ, JJ; ALDRETE, A; OBRADOR OLÁN, JJ. 2015. Fertilización inicial de plantaciones comerciales de teca (*Tectona grandis* Linn F.). En el sureste de México. Revista fitotecnia mexicana, 38(2), 205-212.
- BARBER, SA. 1995. Soil nutrient bioavailability. A mechanistic approach. John wiley and Sons. New Zealand. 384 p
- BATAGLIA, OC; SANTOS, WR.1999. Efeitos da adubação NPK na fertilidade do solo, nutrição e crescimento. Revista brasileira de Ciências do Solo, 23(4), 881–890.
- BENEDETTI, S; SAAVEDRA, J. 2005. Guía práctica para el establecimiento, manejo y cuidados de plantaciones de castaño. Instituto Forestal (INFOR); Gobierno de Chile. Chile. 8 p.
- BENITO, AP; CHIESA, A. 2000. Parámetros fisiológicos y productivos en cultivares de albahaca *Ocimum basilicum* L. Revista FAVE, s. l., 14(1):19-28.
- BENTHALL, AP. 1933. The trees of Calcuta and its neighbourhood. Calcuta, India, Thacker Spink & Co. 513 p.
- BHAT, KM. 1998. Properties of fast-grown teakwood: impact on end-users requirements. Journal of Tropical Forest Science 4(1):1-10.

- BINKLEY, D. 1993. Nutrición forestal. Prácticas de manejo. México, D. F, Limusa, S. A. 335 p.
- BIRCHLER, T; ROSE, RW; ROYO, A; PARDOS, M. 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, Oregon State University, Oregon. EE.UU y Universidad Politécnica de Madrid. 7:109-121.
- BLANDON, BAR; ÁLVAREZ, EH; PÉREZ, ES; MACÍAS, RR; RODRÍGUEZ, AG; VELARDE, EV; HERNÁNDEZ, RS. 2019. Almacenamiento de carbono y caracterización lignocelulósica de plantaciones comerciales de *Tectona grandis* Lf en México. Colombia forestal, 22(2), 15-29.
- BORRERO, C. 2008. Institución educativa La Torre Gómez del Municipio del El Retorno Guaviare Colombia (en línea, sitio web). Consultado 20 de nov. 2019. Disponible en <http://www.infoagro.com/abonos/abonosorganicos.html>
- BOTTINELLI, N; HALLAIRE, V; GOUTAL, N; BONNAUD, P; RANGER, J. 2014. Impact of heavy traffic on soil macroporosity of two silty forest soils: Initial effect and short-term recovery. Geoderma, 217, 10-17.
- BRACK, W; SAMANEZ, R; VILLACORTA, C; BRACKELAIRE, V; RONDON, C. 1994. Experiencias agroforestales exitosas en la cuenca Amazónica; los suelos. Cepis/cps. Perú. 193 p.
- BRALLIER, S; HARRISON, RB; HENRY, CL; DONGSEN, X. (1996). Efectos limitantes sobre la disponibilidad de Cd, Cu, Ni y Zn en un suelo modificado con lodos de depuración 16 años antes. Contaminación del agua, el aire y el suelo, 86 (1-4), 195-206.

- BRENES, LE; BORNEMISZA, E. 1992. Solubilidad inicial de la roca fosfórica en ultisoles de Costa Rica, *Agronomía Costarricense* 96. 11 p.
- BRISCOE, CB. 1995. Silvicultura y manejo de teca, melina y pochote. CATIE/MADELEÑA. Serie técnica. Informe técnico No. 270. Turrialba, C.R. 43 p.
- CAMINO, RD; PIERRE MORALES, J. 2013. Las plantaciones de teca en América Latina: mitos y realidades (No. Bajados de internet/forestal). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- CAMPOSTRINI, E; YAMANISHI, O. 2001. Estimativa da área foliar do mamoeiro utilizando o comprimento da nervadura central. *Scientia Agrícola* 58(1):39-42.
- CARBALLO, C. 1994. Proyectos de plantaciones forestales en México: Evaluación financiera y económica. Chapingo, México. 107 p.
- CASTELLANOS, J. 2016. Manejo y corrección de la acidez de los suelos. Hoja técnica de Fertilab, Mexico. (en línea, sitio web). Consultado 05 de feb. 2019. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/suelos/manejo-y-correccion-de-acidez-de-suelo>.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2016. *Tectona grandis* L.f (Teca): Una especie de alta demanda a nivel internacional. Banco de semillas forestales (en línea). Turrialba, Costa Rica. 9 p. Consultado 24 de abril 2019. Disponible en <http://hdl.handle.net/11554/2854>.
- CAYCEDO DAVILA, E. 2012. Efecto de la aplicación de roca fosfórica y dolomita en el crecimiento inicial de la especie Shihuahuaco (*Dipteryx micrantha*) en Neshuya-Irazola-región Ucayali. 77 p.

- CHAVES, E; FONSECA, W. 1991. Teca (*Tectona grandis* L.f) árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, Costa Rica. Serie técnica. Informe técnico/CATIE. N°181. 70 p.
- CHUDNOFF, M. 1984. Maderas tropicales del mundo (No. 607). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal.
- COCHRANE, T. T., J. A. PORRAS, L. DE G. AZEVEDO, P. G. JONES AND L. F. SANCHEZ 1979. An explanatory Manuel for CIAT'S computerized land resource study of tropical America. CIAT, Cali, Colombia.
- COLEMAN, NT; KAMPRATH, EJ; WEED, SB. 1958. Liming. Advances in Agronomy (G.B.) 10:475 – 522.
- CRECENTE-CAMPO, F; MARSHALL, P; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R. (2009). Modelado de la mortalidad individual no catastrófica de árboles para plantaciones de *Pinus radiata* en el noroeste de España. Forest Ecology and Management, 257 (6), 1542-1550.
- CRUZ, GE. 2014. Fertilización inicial en plantaciones comerciales de teca (*Tectona grandis* Linn F), Siuna, RAAN (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria). 44 p.
- CULSHAW, D; STOKES, B. 1995. Mechanisation of short rotation forestry. Biomass and Bioenergy, 9(1-5), 127-140.
- CUTTER, BE; COGGESHALL, MV; PHELPS, JE; STOKKE, DD. 2007. Impactos de las actividades de manejo forestal en atributos seleccionados de calidad de madera de madera dura: una revisión. Ciencia de la madera y la fibra 36 (1), 84-97.
- DASTUR, JF. 1977. Useful plants of India and Pakistan. Bombay: DB. Taraporevala Sons and Co. 185 p.

- DASTUR, JF. 1988. Medicinal plants of India and Pakistan. Bombay: DB. Taraporevala Sons and Co. 212 p.
- DE CAMINO, R; MORALES, JP. 2013. La teca en América Latina. Las plantaciones de teca en América Latina: Mitos y realidades. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico, (397), 30-41.
- DORAN, JW; JONES, AJ (1996). Methods for assessing soil quality. Special Publication 49. Soil Science Society of America. Madison, WI.
- DRECHSEL, P; ZECH, W. 1994. Evaluación DRIS de la nutrición mineral de teca (*Tectona grandis* L. f) y los efectos de la nutrición y la calidad del sitio en el crecimiento de la teca en África occidental. *Forest Ecology and Management*, 70 (1-3), 121-133.
- FALLAS, JL. 2014. Respuesta a la fertilización de la teca (*Tectona grandis* Lf) con NPK en Ultisoles de la Zona Norte de Costa Rica. Tesis Lic. en Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Cartago (Costa Rica).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2015. (en línea). Consultado 24 de abril 2019. Disponible en <http://www.fao.org/statistics/es/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2009. Uso de la gallinaza (estiércol de aves) como abono orgánico. (En línea): Consultado 17 de mar. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/teca/content/uso-de-la-gallinazaesti%C3%A9rcol-de-aves-como-abono-org%C3%A1nico>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2007. Situación de los bosques del mundo 2007. Roma, Italia. 143 p.

- FAO. 2002. Los fertilizantes y su uso una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. Food & Agriculture Org.
- FAO. 1971. Mapa de suelos del mundo,4, UNESCO, París, Sudamerica
- FERNÁNDEZ MOYA, J. 2014. Gestión de la fertilidad de suelos y la nutrición de plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f) en América Central (Doctoral dissertation, Montes). 260 p.
- FONSECA, W. 2004. Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L. f) en Costa Rica. Heredia, Costa Rica. 121 p.
- FRANKLIN, JF; Shugart, HH; Harmon, ME. 1987. La muerte de los árboles como proceso ecológico. BioScience, 37 (8), 550-556.
- GARCÍA ROMERO, JJ. 2020. Efecto de la materia orgánica, yeso y dolomita en la concentración de aluminio (AL+3) en suelos con cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Leoncio Prado, Huánuco. 61 p.
- GARCIA, MA. 2007. Importancia de la calidad del plantín forestal. In: XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA. 10 p. [En línea]: Consultado 16 de febr. 2020. Disponible en [http://www.inta.gov.ar/concordialinfo/Forestal, documentos](http://www.inta.gov.ar/concordialinfo/Forestal_documentos) 1 nov. 2007
- GARCÍA, P; MOMBIELA, F; MOSQUERA, A. 1986. Efectos del encalado sobre la composición química de praderas establecidas en terrenos “a monte”. I. Calcio y fósforo. Investigación Agraria. Producción y Sanidad Animales 1(3):135-146
- GARDNER, F; BRENT, R; MITCHELL, R. 1990. Physiology of crop plants. Iowa State University Press, Ames.
- GARDNER, FP; PEARCE RB; MITCHELL, RL. 1990. Fisiología de plantas de cultivo. 2 ed. Editores Científicos 327 p.

- GAYAN, MM. 1959. Horticultura general y especial. Ed. Bibliografía agrícola española, Madrid - España 350 pág.
- GOMES, JM; COUTO, L; LEITE, HG; XAVIER, A; GARCÍA SLR. 2002. Parâmetros morfológicas na avaliação da qualidade de Mudanças de *Eucalyptus grandis*. Rev. Árvore 26 (6):655-664.
- GÓMEZ-DEL-CAMPO, M; RUIZ, C; LISSARRAGUE, JR. 2002. Efecto del estrés hídrico en el desarrollo del área foliar, la fotosíntesis y la productividad en las vides Chardonnay y Airén. American Journal of Enology and Viticulture 53(2):138-143.
- GUARIGUATA, M. R., ARCE, J., AMMOUR, T., & CAPELLA, J. L. (2017). Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro (Vol. 169). CIFOR.
- GUERRERO, A. 2000. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ed. Mundi Prensa México, S.A. de C.V. Bilbao, España. 206 p.
- GUERRERO, J. 1993. Abonos orgánicos. Red de Acción en Agricultura Alternativa - RAAA. Lima, Perú.
- HARRIS, RF, KARLEN, DL Y MULLA, DJ (1997). Un marco conceptual para la evaluación y gestión de la calidad y salud del suelo. Métodos para evaluar la calidad del suelo, 49, 61-82.
- HERMOZA FLORES, JP. 2016. Efectos de microorganismos eficaces (EM) en la producción de plantones de teca (*Tectona grandis*) sector Venecia-Banda de Shilcayo.
- HERNÁNDEZ, J; CRUZ, A. 1993. Boletín informativo sobre el uso de subproductos: Gallinaza (No AV/0305). Ministerio de Agricultura y

- Ganadería. San José, (Costa Rica). Sistema Institucional de Investigaciones Agropecuarias.
- HERRERO, G. 2015. Fertilización orgánica y mineral natural. Alcoy – España. Pág. 10. Consultado 27 de jul. 2020. Disponible en https://www.alcoi.org/export/sites/default/es/areas/medi_ambient/cimal/descargas/Minerales-y-fertilidad-en-AE_Ricardo-Herrero.pdf
- HUSEN, A; PAL, M. 2003. Efecto de los fertilizantes de nitrógeno, fósforo y potasio en el crecimiento de las plantas de stock de *Tectona grandis* Linn. f. y el comportamiento de enraizamiento de los esquejes. *Silvae genética*. 52(5-6):249-253.
- IPNI (Instituto Internacional de Nutrición Vegetal). 2019. Boletín No 7. Consultado 13 de abril 2020. Disponible en www.ipni.net/specifics
- IIAP, 1998. Manual de zonificación ecológico económico de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú.
- JAIME, R; FRANCO, W. 1997. Aportes de macronutrientes y descomposición de la materia orgánica en agroecosistemas de cacao (*Theobroma cacao*) con frutales en la región de Tucán (en línea) Tesis ing. Amb. Mérida, Venezuela IIDF. Consultado 20 sep. 2019. Disponible en <http://www.redcacao.info.ve/memorias/pdf/25>
- KEOGH, RM. 2013. La teca y su importancia económica a nivel mundial. Las plantaciones de teca en América Latina: Mitos y realidades. Turrialba, Costa Rica: FAO-CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico, (397), 8-28.
- KNEESHAW, D; BERGERON, Y; DE GRANDPRÉ, L. 1998. Respuesta temprana de las plántulas de *Abies balsamea* a las aberturas creadas artificialmente. *Journal of Vegetation Science* 9 (4), 543-550.

- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Traducido por Antonio Carrillo República Federal Alemana (GTG). Eschborn. 335 p.
- LANDIS, T. 1989. Manual de viveros para especies forestales de contenedor: Fertilización y riego. Vol. 4. Departamento de agricultura del servicio forestal. Washington, DC. EUA. 67 p.
- LAPEIRE et al., 1973. Caracterización y clasificación de algunos suelos de Moyobamba, tarapoto, bellavista dpto. De san Martin, Tesis Ing. Agrónomo, UNAP – La Molina, Lima – Perú 138 pág.
- LEE, J. 1971. Predicting mortality for even-aged stands of lodgepole pine. The Forestry Chronicle, 47(1),29-32
- LEGUÍZAMO, A. 2004. Guía para la conformación, enriquecimiento, manejo y aprovechamiento sostenible del bosque proyecto (No. Doc. 22517). Bogotá, Colombia, 96 p.
- LEMOS, E; CAVO, JJ; FERRARIS, G. 2004. Utilización de roca fosfórica en una rotación de cultivos agrícolas bajo siembra directa continua. Desarrollo Ruraliinta Pergamino. 11 p.
- LITTLE, EL; WADSWORTH, FH. 1964. Árboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (No. 249). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal.
- LONGWOOD, FR. 1961. Maderas puertorriqueñas: su mecanizado, condimento y características relacionadas (No. 205). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal 98 p.
- LÓPEZ-BUSTAMANTE, JR. 2016. Efectos de los niveles de fertilización orgánica y química en el desarrollo de plántulas de teca (*Tectona grandis* L.f), en el Cantón Mocache, año 2016 (Master's thesis, Quevedo: UTEQ).

- LÓPEZ-DÍAZ, ML. 2004. Fertilización con lodos de depuradora urbana en sistemas silvopastorales. Tesis doctoral. Escuela Politécnica Superior de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela (en línea). Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=105210>
- LUGO, M; RAMÍREZ, R; ENTRENA, I. (2009). Roca fosfórica y superfosfato triple como fuentes de fósforo para Centrosema en un suelo ácido. *Zootecnia Tropical*, 27(4), 443-456.
- MAKI, T. 1966. Necesidad de fertilizantes en la producción maderera. *Revista de silvicultura y productos forestales*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. (en línea). Consultado 16 de febr. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/3/44279s/44279s09.htm>
- MARQUEZ TELLO, OR. 2015. Aplicación de carbonato de calcio al suelo, en plantaciones de Guazuma crinita (Bolaina Blanca) en la Cuenca del Río Sungaro-Puerto Inca.
- MENDIOLA, A; AGUIRRE, C; DÁVILA, J; FERNÁNDEZ, M; VITTOR, P. (2016). Estructuración económica y financiera de un instrumento de participación en negocios forestales: el caso de la teca en la región San Martín.
- MEXAL, JG; LANDIS TD. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. In: Target seedlings symposium. Gen. Tech. Rep. USDA Forests. 13:105-119.
- MEXAL, JG; LANDIS, TD. 1990. Conceptos de plántulas objetivo: altura y diámetro. En *Proceedings, Western Forest Nursery Association*, Mexico. (p.13-17).

- MILLER, HG. 1995. The influence of stand development on nutrient demand, growth and allocation. *Plant and soil* 168-169:225-232.
- MINAM (Ministerio del Ambiente); MINAGRI (Ministerio de Agricultura). 2011. El Perú de los Bosques. (en línea) Consultado 01 sep. 2019. Disponible en URL:[http://cdc.lamolina.edu.pe/Noticias/Documentos/elperudelosbosqus2011 .pdf](http://cdc.lamolina.edu.pe/Noticias/Documentos/elperudelosbosqus2011.pdf).
- MINCETUR (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, Perú), 2018. Reporte Comercial de Productos Madera (en línea). 11 p. Consultado 24 de ene. 2020. Disponible en https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/estadisticas_y_publicaciones/estadisticas/exportaciones/Reporte_Comercial_Productos_Forestales.pdf
- MOLINA, E; ESPINOSA, J. 1999. Acidez y encalado de los suelos. International Plant Nutrition Institute. CATIE, San José–Costa Rica.
- MOLLINEDO GARCÍA MS. 2003 Relación Suelo-Planta, Factores de Sitio y Respuesta a la Fertilización, en Plantaciones Jóvenes de Teca (*Tectona grandis* L.f) en la Zona Oeste, Cuenca del Canal de Panamá. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 89 p.
- MONTERO, M. 1999. Factores de sitio que influyen en el crecimiento de *Tectona grandis* L.f. y *Bombacopsis quinatum* (Jacq), Dugand, en Costa Rica. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Tesis de Maestría. Valdivia, Chile. 111 p.
- MOTHES, M; CUEVAS, E; FRANCO, W. 1991. Limitación nutricional por fósforo en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f), en los Llanos Occidentales

- venezolanos. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 17:309- 315. 1991. (en línea). Consultado 25 enero. 2019. Disponible en http://www.redpavfpolar.info.ve/fagro/v17_14/v171a190.html
- MURILLO, O; WRIGHT, J; MONTEUUIS, O; MONTENEGRO, F. 2013. Mejoramiento genético de la teca en América Latina. 27 p.
- MURILLO, T. 1996. Manejo de residuos en la industria avícola. In Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales (10:8-12 Julio: 1996: San José), Memoria: Agronomía y Recursos Naturales. Costa Rica: EUNED, EUNA, Floria Bertsch. 69 p.
- MUSTIN, M. 1987. Investigación del compost. Gestión de la materia orgánica. Ed. París, 954p.
- OGIEDGP, 2019. CARPETA GEOREFERENCIAL REGIÓN SAN MARTÍN PERÚ. Recuperado de <http://www.congreso.gob.pe/Docs/DGP/GestionInformacionEstadistica/fil/es/i-22-san-mart%C3%8Dn.pdf>
- PALOMINO VERA, F. 2011. Comportamiento de teca (*Tectona grandis* Lf) bajo efecto del Guano de las islas y roca fosfórica en el centro de investigación y producción Tulumayo, Huánuco. Tesis Bachiller. Ciudad de Tingo Maria, Perú, UNAS. 113 p.
- PANDEY, D; BROWN, C. 2000. La teca: una visión global. Una visión general de los recursos mundiales de teca y de los elementos que influyen en sus perspectivas de futuro. Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales, 51(2). (en línea) Consultado 30 de agosto. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/x4565s/x4565s03.htm#TopOfPage>

- PEET, RK; CHRISTENSEN, NL. 1987. Competition and tree death. Bioscience. 37(8):586-595.
- PELISSARI, AL; GUIMARÃES, PP; BEHLING, A; EBLING, AA. 2014. Cultivo de teca: características de la especie para implantación y manejo de rodales forestales. Academia Agraria, 1 (1), 127-145.
- PETER, H; LINARES, R; BRIONES, A; MENDOZA, J; BERRU, D; PAREDES, R. 2003. Experiencias agroforestales en el Cumbaza; Los suelos. CEDISA. 1 ed. Tarapoto, Perú, Perú Textos SAC. 150 p.
- PONTES, M. 2011. Parametrização do modelo 3-PG para Teca (*Tectona grandis* L.f) e dos sistemas Ferti-UFV e Nutri-UFV para subsidiar o seu manejo nutricional. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa. 54p (Doctoral dissertation, Dissertação de Mestrado).
- PRIETO, RJA., GARCIA, RJL; MEJIA, BJM; HUCHIN, AS; AGUILAR, VJL. 2009. Producción de planta del género Pinus en vivero en clima templado frío. Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango. México. 48 p.
- PRIETO, RJA; VERA, CG; MERUN, BE. 2003. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Núm. 12. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAPSAGARPA. Durango. México. 24 p.
- PRIMO, EL; CARRASCO, D; .JM. 1973, Química Agrícola 1, Suelos y Fertilizantes, 1 ed. Editorial alambra S.A: Madrid. 260 pág.
- PROABONOS. 2008. Características del Guano. Boletín (En línea). Agrojunin, Junin (Perú) Consultado 17 Mar. 2019. Disponible en <http://www.agrojunin.gob.pe/opds/proabonos/caracteristicas.php>

- QUISPE A. s.f. Demanda de madera y plantaciones forestales en el Perú. Perú. Artículo, Consultado 14 de May. 2019. Disponible en <http://arborizaciones.com/mod/ folder/view.php?id=84>
- RAAA. 2005. Manejo ecológico de los suelos. (En línea) Consultado 25 Agos. 2019. Disponible en <http://www.raaa.org.ao.html>.
- Raij, BV. 1991. Fertilidade do solo e adubacao. Sao Paulo, Piracicaba, Brasil. POTAFOS. 343 p.
- RAO, YS. 1991. Keynote address of International Teak Symposium, Kerala, India. Ed. 2-4 p.
- REDDY, V; REDDY, MR. 1984. Utilization of fallen dry teak leaves (*Tectona grandis* L.f) as roughage source in complete pelleted rations of sheep. Indian Journal of Animal Sciences 54(9):843-848.
- REQUENA, FM. 2019. Estudio técnico económico para la instalación de una planta piloto de Sulfato de potasio (K_2SO_4) a partir del cloruro de potasio (KCl) por proceso de síntesis química para Yacimientos de Litio Bolivianos Corporacion (YLB) (Doctoral dissertation, Universidad Mayor de San Andres).
- RODRÍGUEZ ACHUNG, F. 1995. El recurso del suelo en la Amazonía peruana, diagnóstico para su investigación (segunda aproximación). 59 pag.
- RODRÍGUEZ, A; PANIAGUA, A. 2001. Encalado y fertilización de *Tectona grandis* L. f. (teca) en la región Huetar Norte de Costa Rica. Instituto de Investigación y Servicios Forestales; Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 7 p.
- RODRÍGUEZ G. 2011. Diseño en Bloque Completamente Aleatorizado. Universidad católica del Maule. Chile. 17 p.

- RUBILAR, R; FOX, T; ALLEN, L; ALBAUGH, T; CARLSON, C. 2008. Manejo intensivo al establecimiento de plantaciones forestales de *Pinus* sp. y *Eucalyptus* sp. En Chile y Argentina. Informaciones agronómicas del cono sur, 40, 1-7.
- RUIZ, F; SORIA, F; PARDO, M; TOVAL, G. 2001. Ensayos factoriales de fertilización en masas de *Eucalyptus globulus* (Labill) de mediana edad. In: Simposio IUFRO. Desarrollando el eucalipto. (4., 2001 Valdivia, Chile). UCH Valdivia, Chile. 9 p.
- SALAZAR, R; ALBERTIN, W. 1974. Requerimientos edáficos y climáticos para *Tectona grandis* L. f. Turrialba, 24(1), 66-71.
- SALCEDO PÉREZ, E; RUIZ BLANDON, BA; HERNÁNDEZ ÁLVAREZ, E; GONZÁLEZ CRUZ, R; BERNABÉ ANTONIO, A; OROZCO GUAREÑO, E; DELGADO-FORNUÉ, E. 2019. Propiedades del suelo y nitrógeno como indicadores del crecimiento en plantaciones comerciales de teca. Revista mexicana de ciencias forestales, 10(52), 33-54.
- SARANPÄÄ, P. 2003. Wood density and growth. In: Barnett, J. and G. Jeronimidis. (eds.). Wood quality and its biological basis. Blackwell Publishing CRC Press. Boca Ratón, FL. USA 226 p.
- SCHEELJE, B. 2020. Instalación y Manejo de Plantaciones de Teca (en línea, teleconferencia). Pucallpa, Perú, CITEforestal Pucallpa (Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica). 106 Min. 50seg., son., color. Consultado el 24 jun 2020. Disponible solicitando al Citeforestal Pucallpa (vía Google Drive) <https://drive.google.com/file/d/10hVpjoDJeQdx07IGZOsRZEqCU7cwvy1/view?usp=drivesdk>

- SILVA, RSD; VENDRUSCOLO, DGS; ROCHA, JRMD; CHAVES, AGS; SOUZA, HS; MOTTA, ASD. 2016. Desempenho silvicultural de *Tectona grandis* L.f. em diferentes espaçamentos em Cáceres, MT. Floresta e Ambiente, 23(3), 397-405.
- SINGH, U; WADHWANI, AA; JOHRI, BM. 1983. Dictionary of economic plants in India. New Delhi: Indian Council of Agricultural Research. 85(1): 2-16 288 p.
- Takashi, T; Nagano, K. 1967. Un experimento de los efectos fertilizantes en la roca de fosfato peruana. Boletín de la corporación nacional de fertilizante. Lima, Perú. 12 p.
- THOMPSON, BE. 1985. Seedling morphological evaluation what you can tell by looking. In: Duryea, M. Ed. Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests. For. Res. Lab. Oregon State University, Corvallis, OR. p: 59-71.
- TROUP, RS. 1921. The silviculture of Indian trees. Leguminosae (Caesalpiniaceae) to Verbenaceae. *Tamarindus indica* L. Oxford, Clarendon Press. Vol. 2. 263-363.
- UGALDE, L. 2013. Teak: New Trends in silviculture, commercialization and Wood utilization. 1 ed. International Forestry and Agroforestry (INFOA). Cartago, Costa Rica. 568 p.
- VAIDES, EE. 2004. Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de teca (*Tectona grandis* L.f) en plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala. CATIE. Costa Rica. No. Thesis V128)
- VALDMIR V. 2018. Estimación de biomasa y carbono en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L. f.) por método indirecto y mapeo mediante sistemas de información geográfica. Guadalajara, Jalisco.

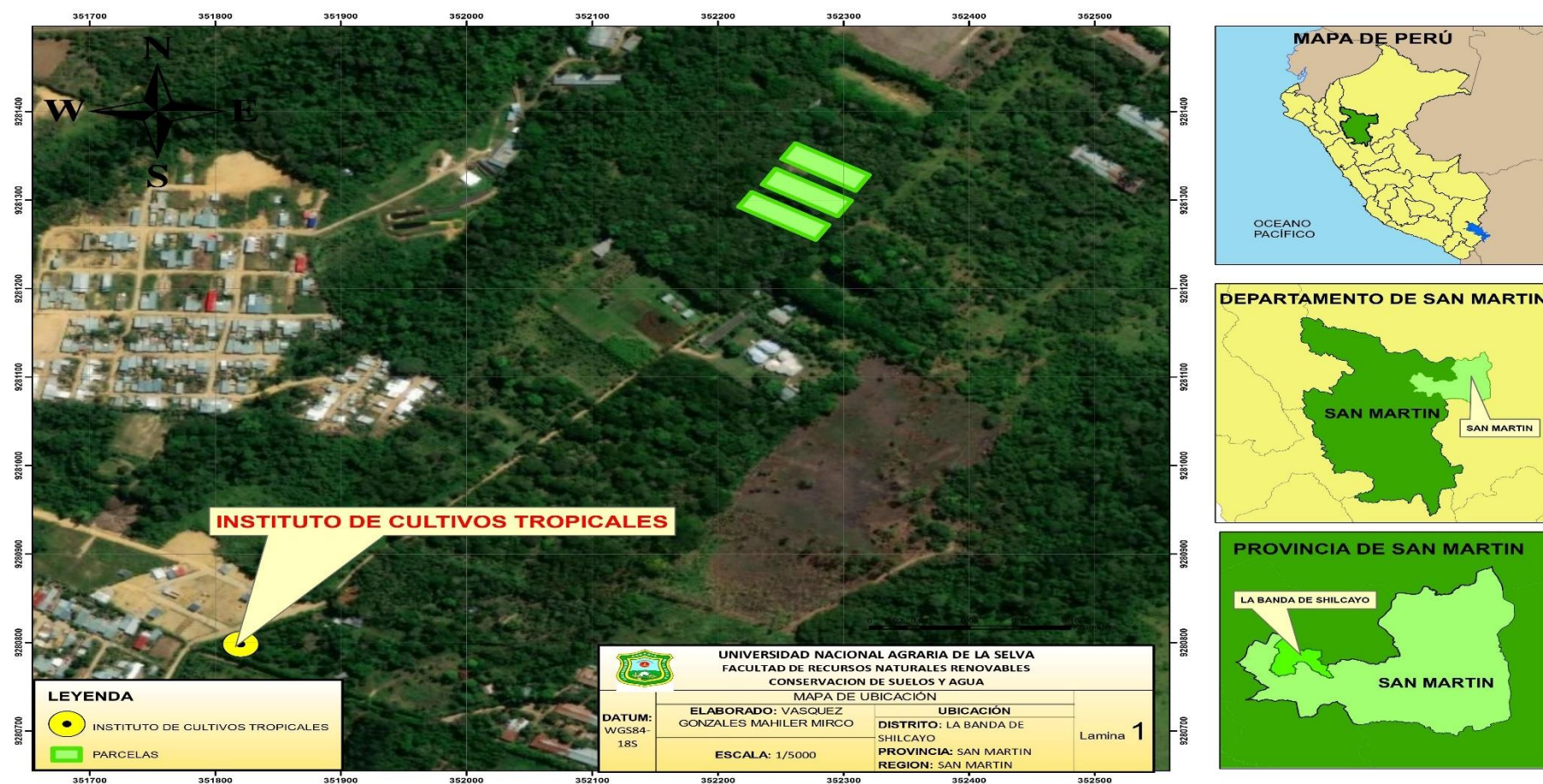
- VALERIO, L. 2000. Conceptos básicos en fertilidad de suelos. En: Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo (eds.) Curso Manejo de la fertilidad de los suelos. Maracay, Ed. Aragua. Venezuela, 12 p.
- VALLEJOS, A; ZAPATA, F. 2018. Teca. Consultado 15 de jun. de 2020. Disponible en <https://www.forestmaderero.com/articulos/item/teca.html>
- VALLEJOS, OS. 1996. Productividad y relaciones del índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L.f., *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb. en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 147 p.
- VÁSQUEZ, W; UGALDE ARIAS, L. 1995. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinata* y *Pinus caribaea*, en Guanacaste, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE/IDA/FAO/HOLANDA. 33 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 256).
- VERA, J; CASTILLO, AG. 1995. The influence of antidesiccants on field performance and physiology of 2+0 ponderosa pine (*Pinus ponderosa* Dougl.) seedlings. Ph.D. Thesis. Oregon State University. 134 p.
- VERA VASTILLO, JAG. 2009. The influence of antidesiccants on field performance and physiology of 2+ 0 ponderosa pine (*Pinus ponderosa* Dougl.) seedlings. Ph.D. Thesis. Oregon State University. 134 p.
- VON MAREES, A. 1998. Respuesta a la fertilización con NPK en *Eucalyptus delegatensis* R.T. Baker [En Línea]: Consultado 25 de jun. 2020. Disponible en <http://www.cl/tesis/uchile/2003.winp.pdf>
- WARING, RH; PITMAN, GB. 1985. Modifying lodgepole pine stands to change susceptibility to mountain pine beetle attack. Ecology. 66:889-897

- WEAVER, P. 1993. *Tectona grandis* L.f teak. ITF-SM-64. New Orleans, LA:US. Department of agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- WHEELER, DM. 1998. Investigation into the mechanisms causing lime responses in a grass/clover pasture on a clay loam soil. New Zealand Journal of Agricultural Research 41:497-515
- ZAPATA, F; ROY, RN. 2007. Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible. Ed. Roma, Italia: FAO.
- ZAPATA, F; VILLAGARCÍA, S. 1983. Manual de uso de fertilizantes. UNA. La Molina. Lima, Perú. 104 p
- ZEVALLOS VERA, CA. 2017. Evaluación del mantenimiento de una plantación de Teca (*Tectona grandis*) en Iñapari-MDD-Perú

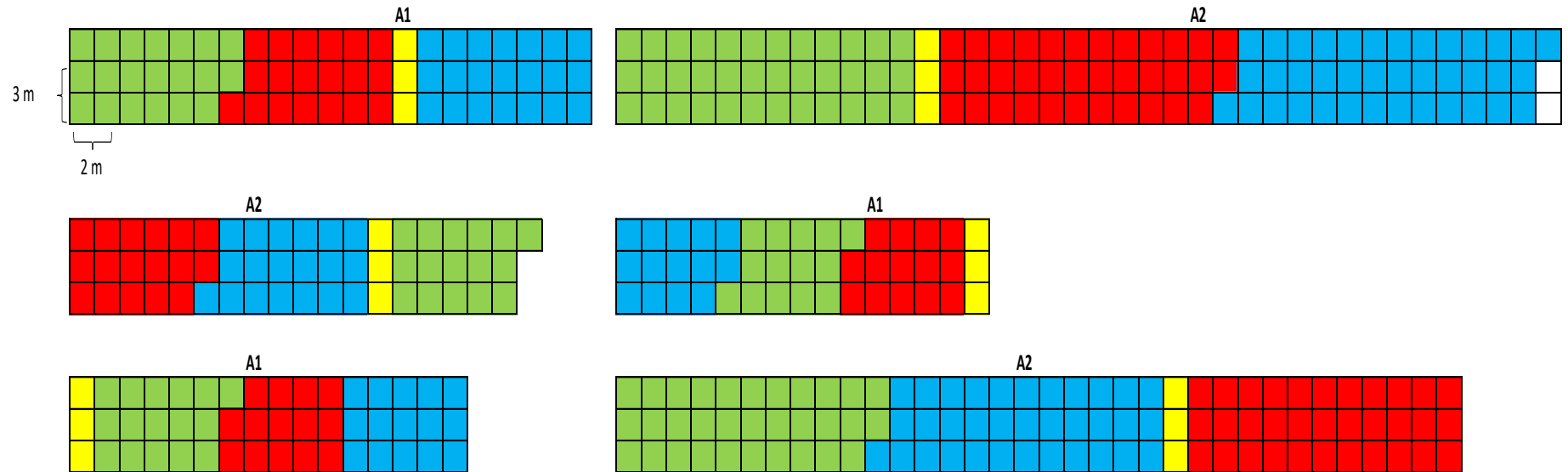
ANEXO

Apéndice 1. Plano de ubicación

Anexo A. Plano de ubicación de la instalación del proyecto.



Anexo B. Croquis del orden experimental del cultivo de Teca.



TRATAMIENTOS	
■	Fertilizante orgánico
■	Fertilizante inorgánico
■	Fertilizante orgánico e inorgánico
■	Ninguno

A1	Sin dolomita
A2	Con dolomita

Apéndice 2. Análisis de suelos

Anexo A. Reporte de análisis de suelos de los tres bloques, antes de aplicar los tratamientos.



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS

REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS - CARACTERIZACIÓN

N° SOLICITUD : AS077-19
SOLICITANTE : CONCYTEC FONDECYT N° 150
PROCEDENCIA : SAN MARTIN - LA BANDA DE SHILCAYO - EE. JUAN BERNITO
CULTIVO : (Tectona Grandis) Teca

FECHA DE MUESTREO : 21/05/2019
FECHA DE RECEP. LAB : 23/05/2019
FECHA DE REPORTE : 27/05/2019

Item	Número de la muestra				pH	C.E dS/m	CaCO ₃ (%)	M.O (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	ANÁLISIS MECANICO				CIC pH 7.0	CATIONES CAMBIABLES					Suma de bases	% Sat. de bases	% Sat. de Al ⁺³
	Lab.	C	O	Campo								Arena	Limo	Arcilla	CLASE TEXTURAL		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ +H ⁺			
												%					cmol/kg							
01	19	05	0601	TECA BLOQUE-1	5.64	0.07	<0.3	1.51	0.07	38.99	77	39.68	14.00	46.32	Arc	5.23	2.38	0.90	0.20	0.09	0.00	3.57	68.2	0.0
02	19	05	0602	TECA BLOQUE-2	5.22	0.06	<0.3	1.38	0.06	43.46	55	39.68	14.00	46.32	Arc	6.27	2.09	0.53	0.14	0.09	1.16	2.85	45.5	28.8
03	19	05	0603	TECA BLOQUE-3	4.99	0.05	<0.3	1.61	0.07	83.25	50	39.68	14.00	46.32	Arc	7.28	2.08	0.66	0.13	0.09	0.81	2.96	40.7	21.4

MÉTODOS :	
TEXTURA	: HIDROMETRO
pH	: POTENCIOMETRO SUSPENSION SUELO-AGUA RELACION 1:2.5
CONDUCT. ELECTRICA	: CONDUCTIMETRO SUSPENSION SUELO-AGUA 1:2.5
CARBONATOS	: GAS - VOLUMETRICO
FOSFORO DISPONIBLE	: OLSEN MODIFICADO EXTRACT. NaHCO ₃ =0.5M , pH 8.5 Esp. Vis
POTASIO Y SODIO INTERCAMBIABLE	: (NH ₄)CH ₃ -COOH=1N , pH 7. Absorción Atómica
MATERIA ORGANICA	: WALKLEY y BLACK
CALCIO Y MAGNESIO INTERCAMBIABLE	: EXTRACT. KCl=0.1N ó (NH ₄)CH ₃ -COOH=1N , pH 7. Absorción Atómica
ACIDEZ INTERC.	: EXTRACT. KCl 1N, VOLUMETRIA
ACIDEZ POTENCIAL	: WOODRUFF MODIFICADO
CIC pH 7.0	: ACIDEZ POTENCIAL-SUMA DE BASES
Fe, Cu, Zn y Mn	: OLSEN Modificado extrac. NaHCO ₃ =0.5M , pH 8.5 Absorción Atómica
BORO	: Extracción / Espectrometría UV-Vis (λ=555 nm)
AZUFRE	: Extracción / Turbidimetría (λ=420 nm)
METALES PESADOS	: EPA 3050B

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

La Banda de Shilcayo, 27 de Mayo del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
TARAPOTO - PERU
Cesar O. Arévalo Hernández, MSc
JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Anexo B. Reporte de análisis de suelos del bloque I, después de aplicar los tratamientos.



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

N° Solicitud **AS-123-19**
PROCEDENCIA **La banda del Shilcayo**
CULTIVO **Teca**

FECHA DE MUESTREO : ---
FECHA DE RECEP. LAB : ---
FECHA DE REPORTE : ---

Número de la muestra				pH	C.E dS/m	CaCO ₃ (%)	M.O (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	ANÁLISIS MECANICO				CIC pH 7.0	CATIONES CAMBIABLES					Suma de bases	% Sat. de bases	% Sat. de Al ⁺³
											Arena	Limo	Arcilla	CLASE TEXTURAL		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ +H ⁺			
Lab.	Campo										%					cmol/kg							
19	06	1.00	B1-INOR-A1	5.90	0.10	<0.3	2.15	0.10	28.00	35	39.68	14.00	46.32	Arc	10.67	1.59	0.41	0.09	0.00	0.00	2.09	19.6	0.0
19	06	2.00	B1-INOR-A2	5.79	0.07	<0.3	2.10	0.09	22.00	37	39.68	14.00	46.32	Arc	7.38	2.33	0.61	0.10	0.00	0.00	3.04	41.2	0.0
19	06	3.00	B1-ORG-A1	5.78	0.06	<0.3	1.91	0.09	27.97	84	39.68	14.00	46.32	Arc	8.31	2.70	0.84	0.21	0.00	0.00	3.75	45.1	0.0
19	06	4.00	B1-ORG-A2	5.95	0.06	<0.3	1.86	0.08	21.46	82	39.68	14.00	46.32	Arc	6.39	2.58	0.84	0.21	0.00	0.00	3.63	56.8	0.0
19	06	5.00	B1-JUNT-A1	4.81	0.06	<0.3	1.82	0.08	26.94	184	39.68	14.00	46.32	Arc	6.90	1.93	0.52	0.47	0.00	1.01	2.92	42.3	25.8
19	06	6.00	B1-JUNT-A2	4.39	0.10	<0.3	1.45	0.07	37.70	186	39.68	14.00	46.32	Arc	6.62	1.26	0.58	0.48	0.00	1.22	2.32	35.0	34.4
19	06	7.00	B1-TES-A1	4.92	0.13	<0.3	2.10	0.09	33.75	50	39.68	14.00	46.32	Arc	7.68	1.74	0.61	0.13	0.00	1.68	2.48	32.3	40.4
19	06	8.00	B1-TES-A2	4.82	0.04	<0.3	1.72	0.08	14.22	65	39.68	14.00	46.32	Arc	7.51	1.24	0.60	0.17	0.00	0.49	2.01	26.7	19.7

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
TARAPOTO - PERÚ

Cesar O. Arvalo Hernandez, MSc
JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Anexo C. Reporte de análisis de suelos del bloque II, después de aplicar los tratamientos.

**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

N° Solicitud **AS-123-19**PROCEDENCIA **La banda del Shilcayo**
CULTIVO **Teca**FECHA DE MUESTREO : ---
FECHA DE RECEP. LAB : ---
FECHA DE REPORTE : ---

Número de la muestra				pH	C.E dS/m	CaCO ₃ (%)	M.O (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	ANALISIS MECANICO				CIC pH 7.0	CATIONES CAMBIABLES					Suma de bases	% Sat. de bases	% Sat. de Al ⁺³
											Arena	Limo	Arcilla	CLASE TEXTURAL		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ +H ⁺			
Lab.	Campo										%				cmol/kg								
19	06	1.00	B1-INOR-A1	5.90	0.10	<0.3	2.15	0.10	28.00	35	39.68	14.00	46.32	Arc	10.67	1.59	0.41	0.09	0.00	0.00	2.09	19.6	0.0
19	06	2.00	B1-INOR-A2	5.79	0.07	<0.3	2.10	0.09	22.00	37	39.68	14.00	46.32	Arc	7.38	2.33	0.61	0.10	0.00	0.00	3.04	41.2	0.0
19	06	3.00	B1-ORG-A1	5.78	0.06	<0.3	1.91	0.09	27.97	84	39.68	14.00	46.32	Arc	8.31	2.70	0.84	0.21	0.00	0.00	3.75	45.1	0.0
19	06	4.00	B1-ORG-A2	5.95	0.06	<0.3	1.86	0.08	21.46	82	39.68	14.00	46.32	Arc	6.39	2.58	0.84	0.21	0.00	0.00	3.63	56.8	0.0
19	06	5.00	B1-JUNT-A1	4.81	0.06	<0.3	1.82	0.08	26.94	184	39.68	14.00	46.32	Arc	6.90	1.93	0.52	0.47	0.00	1.01	2.92	42.3	25.8
19	06	6.00	B1-JUNT-A2	4.39	0.10	<0.3	1.45	0.07	37.70	186	39.68	14.00	46.32	Arc	6.62	1.26	0.58	0.48	0.00	1.22	2.32	35.0	34.4
19	06	7.00	B1-TES-A1	4.92	0.13	<0.3	2.10	0.09	33.75	50	39.68	14.00	46.32	Arc	7.68	1.74	0.61	0.13	0.00	1.68	2.48	32.3	40.4
19	06	8.00	B1-TES-A2	4.82	0.04	<0.3	1.72	0.08	14.22	65	39.68	14.00	46.32	Arc	7.51	1.24	0.60	0.17	0.00	0.49	2.01	26.7	19.7

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
TARAPOTO - PERÚCesar O. Arevalo Hernandez, MSc
JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Anexo C. Reporte de análisis de suelos del bloque III, después de aplicar los tratamientos.



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

N° Solicitud **AS-123-19**

PROCEDENCIA **La banda del Shilcayo**
CULTIVO **Teca**

FECHA DE MUESTREO : ---
FECHA DE RECEP. LAB : ---
FECHA DE REPORTE : ---

Número de la muestra				pH	C.E dS/m	CaCO ₃ (%)	M.O (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	ANÁLISIS MECANICO				CIC pH 7.0	CATIONES CAMBIABLES					Suma de bases	% Sat. de bases	% Sat. de Al ⁺³
											Arena	Limo	Arcilla	CLASE TEXTURAL		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ +H ⁺			
Lab.	Campo	%									cmol/kg												
19	06	17.00	B3-INOR-A1								4.36	0.03	<0.3	2.68	0.12	124.62	466	39.68	14.00	46.32			Arc
19	06	18.00	B3-INOR-A2	4.30	0.05	<0.3	2.32	0.10	113.67	570	39.68	14.00	46.32	Arc	8.68	2.13	0.60	1.46	0.00	0.32	4.20	48.36	7.17
19	06	19.00	B3-ORG-A1	4.94	0.09	<0.3	2.12	0.10	41.35	80	39.68	14.00	46.32	Arc	6.75	1.80	0.50	0.20	0.00	0.56	2.51	37.20	18.22
19	06	20.00	B3-ORG-A2	6.51	0.03	<0.3	1.71	0.08	34.03	202	39.68	14.00	46.32	Arc	147.91	6.44	0.96	0.52	0.00	0.00	7.91	5.35	0.00
19	06	21.00	B3-JUNT-A1	5.41	0.14	<0.3	1.94	0.09	44.86	115	39.68	14.00	46.32	Arc	6.82	1.83	0.61	0.30	0.00	0.63	2.74	40.16	18.64
19	06	22.00	B3-JUNT-A2	4.75	0.12	<0.3	1.54	0.07	41.94	76	39.68	14.00	46.32	Arc	6.72	2.22	0.67	0.19	0.00	0.84	3.08	45.86	21.39
19	06	23.00	B3-TES-A1	4.85	0.14	<0.3	1.84	0.08	21.55	112	39.68	14.00	46.32	Arc	6.96	2.97	0.86	0.29	0.00	0.43	4.12	59.21	9.35
19	06	24.00	B3-TES-A2	4.75	0.08	<0.3	2.58	0.12	53.49	61	39.68	14.00	46.32	Arc	10.36	2.20	0.63	0.16	0.00	0.64	2.98	28.80	17.68

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
TARAPOTO - PERÚ

Cesar O. Arzola Hernandez, MSc
JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Anexo D. Tabla de interpretación de análisis de suelos

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**ANÁLISIS DE SUELOS****TABLA DE INTERPRETACION DE ANALISIS DE SUELOS**

SALINIDAD							
Clasificación	C.E (mS/cm)	Clasificación	Materia Orgánica %	Fósforo disponible ppm P	Potasio disponible ppm K	Clasificación	K/Mg Ca/Mg
* No salino	< 2	* Bajo	< 2	< 7.0	< 100	* Normal	0.2 - 0.3 5 - 9
* Ligeramente salino	2 - 4	* Medio	2 - 4	7.0 - 14.0	100 - 240	* Def. Mg	> 0.5
* Medianamente salino	4 - 8	* Alto	> 4	> 14.0	> 240	* Def. K	> 0.2
* Fuertemente salino	8 - 16					* Def. Mg	> 10
* Extremadamente salino	> 16						
Equiv. : 1 mS/cm = 1 dS/m = 1 mmhos/cm							
Reacción o pH		CLASES TEXTURALES			Distribución de Cationes %		
Clasificación	pH						
* Fuertemente ácido	< 5.5	Are = Arena	Fra - Arc- Are = Franco Arcillo Arenoso		Ca2+	=	60 - 75
* Moderadamente ácido	5.6 - 6.0	Are - Fra = Arena Franca	Fra - Arc = Franco Arcilloso		Mg2+	=	15 - 20
* Ligeramente ácido	6.1 - 6.99	Fra - Are = Franco Arenoso	Fra - Arc - Lim = Franco Arcillo Limoso		K+	=	3 - 7
* Neutro	7.0	Fra = Franco	Arc - Are = Arcillo Arenoso		Na+	=	< 15
* Ligeramente alcalino	7.01 - 7.8	Fra - Lim = Franco Limoso	Arc - Lim = Arcillo Limoso				
* Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4	Lim = Limoso	Arc = Arcilloso				
* Fuertemente alcalino	> 8.5						

Fuente: Laboratorio de análisis del Instituto de Cultivos Tropicales.

Apéndice 3. Panel de fotografías



Figura 24. Limpieza mecánica de terreno.



Figura 25. Labores de trazado y marcado.



Figura 26. Apertura de hoyos.



Figura 27. Aplicación de roca fosfórica, superfosfato triple, y dolomita dentro de los hoyos.



Figura 28. Instalación de la Teca en campo definitivo.



Figura 29. Aplicación de dolomita.



Figura 30. Fertilización de los tratamientos y cubiertos con tierra y hojarasca.



Figura 31. Prácticas culturales de desmalezado.



Figura 32. Medición de área foliar, planta con tratamiento orgánico.



Figura 33. Determinación del diámetro con el Vernier electrónico.



Figura 34. Obtención de última muestra de suelos.



Figura 35. Extracción de hojas de teca.



Figura 36. Extracción del tallo de teca.



Figura 37. Extracción de la raíz de teca.



Figura 38. Lectura de macronutrientes con el espectrofotómetro.