

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



**“INFLUENCIA DE DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA
DE *Guazuma crinita* C. Martius “bolaina blanca” EN LA FERTILIDAD DE SUELO
DEL PREDIO TULUMAYO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE
LA SELVA – TINGO”**

Tesis

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO EN CONSERVACIÓN EN SUELOS Y
AGUA**

**PRESENTADO POR:
DENYS ALBERT INFANTE CAMACHO**

Tingo María – Perú.

2022



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 018-2022-FRNR-UNAS

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 08 de abril del 2022 a horas 5:00 p. m. a través de la Sala Virtual de Conferencias Microsoft Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

“INFLUENCIA DE DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA DE *Guazuma crinita* C. Martius “bolaina blanca” EN LA FERTILIDAD DE SUELO DEL PREDIO TULUMAYO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA – TINGO”

Presentado por el Bachiller: **INFANTE CAMACHO, Denys Albert**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY 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, 23 de Junio de 2022

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

Dr. **ROBERTO OBREGON PEÑA**
MIEMBRO

Ing. M. Sc. **JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO**
MIEMBRO

Dr. **LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ**
ASESOR

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



INFLUENCIA DE DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA
DE Guazuma crinita C. Martius “bolaina blanca” EN LA FERTILIDAD DE SUELO
DEL PREDIO TULUMAYO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE
LA SELVA – TINGO

Autor	: DENYS ALBERT, INFANTE CAMACHO
Asesor	: Dr. Lucio Manrique DE LARA SUAREZ
Programa de investigación	: Ciencias básicas
Línea de investigación	: Física y química de suelos
Eje temático	: Prácticas y uso de manejo que mejoren la calidad del suelo
Lugar de ejecución	: Predio Tulumayo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María
Duración	: 6 meses
Financiamiento	: S/ 4090.00

Tingo María – Perú.

2022

DEDICATORIA

A Dios, por la satisfacción, culminación y mérito de esta investigación, por brindarme salud y bienestar en mi vida y mi familia, por siempre acompañarme en cada paso que doy y por regalarme el don de la sabiduría para enfrentar las adversidades y retos que se me presenten.

.

A mis padres Balmen Infante Rivera y Rosario Camacho Chávez, que siempre son mi vida, mi motor y motivo para superarme cada día, apoyándome incondicionalmente y brindándome siempre su sabiduría y valores en cada conversación. Por todo lo mencionado viviré eternamente agradecido.

A mis hermanos, Elia Ludith Infante Camacho y Samuel Eduardo Infante Camacho, por confiar en mí y apoyarme fielmente en todo momento, por todos los buenos momentos que pasamos y por ser los mejores hermanos del mundo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por el bienestar de cada día, por permitirme tener y disfrutar de mi familia a pesar de la distancia, por guiarme cada día a ser mejor persona y por regalarme buenos amigos siempre.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por toda la contribución cultural, social y científica que me han brindado.

A mi asesor, Dr. Lucio Manrique De Lara Suarez por sus sabias decisiones en la presente investigación, dedicación constante, apoyo en el desarrollo práctico y por su confianza puesta en mi persona.

A mis jurados de tesis Ing. M. Sc. José Dolores Lévano Crisóstomo, Roberto Obregón Peña, Jaime Torres García, por el énfasis y aportes puestos en la presente tesis y por la formación académica y ética que me brindaron.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. La especie <i>Guazuma crinita</i> C. Martius “bolaina blanca”	5
2.2.1. Taxonomía de la especie.....	5
2.2.2. Descripción botánica.....	5
2.2.3. Distribución ecológica	6
2.2.4. Fenología de la especie.....	7
2.2.5. Crecimiento y suelos de <i>G. crinita</i> C. Martius	7
2.3. Plantaciones Forestales	8
2.4. Calidad del suelo.....	8
2.5. Indicadores de calidad del suelo	10
2.5.1. Indicadores físicos.....	10
2.5.2. Indicadores químicos	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1. Lugar de ejecución.....	13
3.2. Materiales, equipos y herramientas	13
3.2.1. Material biológico	13
3.2.2. Materiales y equipos	13
3.3. Metodología	13
3.3.1. Fase de gabinete	14
3.3.2. Fase de campo	16
3.3.3. Fase de análisis de datos	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1. Perfil edafogénico del suelo bajo diferentes densidades de siembra de <i>Guazuma crinita</i> C. Martius “bolaina blanca” en Tulumayo	20
4.2. Influencia de la densidad siembra de plantaciones de <i>G. crinita</i> “bolaina blanca” en las propiedades físicas del suelo en Tulumayo	20
4.2.1. Textura del suelo	20
4.2.2. Estructura (tipo, tamaño y grado).....	21
4.2.3. Estabilidad de agregados	21

4.2.4. Densidad aparente.....	22
4.2.5. Profundidad efectiva.....	24
4.2.6. Infiltración.....	25
4.2.7. Capacidad de retención de agua.....	26
4.2.8. Temperatura del suelo.....	27
4.2.9. Resistencia a la penetración.....	28
4.2.10. Análisis de la influencia sobre las propiedades físicas.....	29
4.3. Influencia de la densidad siembra de plantaciones de G. crinita “bolaina blanca” en las propiedades químicas del suelo en Tulumayo.....	31
4.3.1. Materia orgánica.....	31
4.3.2. Reacción del suelo (pH).....	32
4.3.3. Nitrógeno total.....	33
4.3.4. Fosforo disponible.....	34
4.3.5. Potasio disponible.....	35
4.3.6. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	36
4.3.7. Análisis de la influencia sobre las propiedades químicas.....	37
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Descripción de los tratamientos en estudio.	14
2. . Análisis de varianza (ANVA) de la investigación.	15
3. Perfil edafogénico del suelo bajo diferentes densidades de siembra de <i>Guazuma crinita</i> C. Martius “bolaina blanca” en Tulumayo.	20
4. Textura del suelo de diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo.....	20
5. Estructura del suelo de diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo.....	21
6. Estabilidad de agregados % de diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo	21
7. ANVA para la variable estabilidad de agregados bajo diferentes densidades de <i>G. crinita</i>	22
8. Prueba Duncan al 5% de la variable porcentaje de estabilidad de agregados a diferentes densidades de siembra	22
9. Densidad aparente del suelo en diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo	23
10. ANVA para la variable densidad aparente (g/cm ³) del suelo bajo diferentes densidades de <i>G. crinita</i>	23
11. Prueba Duncan al 5% de la variable densidad aparente a diferentes densidades de siembra.....	24
12. Profundidad efectiva del suelo en diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo	24
13. ANVA para la variable profundidad efectiva (cm) del suelo bajo diferentes densidades de <i>G. crinita</i>	24
14. Prueba Duncan al 5% de la variable profundidad efectiva del suelo a diferentes densidades de siembra.....	25
15. Infiltración del suelo (cm/h) en diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo	25
16. ANVA para la variable infiltración (cm/h) del suelo bajo diferentes densidades de <i>G. crinita</i>	25

17. Prueba Duncan al 5% de la variable infiltración del suelo a diferentes densidades de siembra	26
18. Capacidad de retención de agua del suelo (%) en diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo	26
19. ANVA para la variable retención de agua del suelo (%) bajo diferentes densidades de <i>G. crinita</i>	26
20. Prueba Duncan al 5% de la variable retención de agua del suelo (%) a diferentes densidades de siembra.....	27
21. Capacidad de temperatura del suelo (°C) en diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo	27
22. ANVA para la variable temperatura del suelo (°C) bajo diferentes densidades de <i>G. crinita</i>	27
23. Prueba Duncan al 5% de la variable temperatura del suelo (°C) a diferentes densidades de siembra.....	28
24. Resistencia a la penetración del suelo (Kg/cm ²) en diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo.....	28
25. ANVA para la variable Resistencia a la penetración del suelo (Kg/cm ²) bajo diferentes densidades de <i>G. crinita</i>	28
26. Prueba Duncan al 5% de la variable resistencia a la penetración del suelo (Kg/cm ²) a diferentes densidades de siembra	29
27. Porcentaje de materia orgánica del suelo (%) en diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo	31
28. ANVA para la variable porcentaje de materia orgánica del suelo (%) bajo diferentes densidades de <i>G. crinita</i>	32
29. Prueba Duncan al 5% de la variable porcentaje de materia orgánica del suelo (%) a diferentes densidades de siembra	32
30. Reacción del suelo (pH) en diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo	32
31. ANVA para la variable reacción del suelo (pH) bajo diferentes densidades de <i>G. crinita</i>	33
32. Prueba Duncan al 5% de la variable porcentaje de materia orgánica del suelo (%) a diferentes densidades de siembra	33
33. Nitrógeno total (%) del suelo en diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo	33

34. ANVA para la variable Nitrógeno total (%) del suelo bajo diferentes densidades de <i>G. crinita</i>	34
35. Prueba Duncan al 5% de la variable Nitrógeno total (%) del suelo a diferentes densidades de siembra.....	34
36. Fosforo disponible (ppm) del suelo en diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo	34
37. ANVA para la variable Fosforo disponible (ppm) del suelo bajo diferentes densidades de <i>G. crinita</i>	35
38. Prueba Duncan al 5% de la variable Fosforo disponible (ppm) del suelo a diferentes densidades de siembra.....	35
39. Potasio disponible (Kg-K ₂ O/ha) del suelo en diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo.....	35
40. ANVA para la variable potasio disponible (Kg-K ₂ O/ha) del suelo bajo diferentes densidades de <i>G. crinita</i>	36
41. Prueba Duncan al 5% de la variable potasio disponible (Kg-K ₂ O/ha) del suelo a diferentes densidades de siembra	36
42. Capacidad de intercambio catiónico (mg/100g) del suelo en diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo	36
43. ANVA para la variable capacidad de intercambio catiónico (mg/100g) del suelo bajo diferentes densidades de <i>G. crinita</i>	37
44. Prueba Duncan al 5% de la variable capacidad de intercambio catiónico (mg/100g) del suelo a diferentes densidades de siembra	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Distribución de los tratamientos en campo (CIPTALD, 2012).....	15
2. Estabilidad de agregados de las diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo	22
3. Densidad aparente (g/cm ³) del suelo en diferentes densidades de siembra de <i>G. crinita</i> en el predio Tulumayo	23
4. Plantación de <i>Guazuma crinita</i> C. Martius “bolaina blanca”.....	47
5. Identificación de las densidades de la plantación de <i>Guazuma crinita</i> C. Martius “bolaina blanca”	47
6. Recolección de las muestras de suelo a diferentes densidades de la plantación de <i>Guazuma crinita</i> C. Martius “bolaina blanca”	48
7. Secado a sol directo y etiquetado de las muestras de suelo recolectadas en campo	48
8. Pulverización y tamizaje de las muestras de suelo.....	49
9. Indicador físico: Medición y clasificación de la textura de las muestras de suelo.....	49
10. Indicador químico: Medición de la cantidad de puentes de hidrógeno (pH) en las muestras de suelo.....	50
11. Preparación de extractos para el espectrofotómetro: filtrado de suelos.....	50
12. Preparación de extractos para el espectrofotómetro: prueba ácida para lectura.....	51
13. Lectura de los extractos de las muestras en el espectrofotómetro de uv-visible.....	51

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de diferentes densidades de siembra de *Guazuma Crinita C. Martius* “bolaina blanca” en la fertilidad de suelo del predio Tulumayo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María. Para realizar el muestreo de suelo se tomó en cuenta diversas metodologías una de ellas propuestas por departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica, mientras que el segundo por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina, modificando, donde se seleccionan 5 árboles con buen estado fitosanitario y con los mismos portes o características. El procedimiento para extraer las muestras del suelo consistió en realizar cuatro monolitos de 0-30cm de profundidad equidistantes en cada árbol a muestrear, estas muestras de los monolitos serán homogeneizadas para mandarse a analizar posteriormente, cabe resaltar que antes de realizarse la extracción de las muestras se debe limpiar el terreno. Posteriormente se tamizó con mallas de 4 mm o 2 mm según la determinación que se realizó. Los suelos existentes en las cuatro densidades poseen similar perfil edáfico, debido que son suelos Eutropepts, con pendiente de 1%, un drenaje pobre, aluvial con nivel freático a los 50 cm. La influencia de la densidad siembra de plantaciones de *Guazuma crinita C. Martius* “bolaina blanca” en las propiedades físicas y químicas del suelo fueron significativas, evaluando la fertilidad de los suelos en cuatro densidades de siembra (T1 (2.5 x 2.5), T2 (3 x 3), T3 (3.5 x 3.5) y T4 (4 x 4)), de acuerdo a sus indicadores físicos y químicos, donde la densidad T1 (2.5 x 2.5) fue el de mejor fertilidad, seguido del T4 (4 x 4), T2 (3 x 3) y el suelo de menor calidad fue el T3 (3.5 x 3.5).

Palabras clave: Bolaina blanca, tipo de suelo, parámetros de suelo.

I. INTRODUCCIÓN

La importante función de los bosques en el mundo se ha reflejado a en toda la historia de la humanidad, variando usualmente la relación entre hombre y planta en relación a las variaciones de la economía social transcurrida. Paredes (2007) indica que, os principios actuales consisten en producir bienes de bosques sembrados y conservar, por sus los servicios ecosistémicos, la masa boscosa nativa.

Uno de los problemas de la actualidad es la deforestación, y el Perú solo hasta el año 2,000 se registró una deforestación aproximada de 10 millones ha, superando la tasa anual de más de 260,000 ha de bosque deforestado, siendo un 73% que corresponde bosques secundarios o purmas (FAO, 2006).

Debido a ello, en busca de la sostenibilidad, se prioriza la inclusión de especies forestales dentro de sistemas de siembra por plantaciones ayuda a acelerar la calidad de suelo en cuanto a su fertilidad y estructura. Sin embargo, afecta mucho la selección de la especie forestal, los factores climáticos de la zona y el distanciamiento entre plantas sembradas (Bustamante y Romero, 1991).

Así mismo, los suelos del Fundo de Tulumayo se caracterizan por poseer bajos niveles de fertilidad, excesiva compactación y asociación de pasturas, debido a ello se implantó algunas plantaciones, de las cuales la especie *Guazuma crinita* C. Martius “bolaina blanca” es la más predominante.

En tal sentido se formula: ¿Cuál será la influencia de diferentes densidades de siembra de *Guazuma crinita* C. Martius “bolaina blanca” en la fertilidad del suelo del predio Tulumayo de la UNAS – Tingo María?, y de acuerdo a revisiones previas se plantea la hipótesis: La influencia de la densidad será significativa en base a sus parámetros de perfil edafogénico y las propiedades físico – químicas del suelo.

1.1. Objetivo general

Evaluar la Influencia de diferentes densidades de siembra de Guazuma crinita C. Martius “bolaina blanca” en la fertilidad del suelo del predio Tulumayo de la UNAS – Tingo María.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar el perfil edafogénico del suelo bajo diferentes densidades de siembra de Guazuma crinita C. Martius “bolaina blanca” en Tulumayo.
- Evaluar la influencia de la densidad siembra de plantaciones de Guazuma crinita C. Martius “bolaina blanca” en las propiedades físicas del suelo en Tulumayo.
- Evaluar la influencia de la densidad siembra de plantaciones de Guazuma crinita Martius “bolaina blanca” en las propiedades químicas del suelo en Tulumayo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Ruíz (2016), realizó una investigación con respecto a la calidad del suelo mediante la caracterización de las propiedades físicas y químicas de esta, la investigación fue realizada en un sistema de andenería con la finalidad de que de identificar las fortalezas y debilidades de este sistema, y así proponer un mejor manejo y aprovechamiento de este sistema con respecto a la productividad y conservación del suelo, para abastecer la calidad de vida y alimentación de la población local, cabe resaltar que la técnica por andenes es muy usada en zonas costeras y de la sierra, por ello es de suma importancia la determinación de cuales con las buenas y malas prácticas en su implementación con la finalidad de que se pueda identificar las medidas correctivas para un mejor funcionamiento del sistema que es actualmente utilizado en varios países de sudamérica, la investigación realizada fue específicamente en el centro poblado de Caca,

En Lima, específicamente en el distrito de Caca existe un terreno con un área inmensa de cultivo (40 Ha). Las muestras de suelo se tomaron en dos períodos, el primero de ellos fue tomado al momento de la siembra y el otro fue tomado en la época de cosecha, la metodología de extracción de las muestras fueron mediante monolitos colectados mediante un patrón de muestreo, estos monolitos fueron de 0 a 30 cm de profundidad. El autor analizó tanto las propiedades físicas y químicas del suelo como la textura, los nutrientes, el pH entre otros, y a partir de los resultados del término que estos suelos en su gran mayoría son ricos en nutrientes, tienen buena compactación, un suelo franco arcilloso arenoso y franco arenoso, salinidad baja, con buena disponibilidad de nutrientes en el suelo, además se pudo evidenciar algunos suelos considerados como ácidos de acuerdo a su pH debido a algunos factores químicos donde existe reacciones entre el aluminio y otros, asimismo realizaron análisis de los componentes principales del suelo con la finalidad de que la investigación sea más completa. De todos los análisis realizados se puede resaltar que la calidad del suelo es una estrategia completa y eficaz para afirmar o rechazar la fertilidad de un suelo, ya que este índice no solo mide un parámetro, sino que abarca elementos más amplios relacionados a la resistencia y resiliencia del suelo, en muchos países usan índices para determinar la capacidad de restauración de un área degradada, donde el índice de calidad del suelo es uno de los factores más importantes.

Dominguez (2005) realizó un estudio en la que quiso determinar la calidad del suelo de un sector en específico para ellos realizó su investigación en distintos puntos (nueve fincas) en donde consideró análisis características tanto físicas, químicas y la fauna edáfica del suelo como son los microorganismos, cabe resaltar que para esta investigación la medición de las propiedades también se clasificó en dos parte, una de ella cualitativas como el color del suelo y otras cuantitativas como la compactación, materia orgánica, pH, entre otros, como resultado se obtuvo que estos suelos están en proceso de degradación debido a que tiene un suelo muy compacto, suelo con baja infiltración de agua, pérdida del horizonte superficial, niveles medios de materia orgánica, son propensos a la erosión con bajos niveles de nutrientes debido a que se han realizado malas prácticas en la agricultura, sim embargo este suelo tiene capacidad y potencial agropecuaria siempre y cuando se realizan las maniobras y prácticas, con la finalidad de proteger el suelo y sobre todo mantener en el tiempo. Cabe resaltar que el manejo inadecuado de prácticas agrícolas como ganaderas, son las causantes en su mayoría de la degradación del suelo debido a que suelen usar pesticidas y o maquinaria pesada sin considerar las consecuencias que estas prácticas puede conllevar a futuro. Por otra muchos investigadores consideran a materia orgánica del suelo como un indicar de alta prioridad, debido a que de este depende generalmente los nutrientes del suelo, también está relacionada con los micro y macro organismos del suelo y en general de la mayoría de las condiciones químicas del suelo, pero ello no es suficiente para determinar exactamente la calidad del suelo debido a que también existen muchos factores de los que la calidad depende, como la vegetación el tipo de manejo ,etc.

Kantú *et al.* (2007) realizó un estudio en la provincia de Córdoba donde uso indicadores de calidad del suelo en Molisoles en pleno desarrollo, desarrollado en zonas con condiciones similares de suelos, pero con diferentes formas de manejo del mismo es decir que la zona donde se realizó el trabajo fueron homogéneas pero las practicas realizadas en ellas fueron distintas (tratamientos diferentes), en el suelo se midió las características físicas y químicas con las cuales se puede determinar su calidad mediante un índice, para realizar dicha determinación se emplearon rangos de medida para que estos valores fueran normalizados, obteniendo datos ajustados. Cabe resaltar que los indicadores fueron seleccionados de acuerdo a la influencia que tienen sobre la fertilidad del suelo y sus características en la representación del índice de calidad del suelo, estos indicadores también tienen como característica que son de fácil medición y que su cambio afectaría en la calidad y fertilidad del suelo.

2.2. La especie *Guazuma crinita* C. Martius “bolaina blanca”

2.2.1. Taxonomía de la especie

La taxonomía fue propuesta y clasificada por Cronquist (1981) de la siguiente forma:

Reino	:	Plantae
Subreino	:	Tracheobionta
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Dilleniidae
Orden	:	Malvales
Familia	:	Malvaceae
Subfamilia:		Byttnerioideae
Tribu	:	Theobromeae
Género	:	<i>Guazuma</i>
Especie	:	<i>Guazuma crinita</i> C. Martius
Nombre común	:	bolaina blanca, bolaina

2.2.2. Descripción botánica

Árbol grande de diámetro ancho con una altura de aproximadamente 35 m, cuenta con una copa que generalmente inicia en la tercera parte del árbol. Cuenta con una corteza de colores resaltantes y con fisuras. La corteza viva con numerosas laminillas; se adquieren filamentos largos; en los árboles más grandes hay dos capas; una conservadora exterior fibrosa y un laminar interior nervuda, ambas de color crema, presentadas al aire por un par de momentos cambian a marrón: irradian un adhesivo lúgubre, escaso y dulce (FAO, 1976). Hojas simples y alternas; éstas hojas suelen ser anchas y ovaladas, sus bordes son puntiagudos o también llamadas aserradas, sus colores se diferencian entre su haz y el envés debido a que uno tiene un color verdoso bajo (el haz) y el otro un verdoso amarillento (el envés) (Acuña, 1987).

2.2.2.1. Descripción de la flor

Sus flores son de tamaño pequeño y color rosado, además muestra un cáliz que a simple vista se puede diferenciar ya que es llamativo, no cuenta con una corola, por otra parte, sus flores no tienen pétalos (Baldoceña y Pinedo, 1991).

2.2.2.2. Descripción de la semilla

a. De acuerdo a sus características

Tiene semillas pequeñas de forma cónica, superficialmente con protuberancias diminutas, de 2 mm de largo x 1 mm de espesor, coloración marrón oscuro, existiendo entre 16 y 20 por fruto, repartido en 4 secciones. Presenta un promedio de 860,000 semillas en cada kilogramo (Baldoceca y Pinedo, 1991; Flores, 2002).

b. De acuerdo a su viabilidad

Las semillas están bajo la clasificación de moderadamente ortodoxas, sin embargo, posee una duración prolongada con su respectivo manejo de hongos (Flores, 2002). La viabilidad de las semillas a una temperatura de 25 °C permanece hasta un periodo de un año (Baldoceca y Pinedo, 1991).

c. Germinación de las semillas

La germinación de sus semillas se desarrolla en ambientes con temperaturas cálidas en los meses iniciales (8 meses), el brote de estas semillas se evidencia en el día siete al quince, la germinación tiene un éxito que varía del 30% al 60% (Flores, 2002; Baldoceca y Pinedo, 1991).

2.2.2.3. Descripción del fruto

Sus frutos son secos dehiscentes, junto locular de forma esférica y provistos de pubescencias (Baldoceca y Pinedo, 1991).

2.2.3. Distribución ecológica

Es de carácter heliófita y de crecimiento rápido, se ubica como indicador de bosques secundarios y purmas. Crece usualmente con especies como la *Ochroma pyramidale* “topa”, *Croton* sp. “sangre de grado”, *Cecropia* sp. “cetico”, entre otros, forman máchales y/o rodales en las riberas de los ríos.

a. Zonas de vida

Ecológicamente, la especie se desarrolla en Bosque Húmedo PreMontano Tropical, Bosque Tropical Seco y Bosque Sub Tropical muy Húmedo.

b. Fisiográfica

Usualmente habita en planicies o zonas con pendientes suaves.

c. Clima

Soporta temperaturas mayores de 21° y menores a 30°, con precipitaciones entre 1800 y 2500 mm al año.

d. Suelos

Los suelos adecuados para esta especie son aquellos con características arcillosas (Gleysols y cambisols) y buen drenaje (Baldoceña y Pineo, 1991), por otra parte, Wightman *et al.*, 2006 nos menciona que existen mejores plantaciones en suelos que van de franco-arcillosos a arcillosos. Naturalmente la bolaina blanca se encuentra en suelos con escasa fertilidad y con presencia de piedras, cuando éstas son plántulas no toleran el anegamiento (Reynel *et al.*, 2003).

2.2.4. Fenología de la especie

2.2.4.1. Floración y fructificación

Tanto la floración como la maduración del fruto dura aproximadamente 2 meses mientras su diseminación de semillas es más intenso en los meses de septiembre y octubre debido a que culmina la época seca (Flores, 2002).

2.2.5. Crecimiento y suelos de *G. crinita* C. Martius

Especie con alto poder de regeneración que requiere mucha luz suele crecer en asociación con otras especies pioneras como *Schizolobium* sp., *Croton* sp. y *Cecropia* sp. (Reynel *et al.*, 2003 y Quevedo, 1994). Por otra parte, Sotelo *et al.*, (1992) reportó altura que variaron de 2.0 m a 5.7 m dependiendo de la edad de la plántula.

En una de las investigaciones realizada por el Centro de Investigación y Capacitación Forestal (CICFOR) en donde trabajo con distintas densidades y distanciamientos, obtuvo resultados máximos de 10cm, 13.91 m y 16.23 m con respecto a su DAP, HT y altura dominante en el tercer año de plantación, así mismo se pudo observar mediante los resultados que a mayor distanciamiento en la plantación, mayor es la probabilidad de obtener plantas con copas defectuosas por ende menor calidad de la plantación (Mori, 2011), en resumen realizar plantaciones con menor densidad es recomendable debido a que se obtienen resultados más efectivos de como plantas cuyos parámetros dasométricos sean los deseados. Según Saudre (2006) la separación de siembra debe ser de 3.0 x 3.0 y la separación después del raleo debe ser de 6.0 x 6.0 m.

Esta especie también puede crecer en suelos degradados en asociación con otras plantas forestales, en donde su tasa de crecimiento tanto para el DAP como para la HT serán de 4cm/año y 2.94 m/año (Villachica *et al.*, 1993). Por otra parte, Baldoceña *et al.*, (1991) en la investigación realizada en Estación Experimental Alexander Von Humboldt obtuvieron como resultado la siguiente tasa de crecimiento 3.26 cm/año para el DAP y 4.06 m/año para la altura. Frente a estos resultados se puede afirmar que la tasa de crecimiento de esta especie

depende de las condiciones donde se encuentran, la tasa tanto de DAP y de HT se encuentra entre 3 a 4 cm/año y 2 a 4 m/año, respectivamente.

El IIAP (2007) nos menciona que esta especie obtiene un mayor crecimiento tanto en altura como un diámetro a la altura del pecho cuando se encuentran plantadas en un área donde el ingreso de la luz solar es constante, esto fue ratificada cuando se realizó un experimento donde las plantas fueron instaladas a campo abierto y se obtuvo un diámetro elevado de 3.82 cm al sexto año, asimismo otro factor que influye en dicho crecimiento es el suelo aluvial y el relieve plano del área.

Ugalde y Vasquez (1995) nos proponen calcular el índice de sitio mediante la medida de la altura de 100 árboles más altos por hectárea que realizarlo mediante el promedio de todos los individuos, por otra parte, Wightman *et al.*, (2006) nos menciona que existen mejores plantaciones en suelos que van de franco-arcillosos a arcillosos, alcanzando una altura de hasta 10 m en 4 años.

El suelo es un factor muy importante para la *G. crinita* C. Martius ya que de este depende su crecimiento, esta especie se desarrolla mejor en suelos con poco aluminio y muy fértiles, buen drenaje y poco inundables (Quevedo, 1994), cuyo suelo debe contener Calcio, Aluminio y Fósforo en una proporción adecuada para obtener árboles robustos y con buen índice de crecimiento (ARA, 1999), En resumen las condiciones de suelo, de ingreso de luz y de nutrientes son factores que afectan directamente a este tipo de plantaciones, dependiendo de ellas sus parámetros dasométricos.

La disponibilidad de nutrientes en el suelo depende del tipo de suelo y sus características en general, por ello Dominguez, (1991) afirma que en suelos donde está presente la *G. crinita* C. Martius es ligeramente ácido y alcalino varían de 5.56 a 7.73 por ende la disponibilidad de nutrientes es buena y en consecuencia la disponibilidad del aluminio es escasa.

2.3. Plantaciones Forestales

Angulo (1995) y FAO (2006) afirman que las plantaciones forestales son aquellas que fueron introducidas por el hombre y no crecieron de manera natural, algunos afirman que estas plantaciones de manera artificial fueron sembradas con el objetivo de producir madera o generar algún bien o servicio.

2.4. Calidad del suelo

La definición de calidad del suelo viene desde el año 1990 esta definición fue modificándose a medida que fueron avanzando los años, en un informe de calidad del suelo y agua se mencionó por primera vez el término calidad del suelo (Acevedo *et al.*, 2005),

Karlen *et al.*, (1997) define la calidad del suelo como su capacidad de sustentar vida tanto animal como vegetal. La calidad del suelo no solo se aboca a la protección animal y vegetal sino también incluye la protección ambiental, según Brejeda y Moorman citados por Acevedo *et al.* (2005) el suelo tiene las siguientes funciones:

- Disponibilidad de los nutrientes químicos.
- Disponibilidad del recurso hídrico para la vegetación y la napa freática.
- Estabilidad del hábitat edáfico.
- Protección de la vegetación y belleza paisajística.

Para el autor NRCC (2004), citado por Acevedo *et al.* (2005) el tema de calidad del suelo no solo se queda en ese aspecto sino también es muy importante la protección de este, incluyendo no solo la calidad del suelo sino también del agua y asimismo estableciendo metas y estrategias para prevenir y su contaminación, las estrategias incluyen la conservación, eficiencia, resistencia y la protección:

- El suelo forma parte del ambiente y por ende para protegerla, debemos cuidar la calidad de este.
- Al usar fertilizantes y pesticidas corremos el riesgo de contaminación tanto del suelo como de la salud del operador.
- Al estar un suelo sin cobertura vegetal corre el riesgo de contar con un con erosión alta.
- Las áreas naturales protegidas son espacios donde el cuidado del medio ambiente, su flora y su fauna se ven protegidas.

Según Guzman *et al.*, (2000) la calidad del suelo es muy perceptible al manejo que se le da, depende de ella su dinámica ya que esta puede cambiar a largo y corto plazo debido a las buenas prácticas que se manejen en el suelo. El manejo de la calidad del suelo influye mucho en la calidad tanto del aire como el agua y la calidad misma del suelo ya que de ella va a depender no solo la productividad y la fauna edáfica sino también la generación de ingresos económicos y beneficios ambientales según Brejeda y Moorman (2001), citados por Acevedo *et al.*, (2005).

El autor Altieri, (1997) nos menciona sobre la creación del plan Nacional de evaluación de calidad del suelo en Estados Unidos donde resalta que en este plan se incluyen información general del suelo como su uso clasificación, propiedades y otros, resaltando que la elección de los indicadores depende de las condiciones ecológicas del área en estudio.

2.5. Indicadores de calidad del suelo

Según Dalurzo *et al.* (2002), citado por Acevedo *et al.* (2005) la calidad del suelo se mide mediante el índice de calidad del suelo, este índice agrupa factores muy importantes en relacionados a la sustentabilidad del mismo, de los cuales depende la capacidad de cambio de este suelo, generalmente vienen a ser medidos mediante características físicas químicas y biológicas. Por otra parte el índice de productividad del suelo generalmente se mide mediante la producción agrícola, NRCS (2004) recomienda que los indicadores de calidad del suelo deban cumplir con las siguientes condiciones:

- De medición sencilla.
- Medición de la variabilidad del componente edáfico.
- Considerar todos los componentes del suelo.
- Evaluaciones de acuerdo a la realidad en campo y en gabinete.
- Mediciones consideradas según variaciones del clima y otros factores ambientales.

Mediante el índice de calidad del suelo se puede determinar si el suelo es fértil o infértil, si el suelo puede albergar una gran diversidad vegetal y biológica o no, así mismo se puede analizar si el recurso es sustentable o no, en resumen, podemos concluir si el suelo puede ser apto o no para la plantación que nosotros deseamos (Acevedo *et al.*, 2005). Por otra parte, otros autores como Maserá *et al.* (1999), citado por Acevedo *et al.*, (2005) mencionan que los indicadores de la calidad del suelo se dividen en dos partes: los indicadores cuantitativos y los indicadores cualitativos los cuales son los siguientes:

- Variables cualitativas: Son aquellas variables en las que las cualidades se pueden apreciar a simple vista como la salud, entre otros.
- Variables cuantitativas: Son aquellas variables que requieren de previa medición en donde los resultados suelen ser numéricas como por ejemplo el pH.

2.5.1. Indicadores físicos

Los indicadores físicos del suelo varían de acuerdo al autor algunos consideran necesario solo a una seleccionada parte de factores mientras que otros agregan más variables a este indicador, como es el caso de Doran y Lincoln (1999) quienes nos mencionan que estos indicadores pueden ser por ejemplo la densidad aparente del suelo, entre otros, muchas veces los factores están relacionados entre sí, como por ejemplo (Rejeda y Moorman (2001), citado por Acevedo *et al.* (2005):

- La textura: relacionada con la infiltración y la porosidad.

- La densidad aparente: La densidad aparente del suelo influye en muchos otros factores del mismo.
- Estabilidad de agregados: Está relacionado a factores físicos del suelo como por ejemplo a la erosión y por ende a su porosidad.

En una investigación realizada en la universidad de Chile sobre la calidad del suelo de este se obtuvieron resultados donde nos reflejan la forma en que el suelo retiene y transmite agua para las plantas y también obtuvieron resultados con respecto a sus limitaciones que el suelo presenta al albergar plantaciones en ella (Bautista *et al.*, 2004).

La textura es un factor muy importante para el suelo el cual está relacionado con otros parámetros que este tiene, es muy importante mencionar que la textura depende del tamaño de las partículas del mismo y es calificado muchas veces como arena limo y arcilla dependiendo de su tamaño (FAO, 2002), además la textura también influye a la disponibilidad de nutrientes en el suelo, la presencia de macro y macroinvertebrados.

La textura del suelo se puede determinar mediante la separación de este, tamizándolo un tamizador menor de 2 mm, las partículas menores separarlos de las partículas mayores siendo las partículas mayores aquellas como grava y piedras, mientras que las partículas menores son una mezcla de arena limo y arcilla con los cuales se realiza ensayos en campo, por otra parte la estructura del suelo varía de acuerdo a sus pedos los cuales son partículas pequeñas las cuales están unidas entre sí formando agregados estructurales, el pedo es una característica importante del suelo, ya que mediante esta información podemos determinar cómo es la estructura del suelo. Alvear *et al.*, (2007) en unas de sus investigaciones no menciona que la calidad del suelo también se puede medir mediante el porcentaje de agregados estables al agua.

Doran *et al.* (1994), citado por Ingaramo (2003), nos menciona que la estructura del suelo depende de la densidad aparente que este refleja, debido a la relación existente entre ellos y su porosidad. Por otra parte, también afirman que la propiedad de la densidad aparente está incluida dentro del parámetro que se suelen medir en la calidad del suelo, como uno de sus indicadores. Muchos autores definen a la capacidad de infiltración del suelo a la velocidad en la que el agua se infiltre en ella, la filtración depende mucho del tipo de suelo y de su textura ya que en suelos arcillosos la infiltración es mucho más lenta (Aoki y Sereno, 2006), cabe resaltar que la velocidad de infiltración en suelos arenosos es mucho más rápida. Otro factor que influye en la calidad del suelo es la capacidad de retención del agua disponible en ella ya que este hace referencia a el agua que puede ser absorbida por las plantas a un ritmo adecuado (Vanderlinden *et al.*, 2003), la disponibilidad

del agua en el suelo en un factor muy importante no solo la vegetación sino también para la fauna edáfica. Con respecto a la temperatura del suelo Sandoval (2006) nos menciona que esté depende de la radiación solar que se está dando en el momento y de las condiciones climáticas de la zona, así mismo menciona la importación de la temperatura de suelo y su relación con respecto a factores externos como la radiación global, el albedo, y otros. La compactación del suelo muchas veces se debe a las malas prácticas agrícolas y ganaderas, debido a que en la agricultura muchas veces se usa maquinaria pesada para nivelar el terreno y esto afecta en la compactación del suelo, por otra parte, la ganadería y el pastoreo con el pisoteo de estos animales ayudan a que el suelo se compacte más afectando en cierta manera a la resistencia a la penetración (Ramírez, 2000).

2.5.2. Indicadores químicos

Los indicadores químicos del suelo son aquellos que influyen en la calidad no solo del suelo sino también del agua, las relaciones entre el suelo planta, la disponibilidad de nutrientes, entre otros, generalmente se usa la materia orgánica, el pH, el nitrógeno los nutrientes disponibles entre otros (CE, N, P y K) (Acevedo *et al.*, 2005 y Chen 2000), debido a que reflejan la fertilidad del suelo, mediante su disponibilidad de nutrientes.

Santibañez (2003), menciona que el indicador más importante de la calidad del suelo es la materia orgánica existente en ella ya que de la materia orgánica depende la disponibilidad de nutrientes en el suelo, debido a que mediante la hojarasca las plantaciones y por medio de los microorganismos y la fauna edáfica estos se convierten en nutrientes en el suelo, para la descomposición de la materia orgánica es de suma importancia tanto a los macro y microorganismos del suelo que los transforman en formas asimilables por el suelo. El pH del suelo es otro factor muy importante en la calidad del suelo debido a que de acuerdo al pH del suelo también se puede determinar la disponibilidad de algunos nutrientes como del aluminio y del fósforo, el pH del suelo hace referencia a las concentraciones de H⁺ expresada en moles por litro y su escala va de 0 a 14, cuanto menor es el valor mayor es la acidez del suelo (Martines, 2003).

El nitrógeno del suelo está muy relacionado a la materia orgánica del mismo debido a que mediante la descomposición de la materia orgánica se obtiene también el nitrógeno el cual muchas veces suele ser aplicado por agricultores en formas de abonos que no contienen químicos, el compost, etc. Para comprender el contenido de materia orgánica en el suelo tenemos que conocer y determinar el nitrógeno total del mismo mediante métodos estandarizados (Calderón, 1999).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en 4 plantaciones de Guazuma crinita C. Martius “bolaina blanca” en el Centro de Investigación y Producción perteneciente a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicado en el sector de Tulumayo, distrito de Jose Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, cuyas coordenadas UTM son las siguientes:

ESTE	:	398860
NORTE	:	8997650
ALTITUD	:	636 msnm

Según Holdridge (1987), la zona de estudio se encuentra ubicada en la formación vegetal de bosque muy húmedo Pre montano Tropical (bmh - PT) de acuerdo a la clasificación de las zonas de vida y el diagrama bioclimático, Con respecto a las condiciones climáticas éstas tienen una temperatura con las siguientes características: temperatura máxima 30.05 °C, mínima 20.7 °C, y media 25.6 °C, precipitación promedio de 3758 mm, la humedad relativa 84 % .

3.2. Materiales, equipos y herramientas

3.2.1. Material biológico

Plantas en campo definitivo de Guazuma crinita C. Martius “bolaina blanca” de las plantaciones pertenecientes al centro de investigación de la UNAS.

3.2.2. Materiales y equipos

Se utilizó GPS, cámara digital, flexómetro (25 m), machetes, wincha (50 m), bolsas plásticas (10x20), cilindro de densidad aparente, termohigrómetro, etc.

3.3. Metodología

Se utilizó la metodología modificada de Sarti *et al.* (2016) para el muestreo de árboles y Veldkamp (1993) para el muestreo de suelos. La investigación se realizará en tres fases: Fase de gabinete, fase de campo y fase de análisis.

3.3.1. Fase de gabinete

La presente investigación se realizó en las plantaciones de Guazuma crinita C. Martius “bolaina blanca” en el Centro de Investigación y Producción - Tulumayo de la UNAS, con las respectivas coordinaciones y permisos jefe del área para que nos proporcionó las facilidades para el cumplimiento de las fases antes mencionadas, además de coordinar el respectivo reconocimiento y acondicionamiento del área de estudio. Se realizó la identificación del factor en estudio, asimismo los niveles de los tratamientos a aplicarse.

3.3.1.1. Tratamientos en estudio

Los tratamientos considerados en el estudio son cuatro (Cuadro 2), fueron generados por el factor Densidad de siembra (2.5 x 2.5 m, 3 x 3 m, 3.5 x 3.5 m y 4 x 4 m).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamiento	Distanciamiento (m)	Densidad de la plantación/ha
T1	2.5 x 2.5	1600
T2	3 x 3	1111
T3	3.5 x 3.5	816
T4	4 x 4	625

3.3.1.2. Diseño del experimento

En el presente trabajo de investigación se utilizó el Diseño en Bloque Completo al Azar (DBCA) con 4 tratamientos. La investigación fue de acuerdo a: cantidad de repeticiones (4), número de árboles / unidad experimental (20), total de árboles del ensayo (320).

3.3.1.3. Modelo aditivo lineal

Se utilizó un diseño de bloque completamente al azar (DBCA), donde se conformó por 4 tratamientos con 4 repeticiones. Por lo tanto, según el diseño, el modelo aditivo lineal de la presente investigación es:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + r_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Es la respuesta obtenida en la k-ésima repetición, a la cual se aplicó el i-ésimo bloque con el j-ésimo tratamiento.

μ : Es el efecto de la media general.

β_i : Es el efecto del i-ésimo bloque.

r_j : Es el efecto del j-ésimo tratamiento.

ϵ_{ijk} : Es el efecto aleatorio del error experimental obtenida en la k-ésima repetición, a la cual se aplicó el i-ésimo bloque con el j-ésimo tratamiento

3.3.1.4. Unidad experimental

Se contó con 4 tratamientos y 4 repeticiones haciendo un total de 16 unidades experimentales, de las cuales fueron 20 árboles de Guazuma crinita C. Martius “bolaina blanca” sembrados en sus respectivas densidades de siembra.

3.3.1.5. Análisis de variancia

El análisis de variancia se realizó con las pruebas estadísticas de Fisher y la comparación de medias con el Test pos-hot de DUNCAN, ambos con nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (Cuadro 2).

Cuadro 2.. Análisis de variancia (ANVA) de la investigación.

FV	GL	SC	CM	Fc
Bloques	r-1	SC B	SC B / r-1	CMB/CME
Tratamientos	t-1	SC T	SC T / t-1	CMT/CME
Error	(t-1)(r-1)	SC E	SC E/ GLE	
Total	rt - 1	SCTotal		

t= tratamiento; r=repetición; GL =grados de libertad; Sc = Suma de cuadrados Sc = Suma de cuadrados; Fc = F calculado

3.3.1.6. Distribución de los tratamientos

Debido que el diseño de la investigación corresponde a un DBCA, se distribuye de forma aleatoria:



Figura 1. Distribución de los tratamientos en campo (CIPTALD, 2012)

3.3.2. Fase de campo

3.3.2.1. Ubicación de la parcela

Para la investigación se necesitó hacer un recorrido por todo el lugar de ejecución, para ubicar las plantaciones, la distancia desde la carretera y las características del terreno.

3.3.2.2. Limpieza de la parcela

Para prevenir que otros factores influyan los resultados de la investigación se procedió a la limpieza de maleza y agentes extraños.

3.3.2.3. Muestreo de suelos

Para realizar el muestreo de suelo se tomó en cuenta diversas metodologías una de ellas propuestas por departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica, mientras que el segundo por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina, modificando con la metodología propuesta por Sarti *et al.* (2016), donde se seleccionan 5 árboles con buen estado fitosanitario y con los mismos portes o características. El procedimiento para extraer las muestras del suelo consistió en realizar cuatro monolitos de 0-30cm de profundidad equidistantes en cada árbol a muestrear, estas muestras de los monolitos fueron homogeneizadas para mandarse a analizar posteriormente, cabe resaltar que antes de realizarse la extracción de las muestras se debe limpiar el terreno.

Posteriormente se tamizó con mallas de 4 mm o 2 mm según la determinación a realizar:

3.3.2.4. Determinación de índices

Se georreferenció las plantaciones con sus respectivas densidades; en el cual, se recolectó las muestras para determinar los indicadores físicos y químicos en laboratorio considerando la siguiente metodología:

Textura

Para determinar la textura del suelo se realizó en Método Bouyoucos, metodología descrita por Doran y Lincoln, (1999); Moscatelli *et al.* (2000); Acevedo *et al.* (2005), el cual consistió en tamizar las muestras para después diluirla con agua destilada al 10%, la dilución se realizó mediante agitación por un periodo de 15 minutos con las finalidad de que la muestra se encuentre homogénea, una vez realizada dicha acción se procedió a trasladar la muestra a una probeta de 1L y tomar lectura con el hidrómetro de Bouyoucos.

Estructura

La determinación de la estructura del suelo se realizó mediante el método de observación directa metodología descrita por Doran Y Lincoln, (1999); Moscatelli *et al.* (2000); Acevedo *et al.* (2005), metodología que consistió en realizar una calicata en la zona

de estudio, las calicatas tuvieron las siguientes medidas: 0.8 m x 1.0 m x 1.2 m de profundidad, una vez realizada la calicata se realizó la observación directa de los agregados del suelo para después categorizarlo según la clasificación de suelos de acuerdo a sus estructura.

Estabilidad de agregados

La estabilidad de agregados se realizó mediante el tamiz metodología propuesta por Doran Y Lincoln, (1999); Moscatelli *et al.* (2000); Acevedo *et al.* (2005), que básicamente consistió el tamizar muestras del suelo del área en estudio llevarlas a un secador y así obtener datos de peso de agregados en seco y peso del suelo en seco para después multiplicarlo por 100 y así obtener el porcentaje de estabilidad de agregados, la fórmula utilizada se presenta a continuación:

$$\text{Estabilidad de agregados \%} = \frac{(\text{peso de agregados seco} - \text{arena})}{(\text{peso de suelo seco} - \text{arena})} \cdot 100$$

Densidad aparente

La determinación de la densidad aparente se realizó mediante el volumen, el peso en húmedo y el peso en seco de las muestras del suelo, del área de investigación se obtuvo una muestra a un volumen conocido de suelo para después de esto ser trasladado al laboratorio y pesar en húmedo, el cual posteriormente fue llevado a un secador y se pesó la muestra en seco y así obtener los datos requeridos, esta metodología fue propuesta por Doran y Lincoln, (1999); Moscatelli *et al.* (2000); Acevedo *et al.* (2005), la fórmula utilizada fue la siguiente:

$$\text{Densidad aparente } \frac{g}{cm^3} = \frac{(\text{peso del suelo seco al horno})}{(\text{volumen del suelo})}$$

Profundidad efectiva

Debido a que la profundidad efectiva se refiere a la zona donde se desarrollan las raíces, está se realizó mediante un método directo ya que en las calicatas previamente realizadas se midió la profundidad en dónde se presentaba el primer Horizonte con presencia de raíces, esta metodología fue propuesta por Doran Y Lincoln, (1999); Moscatelli *et al.* (2000); Acevedo *et al.* (2005).

Infiltración

La determinación de la infiltración del suelo se realizó haciendo uso de un cilindro, bolsa plástica, agua, arregla y un cronómetro, para realizar esta determinación se insertó el cilindro en el suelo y se le agregó agua el cual se fue midiendo la altura en que disminuía de acuerdo al tiempo de medida, cabe resaltar que el tiempo cero es cuando el

agua inicia su infiltración, esta metodología fue propuesta por Doran Y Uncoln, (1999); Moscatelli *et al.* (2000); Acevedo *et al.* (2005).

Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención del agua se realizó mediante las fórmulas propuestas por Doran y Uncoln, (1999); Moscatelli *et al.* (2000); Acevedo *et al.* (2005). Cabe Resaltar que para determinar la capacidad de retención de agua se utiliza una fórmula, el valor a reemplazar en la fórmula se determinó mediante una muestra de suelo que fue tamizada, para posteriormente se filtrada con agua destilada, el agua filtrada fue medida en su volumen.

Temperatura del suelo

La medición de la temperatura del suelo se realizó in situ, colocándose un termómetro de suelo de forma horizontal a 12 centímetros de la superficie del suelo en el área de investigación.

Resistencia a la penetración

Al igual que la medición de la temperatura, la medición de resistencia a la penetración se realizó situ, colocándose un penetrómetro en el suelo de forma horizontal a 3 centímetros de la superficie del suelo en el área de investigación.

Materia orgánica

Para determinar la materia orgánica se extrajo 2 gramos de muestra de suelo y se pesó la muestra tanto fresca como calcinada, este método es conocido como Método de Walkley y Blak, descrita por Doran y Uncoln, (1999); Moscatelli *et al.* (2000); Acevedo *et al.* (2005).

$$MO = \frac{(\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra calcinada a } 600^{\circ}\text{C})}{\text{Peso de la muestra}} \cdot 100$$

Reacción del suelo

La reacción del suelo se realizó haciendo uso del potenciómetro, se extrajo 30 gramos de muestra del suelo del área e investigación y se le agregó agua para que este sea diluida y mezclada homogéneamente y así poder usar el potenciómetro en forma directa, el método tiene por nombre Método del potencómetro el cual fue mencionada por Doran y Lincoln, (1999); Moscatelli *et al.* (2000); Acevedo *et al.* (2005).

Nitrógeno total

Método Kjeldahl, descrita por Doran y Lincoln, (1999); Moscatelli *et al.* (2000); Acevedo *et al.* (2005). Para determinar el hidrógeno total del suelo se necesitó calcular el volumen gastado por la muestra y el volumen gastado por el blanco para que estos datos fueron reemplazados en la siguiente fórmula:

$$\%N_2 \text{ total} = (V'' - V) \cdot 0.028$$

V : mL de NaOH gastados por la muestra

V'' : mL de NaOH gastados por el blanco

Fósforo disponible

Para determinar el fósforo disponible se hizo uso del espectrofotómetro de absorción atómica, en donde se me dio el fósforo disponible en partes por millón, la metodología consistió en realizar diluciones de las muestras con agua destilada, y usar reactivos como el Molibdato antimónico.

Potasio disponible

Para determinar el fósforo disponible en el suelo se hizo uso del espectrofotómetro de absorción atómica, la metodología consistió en diluir las muestras de suelo para posteriormente realizar la medición con el espectrofotómetro, esta metodología fue propuesta por Doran y Lincoln, (1999); Moscatelli *et al.* (2000); Acevedo *et al.* (2005).

Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico se realizó midiendo los cationes de: calcio, potasio, magnesio y sodio, debido a que estos son los cationes intercambiables del suelo.

$$CIC = \frac{(Ca + K + Mg + Na) \text{ meq}}{100 \text{ g de suelo}}$$

3.3.3. Fase de análisis de datos

Se realizó evaluaciones al finalizar la investigación, adicional a ello se observó periódicamente las variaciones en las plantaciones, si hubo presencia de enfermedades, de hongos o cualquier otro factor que puede afectar a la investigación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Perfil edafogénico del suelo bajo diferentes densidades de siembra de *Guazuma crinita* C. Martius “bolaina blanca” en Tulumayo

En los resultados en los tratamientos de la presente investigación coinciden en el perfil edáfico, debido que están todos en un mismo lugar, teniendo como clasificación taxonómica como suelos Eutropepts del suborden Tropept y orden Inceptisol, con una pendiente casi horizontal 1%, pertenece a la zona de vida Bosque muy húmedo premontano tropical, con pobre drenaje, nivel freático a 50 cm y el material parental es aluvial (Cuadro 3).

Cuadro 3. Perfil edafogénico del suelo bajo diferentes densidades de siembra de *Guazuma crinita* C. Martius “bolaina blanca” en Tulumayo.

Descripción	T1	T2	T3	T4
Gran grupo del suelo			Eutropepts	
Pendiente			1%	
Zona de vida			bmh-PMT	
Drenaje			Pobre	
Nivel freático			a los 50 cm	
Material parental			Aluvial	
Vegetación			Herbaceas y <i>G. crinita</i>	

Ti = Tratamiento de densidad de siembra

4.2. Influencia de la densidad siembra de plantaciones de *G. crinita* “bolaina blanca” en las propiedades físicas del suelo en Tulumayo

4.2.1. Textura del suelo

La textura del suelo determinado en los cuatro tratamientos de densidades de *G. crinita*, demostraron que en el T1 (2.5 x 2.5) la textura de suelo predominante es el franco arcilloso, en el T2 (3 x 3) el franco, en T3 (3.5 x 3.5) el franco arcilloso limoso y en el T4 (4 x 4) el franco (Cuadro 4).

Cuadro 4. Textura del suelo de diferentes densidades de siembra de *G. crinita* en el predio Tulumayo

T1 (2.5 x 2.5)	T2 (3 x 3)	T3 (3.5 x 3.5)	T4 (4 x 4)
Fco-arcilloso	Franco	Fco-Arc-limoso	Franco
Franco	Franco	Fco-Arc-limoso	Fco-limoso
Fco-arcilloso	Fco-arcilloso	Fco-limoso	Franco

4.2.2. Estructura (tipo, tamaño y grado)

La estructura del suelo hallado en los cuatro tratamientos de densidades de plantación de la especie *G. crinita* (Cuadro 5), se observa que, para cada distanciamiento, se puede evidenciar que la estructura del suelo varía de acuerdo al tratamiento aplicado.

Cuadro 5 Estructura del suelo de diferentes densidades de siembra de *G. crinita* en el predio Tulumayo

T1 (2.5 x 2.5)	T2 (3 x 3)	T3 (3.5 x 3.5)	T4 (4 x 4)
Granular medio	Granular medio	Granular	Granular fino a medio
Bloque fino	G. fino débil	Granular fino a medio	Granular medio
Bloque medio	Granular fino	Granular medio	Granular fino

4.2.3. Estabilidad de agregados

El porcentaje de estabilidad de agregados encontramos que T1 (2.5 x 2.5) tuvo el mayor promedio con 65.63% seguido del T4 (4 x 4) 57.53%, T2 (3 x 3) 57.03% y con menor promedio el T3 (3.5 x 3.5) 50.30%. Teniendo en cuenta que los datos demostraron un CV% de 11% se puede decir que existió buena homogeneidad.

Cuadro 6. Estabilidad de agregados % de diferentes densidades de siembra de *G. crinita* en el predio Tulumayo

N° muestra	T1 (2.5 x 2.5)	T2 (3 x 3)	T3 (3.5 x 3.5)	T4 (4 x 4)
1	62.00	60.50	44.90	53.20
2	71.00	57.20	53.10	57.60
3	63.90	53.40	52.90	61.80
Promedio %	65.63	57.03	50.30	57.53

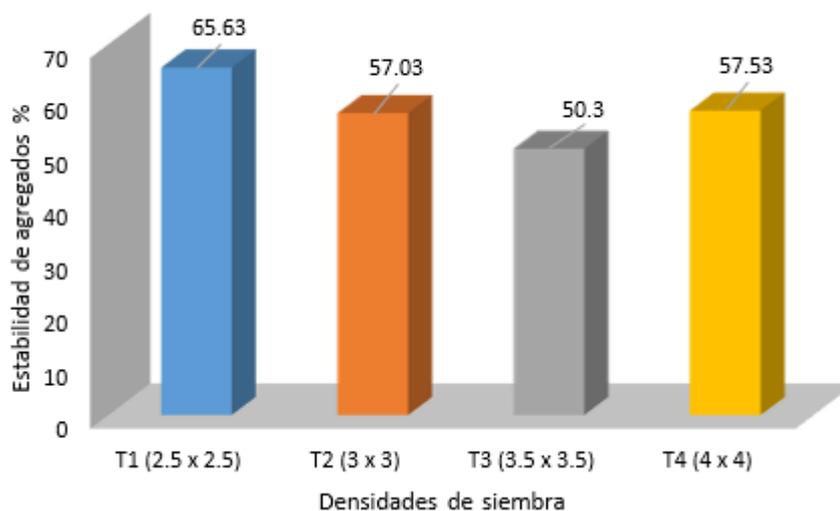


Figura 2. Estabilidad de agregados% de diferentes densidades de siembra de *G. crinita* en el predio Tulumayo

El análisis de variancia de estabilidad de agregados entre los Tratamientos (Cuadro 7), tenemos como resultado que existe diferencia significativa entre las densidades de plantación (T1 (2.5 x 2.5), T2 (3 x 3), T3 (3.5 x 3.5), T4 (4 x 4)).

Cuadro 7. ANVA para la variable estabilidad de agregados bajo diferentes densidades de *G. crinita*

FV	GL	SC	CM	Fc	Fvalor
Tratamientos	3	354.44	118.15	6.26	<0.001s
Error experimental	8	151.00	18.87		
Total	11	149.91			

Coefficiente de variación (CV%) = 11 %; Fv = Fuente de variación; Sc = Suma de cuadrados GL = Grado de libertad; CM = Cuadrado medio

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad en el porcentaje de estabilidad de agregados (Cuadro 8), se aprecia el comportamiento de las diferentes densidades de siembra, siendo mejor el T1 (2.5 x 2.5) con significancia absoluto de un solo grupo.

Cuadro 8. Prueba Duncan al 5% de la variable porcentaje de estabilidad de agregados a diferentes densidades de siembra

N°	Densidad de siembra	Promedio (%)	Significación
1	T1 (2.5 x 2.5)	65.63	a
2	T4 (4 x 4)	57.53	b
3	T2 (3 x 3)	57.03	b c
4	T3 (3.5 x 3.5)	50.30	c

4.2.4. Densidad aparente

La densidad aparente del suelo encontramos que el T3 (3.5 x 3.5) tuvo el mayor promedio con 1.23 g/cm³ seguido del T2 (3 x 3) 1.15 g/cm³, T4 (4 x 4) 1.01 g/cm³ y con menor promedio la T1 (2.5 x 2.5) con 0.89 g/cm³. Por otro lado, los datos demostraron un CV% de 14% demostrando homogeneidad alta.

Cuadro 9. Densidad aparente del suelo en diferentes densidades de siembra de *G. crinita* en el predio Tulumayo

Nº muestra	T1 (2.5 x 2.5)	T2 (3 x 3)	T3 (3.5 x 3.5)	T4 (4 x 4)
1	0.91	1.28	1.25	1.08
2	0.84	1.10	1.24	1.01
3	0.91	1.09	1.21	0.96
Promedio %	0.89	1.15	1.23	1.01

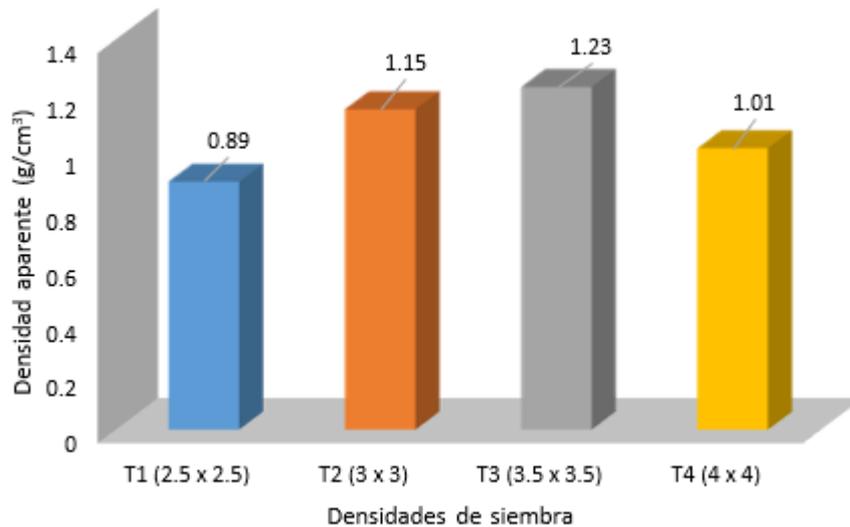


Figura 3. Densidad aparente (g/cm³) del suelo en diferentes densidades de siembra de *G. crinita* en el predio Tulumayo

El análisis de variancia de densidad aparente entre los tratamientos (Cuadro 10), tenemos como resultado que existe diferencia significativa entre las densidades de plantación (T1 (2.5 x 2.5), T2 (3 x 3), T3 (3.5 x 3.5), T4 (4 x 4)).

Cuadro 10. ANVA para la variable densidad aparente (g/cm³) del suelo bajo diferentes densidades de *G. crinita*

FV	GL	SC	CM	Fc	Fvalor
Tratamientos	3	0.21	0.07	15.98	<0.001s
Error experimental	8	0.03	0.00		
Total	11	0.24			

Coefficiente de variación (CV%) = 11 %; Fv = Fuente de variación; Sc = Suma de cuadrados GL = Grado de libertad; CM = Cuadrado medio

Según la prueba estadística se puede afirmar que en los tratamientos realizados no existen diferencias significativas entre los tratamientos de las densidades de siembra entre el T3 (3.5 x 3.5) (1.23) y T2 (3 x 3) (1.15), T4 (4 x 4) (1.01) y T1 (2.5 x 2.5) (0.89), y existiendo significación estadística entre T3 (3.5 x 3.5) y T1 (2.5 x 2.5).

Cuadro 11. Prueba Duncan al 5% de la variable densidad aparente a diferentes densidades de siembra

N°	Densidad de siembra	Promedio (g/cm ³)	Significación
1	T3 (3.5 x 3.5)	1.23	a
2	T2 (3 x 3)	1.15	a b
3	T4 (4 x 4)	1.01	b
4	T1 (2.5 x 2.5)	0.89	b c

4.2.5. Profundidad efectiva

La profundidad efectiva del suelo, encontramos que el T3 (3.5 x 3.5) tuvo el mayor promedio con 115 cm, seguido de T2 (3 x 3) 105 cm, T1 (2.5 x 2.5) 90 cm y con menor promedio el T4 (4 x 4) con 80 cm (Cuadro 12)

Cuadro 12. Profundidad efectiva del suelo en diferentes densidades de siembra de *G. crinita* en el predio Tulumayo

N° muestra	T1 (2.5 x 2.5)	T2 (3 x 3)	T3 (3.5 x 3.5)	T4 (4 x 4)
1	75.00	110.00	115.00	85.00
2	90.00	85.00	135.00	80.00
3	105.00	120.00	95.00	75.00
Promedio %	90.00	105.00	115.00	80.00

El análisis de variancia de la profundidad efectiva del suelo entre las densidades de siembra obtenemos que, no existe diferencia significativa entre las densidades T1 (2.5 x 2.5), T2 (3 x 3), T3 (3.5 x 3.5) y T4 (4 x 4) (Cuadro 12).

Cuadro 13. ANVA para la variable profundidad efectiva (cm) del suelo bajo diferentes densidades de *G. crinita*

FV	GL	SC	CM	Fc	Fvalor
Tratamientos	3	2175.00	725.00	2.97	>0.05NS
Error experimental	8	1950.00	243.75		
Total	11	4125.00			

Coefficiente de variación (CV%) = 16 %; Fv = Fuente de variación; Sc = Suma de cuadrados GL = Grado de libertad; CM = Cuadrado medio

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad de la profundidad efectiva, se aprecia el comportamiento de las diferentes densidades de siembra, no existiendo significación estadística entre la densidad de siembra, T3 (3.5 x 3.5) (115.00) y T2 (3 x 3) (105.00) y existiendo significación estadística entre T3 (3.5 x 3.5) y T4 (4 x 4) (Cuadro 14).

Cuadro 14. Prueba Duncan al 5% de la variable profundidad efectiva del suelo a diferentes densidades de siembra

N°	Densidad de siembra	Promedio (cm)	Significación
1	T3 (3.5 x 3.5)	115.00	a
2	T2 (3 x 3)	105.00	a b
3	T1 (2.5 x 2.5)	90.00	b
4	T4 (4 x 4)	80.00	b c

4.2.6. Infiltración

La infiltración del suelo, encontramos que el T3 (3.5 x 3.5) tuvo el mayor promedio con 10.78 cm/h seguido del T4 (4 x 4) 4.19 cm/h, T1 (2.5 x 2.5) 2.84 cm/h y con menor promedio el cultivo T2 (3 x 3) con 0.53 cm/h (Cuadro 15).

Cuadro 15. Infiltración del suelo (cm/h) en diferentes densidades de siembra de *G. crinita* en el predio Tulumayo

N° muestra	T1 (2.5 x 2.5)	T2 (3 x 3)	T3 (3.5 x 3.5)	T4 (4 x 4)
1	2.34	0.52	7.62	6.09
2	3.24	0.61	13.85	2.67
3	2.93	0.47	10.88	3.81
Promedio %	2.84	0.53	10.78	4.19

Según el ANVA se puede afirmar que existe diferencias significativas estadísticas entre las propiedades de infiltración del suelo y la densidad de siembra, donde se obtuvo lo siguiente: T1 (2.5 x 2.5), T2 (3 x 3), T3 (3.5 x 3.5), T4 (4 x 4) (Cuadro 16).

Cuadro 16. ANVA para la variable infiltración (cm/h) del suelo bajo diferentes densidades de *G. crinita*

FV	GL	SC	CM	Fc	Fvalor
Tratamientos	3	174.14	58.05	17.92	<0.001S
Error experimental	8	25.91	3.24		
Total	11	200.06			

Coefficiente de variación (CV%) = 96 %; Fv = Fuente de variación; Sc = Suma de cuadrados GL = Grado de libertad; CM = Cuadrado medio

Según el análisis estadístico realizado con respecto a infiltración, se puede afirmar que existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos: T3 (3.5 x 3.5) (10.78), T4 (4 x 4) (4.19), T1 (2.5 x 2.5) (2.84) y T2 (3 x 3) (0.53) (Cuadro 17).

Cuadro 17. Prueba Duncan al 5% de la variable infiltración del suelo a diferentes densidades de siembra

Nº	Densidad de siembra	Promedio (cm/h)	Significación
1	T3 (3.5 x 3.5)	10.78	a
2	T4 (4 x 4)	4.19	b
3	T1 (2.5 x 2.5)	2.84	c
4	T2 (3 x 3)	0.53	d

4.2.7. Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua del suelo, encontramos que el T3 (3.5 x 3.5) tuvo el mayor promedio con 82.50% seguido de T1 (2.5 x 2.5) 79.17% y con menor promedio las densidades T4 (4 x 4) y T2 (3 x 3) con 74.17% en ambos casos (Cuadro 18).

Cuadro 18. Capacidad de retención de agua del suelo (%) en diferentes densidades de siembra de *G. crinita* en el predio Tulumayo

Nº muestra	T1 (2.5 x 2.5)	T2 (3 x 3)	T3 (3.5 x 3.5)	T4 (4 x 4)
1	80.00	72.50	85.00	70.00
2	77.50	75.00	82.50	80.00
3	80.00	75.00	80.00	72.50
Promedio %	79.17	79.17	82.50	74.17

El análisis de variancia de la capacidad de retención de agua del suelo entre la densidad de siembra, obtenemos como resultado que existe diferencia significativa entre la densidad de siembra T1 (2.5 x 2.5), T2 (3 x 3), T3 (3.5 x 3.5), T4 (4 x 4) (Cuadro 19).

Cuadro 19. ANVA para la variable retención de agua del suelo (%) bajo diferentes densidades de *G. crinita*

FV	GL	SC	CM	Fc	Fvalor
Tratamientos	3	150.00	50.00	5.33	<0.001S
Error experimental	8	75.00	9.38		
Total	11	225.00			

Coefficiente de variación (CV%) = 5%; Fv = Fuente de variación; Sc = Suma de cuadrados GL = Grado de libertad; CM = Cuadrado medio

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad de la capacidad de retención de agua del suelo, se aprecia el comportamiento de las diferentes densidades de siembra, existiendo una pequeña significación estadística entre la densidad de siembra, T3 (3.5 x 3.5) (82.50) y T1 (2.5 x 2.5) (79.17) y no existiendo diferencia entre T2 (3 x 3) y T4 (4x 4) (74.17) (Cuadro 20).

Cuadro 20. Prueba Duncan al 5% de la variable retención de agua del suelo (%) a diferentes densidades de siembra

N°	Densidad de siembra	Promedio (%)	Significación
1	T3 (3.5 x 3.5)	82.50	a
2	T1 (2.5 x 2.5)	79.17	a b
3	T2 (3 x 3)	74.17	b
4	T4 (4 x 4)	74.17	b

4.2.8. Temperatura del suelo

La temperatura del suelo (termómetro), de las diferentes densidades de siembra, encontramos que el T2 (3 x 3) tuvo el mayor promedio con 28.83 °C seguido del T3 (3.5 x 3.5) 27.37 °C, T4 (4 x 4) 26.13 °C y con menor promedio T1 (2.5 x 2.5) con 26.00 °C (Cuadro 21).

Cuadro 21. Capacidad de temperatura del suelo (°C) en diferentes densidades de siembra de *G. crinita* en el predio Tulumayo

N° muestra	T1 (2.5 x 2.5)	T2 (3 x 3)	T3 (3.5 x 3.5)	T4 (4 x 4)
1	26.00	29.00	28.40	25.40
2	26.00	29.00	26.70	26.50
3	26.00	28.50	27.00	26.50
Promedio	26.00	28.83	27.37	26.13

El análisis de variancia de la temperatura del suelo entre la densidad de siembra, obtenemos como resultado que existe diferencia significativa entre la densidad T1 (2.5 x 2.5), T2 (3 x 3), T3 (3.5 x 3.5), T4 (4 x 4) (Cuadro 22).

Cuadro 22. ANVA para la variable temperatura del suelo (°C) bajo diferentes densidades de *G. crinita*

FV	GL	SC	CM	Fc	Fvalor
Tratamientos	3	15.66	5.22	15.94	<0.001S
Error experimental	8	2.62	0.33		
Total	11	18.28			

Coefficiente de variación (CV%) = 5%; Fv = Fuente de variación; Sc = Suma de cuadrados GL = Grado de libertad; CM = Cuadrado medio

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad de la temperatura del suelo, se aprecia el comportamiento de las diferentes densidades de siembra, existiendo una significación estadística entre la densidad de siembra, T2 (3 x 3) (28.83) y T3 (3.5 x 3.5) (27.37) no existiendo diferencias entre T4 (4 x 4) (26.13) y T1 (2.5 x 2.5) (26.00) (Cuadro 23).

Cuadro 23. Prueba Duncan al 5% de la variable temperatura del suelo (°C) a diferentes densidades de siembra

N°	Densidad de siembra	Promedio (°C)	Significación
1	T2 (3 x 3)	28.83	a
2	T3 (3.5 x 3.5)	27.37	a b
3	T4 (4 x 4)	26.13	b
4	T1 (2.5 x 2.5)	26.00	b

4.2.9. Resistencia a la penetración

La resistencia a la penetración del suelo, de las diferentes densidades de siembra, encontramos que el T4 (4 x 4) tuvo el mayor promedio con 2.00 Kg/cm² seguido del T3 (3.5 x 3.5) con 1.92 Kg/cm², T2 (3 x 3) con 1.13 Kg/cm² y con menor promedio T1 (2.5 x 2.5) con 0.95 Kg/cm².

Cuadro 24. Resistencia a la penetración del suelo (Kg/cm²) en diferentes densidades de siembra de *G. crinita* en el predio Tulumayo

N° muestra	T1 (2.5 x 2.5)	T2 (3 x 3)	T3 (3.5 x 3.5)	T4 (4 x 4)
1	1.00	1.15	1.75	2.25
2	0.95	1.25	2.15	2.00
3	0.90	1.00	1.85	1.75
Promedio	0.95	1.13	1.92	2.00

El análisis de variancia de la resistencia a la penetración del suelo entre la densidad de siembra, obtenemos como resultado que existe diferencia significativa entre la densidad de siembra T1 (2.5 x 2.5), T2 (3 x 3), T3 (3.5 x 3.5), T4 (4 x 4) (Cuadro 25).

Cuadro 25. ANVA para la variable Resistencia a la penetración del suelo (Kg/cm²) bajo diferentes densidades de *G. crinita*

FV	GL	SC	CM	Fc	Fvalor
Tratamientos	3	2.58	0.86	27.72	<0.001S
Error experimental	8	0.25	0.03		
Total	11	2.83			

Coefficiente de variación (CV%) = 36%; Fv = Fuente de variación; Sc = Suma de cuadrados GL = Grado de libertad; CM = Cuadrado medio

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad de la resistencia a la penetración del suelo, se aprecia el comportamiento de las diferentes densidades de siembra, no existiendo significación estadística entre T4 (4 x 4) (2.00) y T3 (3.5 x 3.5) (1.92) y existiendo diferencia significativa entre T4 (4 x 4) (2.00) y T1 (2.5 x 2.5) (0.95) (Cuadro 26).

Cuadro 26. Prueba Duncan al 5% de la variable resistencia a la penetración del suelo (Kg/cm²) a diferentes densidades de siembra

N°	Densidad de siembra	Promedio (Kg/cm ²)	Significación	
1	T4 (4 x 4)	2.00	a	
2	T3 (3.5 x 3.5)	1.92	a	b
3	T2 (3 x 3)s	1.13	b	
4	T1 (2.5 x 2.5)	0.95	b	c

4.2.10. Análisis de la influencia sobre las propiedades físicas

En la presente investigación se midieron los siguientes indicadores: La textura del suelo, estructura (tipo, tamaño y grado), estabilidad de agregados, densidad aparente, profundidad efectiva, infiltración, capacidad de retención de agua, temperatura del suelo y resistencia a la penetración, estos indicadores coinciden con los mencionado por Chen (2000) quien recomienda la mayoría de los realizados en la presente investigación, por otra parte Doran y Lincoln (1999) también concuerda con los indicadores determinados sin embargo también mencionada el espeso del horizonte superior como un indicador de la calidad del suelo.

Al realizarse la determinación de la textura del suelo se obtuvo como resultado suelos con las siguientes clases texturales: franco arcilloso, franco, franco arcilloso limoso, franco limoso, cabe resaltar que la arcilla juega un papel importante en la capacidad de intercambio catiónico del suelo y a su disponibilidad de nutrientes en ella, por otra parte, con respecto a los nombres de las clases texturales, Sagan (2002) nos menciona que estos son usados para identificar grupos de suelos con mezclas parecidas de partículas, dentro de ellos están clasificados como arenas arcillas y limos, dependiendo del tamaño de sus partículas. Al determinarse la textura del suelo, se obtuvo como resultado texturas que se inclinaban hacia suelos francos, donde se pudo observar que los mejores suelos son las T2 (3 x 3) y el T4 (4 x 4), con una textura franco, el cual es un suelo equilibrado con propiedades compensadas, seguido de la T1 (2.5 x 2.5) donde predomina el franco arcilloso, un suelo de calidad regular y por último el T3 (3.5 x 3.5) con una textura franco arcillo - limoso; cuya característica es compacto y por ende hace que la infiltración del agua por ella sea baja, es decir el agua se puede acumular en sus paredes siendo este acontecimiento perjudicial tanto para la flora como para la fauna edáfica, con respecto a ello Sagan (2002) en una de sus investigaciones nos menciona que los suelos arenosos son inertes desde el punto de vista químico debido a que albergan poca cantidad de nutrientes y suelen contener buena capacidad de aireación e infiltración, mientras que a diferencia, los suelos arcillas que son

muy activos desde el punto de vista químico, debido a que el intercambio de cationes es activo y los parámetros de infiltración suelen ser en algunos casos adecuados para la fauna edáfica y la vegetación, adicional a ellos el intercambio de cationes también puede favorecer al pH del suelo, dependiendo de otras características tanto del suelo como de la fertilidad de este por otra parte los suelos limosos tienen nula estructuración, sin propiedades coloidales, son impermeables y con mala aireación. Mientras tanto el suelo con las mejores condiciones de acuerdo a su estructura vendría a ser un suelo Franco.

El suelo de mejor calidad según el porcentaje de agregados del suelo fue T1 (2.5 x 2.5) con un valor de 65.63%, el cual refleja un valor bueno con respecto a la calidad del suelo, indicándonos así mediante esa determinación que en esa zona el suelo tiene una mejor calidad en comparación con las otras zonas analizadas, en consecuencia el tratamiento uno tiene materia orgánica, nitrógeno, y nutrientes los cuales le permiten una mayor actividad microbiana, mientras que el T3 (3.5 x 3.5) tuvo el promedio de estabilidad más bajo con 50,30% el cual indica que es un suelo de menor calidad. Según USDA (1999), los agregados que se resisten a las fuerzas del agua son denominados agregados estables al agua. En otras palabras, a medida que el porcentaje de los agregados del suelo aumenta, disminuye la erosión del suelo, adicional a ello cabe resaltar que este está relacionado con los microorganismos del suelo y la materia orgánica de esta.

Uno de los resultados de la investigación es que la mayor tasa de infiltración se evidenció en el tratamiento número 3 con un valor de 10.78 cm/h, debido a que esta zona está en constante labranza y en constante perturbación por la agricultura, en ese sentido USDA (1999) manifestó que para realizar la infiltración y medición de ésta en el suelo se tiene que tener en cuenta dos factores, siendo este el estado del suelo, si está seco o el suelo está húmedo, ya que esto puede modificar nuestros resultados de la tasa de infiltración, debemos tener en cuenta si el suelo está húmedo o está seco ya que si el suelo está seco hace que la tasa de filtración sea aún más alta. Otros autores que concuerda con esta información son Aoki y Sereno (2006), quienes nos mencionan que si el suelo está húmedo o en otras palabras está saturado la tasa de filtración es menor que cuando el suelo tiene una baja saturación, es decir si el suelo está seco la tasa de filtración es mayor, por otra parte, Jaramillo y Vásquez (1990) nos mencionan que de 6 a 15 cm/h de infiltración son lo ideal para el suelo. Los resultados nos muestran que la infiltración del suelo en los distintos tratamientos tiene diferencias significativas entre sí, esto puede ser debido a las diferentes prácticas que se da en cada uno de estos tratamientos.

La capacidad de retención de agua, en el T3 (3.5 x 3.5) tuvo el mayor promedio con 82.50% seguido de T1 (2.5 x 2.5) 79.17% y con menor promedio los sistemas T4 (4 x 4) y T2 (3 x 3) con 74.17%. Esto se debe a la presencia de arcilla en el suelo, en todos los tratamientos se evidenció que tienen buena capacidad de retención del agua sin importar que sea mayor o menor, esta retención de agua es ideal para todos los tratamientos. Por otra parte, los autores Lopez *et al.* (1999), nos mencionan que el líquido o la fase acuosa en el suelo es muy importante ya que de ellas dependen las fases químicas, las físicas, y las biológicas, la vegetación depende también el contenido de agua en el suelo los microorganismos Macro y micro invertebrados del suelo entre otros. La temperatura del suelo en T2 (3 x 3) tuvimos una temperatura más elevada en comparación con los otros tres densidad de siembra; el cual indica que en T2 (3 x 3), por ende se puede afirmar que este suelo tiene mayor temperatura porque la radiación solar llega directamente a esta área, debido a que los árboles tienen una copa muy pequeña o hay o no hay presencia de árboles, asimismo el autor menciona Sandoval (2006), nos menciona que la temperatura del suelo está relacionada con la luz solar que llega en este, considerando un factor muy importante la vegetación de la zona y la ubicación en el territorio nacional.

4.3. Influencia de la densidad siembra de plantaciones de *G. crinita* “bolaina blanca” en las propiedades químicas del suelo en Tulumayo

4.3.1. Materia orgánica

El porcentaje de materia orgánica del suelo, de las diferentes densidades de siembra, encontramos que la T1 (2.5 x 2.5) tuvo el mayor promedio en materia orgánica con 3.57% seguido del T4 (4 x 4) con 2.77%, T2 (3 x 3) 2.40 y con menor promedio el T3 (3.5 x 3.5).

Cuadro 27. Porcentaje de materia orgánica del suelo (%) en diferentes densidades de siembra de *G. crinita* en el predio Tulumayo

Nº muestra	T1 (2.5 x 2.5)	T2 (3 x 3)	T3 (3.5 x 3.5)	T4 (4 x 4)
1	2.50	2.80	2.10	4.20
2	4.40	2.10	1.40	1.70
3	3.80	2.30	1.90	2.40
Promedio	3.57.	2.40	1.80	2.77

El análisis de variancia de la materia orgánica del suelo entre los sistemas de uso, obtenemos como resultado que no existe diferencia significativa entre la densidad de siembra T1 (2.5 x 2.5), T2 (3 x 3), T3 (3.5 x 3.5), T4 (4 x 4) (Cuadro 28).

Cuadro 28. ANVA para la variable porcentaje de materia orgánica del suelo (%) bajo diferentes densidades de *G. crinita*

FV	GL	SC	CM	Fc	Fvalor
Tratamientos	3	4.91	1.64	2.29	>0.05NS
Error experimental	8	5.73	0.72		
Total	11	10.65			

Coefficiente de variación (CV%) = 28%; Fv = Fuente de variación; Sc = Suma de cuadrados GL = Grado de libertad; CM = Cuadrado medio

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad del porcentaje de materia orgánica del suelo, se aprecia el comportamiento de las diferentes densidades de siembra, existiendo significación estadística entre la densidad de siembra, T1 (2.5 x 2.5) (3.57), T4 (4 x 4) (2.77), T2 (3 x 3) (2.40) y T3 (3.5 x 3.5) (1.80) (Cuadro 29).

Cuadro 29. Prueba Duncan al 5% de la variable porcentaje de materia orgánica del suelo (%) a diferentes densidades de siembra

Nº	Densidad de siembra	Promedio (%)	Significación
1	T1 (2.5 x 2.5)	3.57	a
2	T4 (4 x 4)	2.77	b
3	T2 (3 x 3)	2.40	b c
4	T3 (3.5 x 3.5)	1.80	c

4.3.2. Reacción del suelo (pH)

La reacción del suelo método del potenciómetro, de los diferentes sistemas de uso, encontramos que el T4 (4 x 4) tuvo el mayor promedio con 7.33 pH, seguido del T3 (3.5 x 3.5) 7.17 pH, T1 (2.5 x 2.5) 5.67 pH y con menor promedio T2 (3 x 3) 5.50 pH (Cuadro 30).

Cuadro 30. Reacción del suelo (pH) en diferentes densidades de siembra de *G. crinita* en el predio Tulumayo

Nº muestra	T1 (2.5 x 2.5)	T2 (3 x 3)	T3 (3.5 x 3.5)	T4 (4 x 4)
1	5.60	5.30	7.20	7.40
2	5.70	5.70	7.30	7.40
3	5.70	5.50	7.00	7.20
Promedio	5.67	5.50	7.17	7.33

El análisis de variancia de la reacción del suelo entre los sistemas de uso, obtenemos como resultado que existe diferencia significativa entre las densidades T1 (2.5 x 2.5), T2 (3 x 3), T3 (3.5 x 3.5), T4 (4 x 4) (Cuadro 31).

Cuadro 31. ANVA para la variable reacción del suelo (pH) bajo diferentes densidades de *G. crinita*

FV	GL	SC	CM	Fc	Fvalor
Tratamientos	3	8.42	2.81	140.28	<0.001S
Error experimental	8	0.16	0.02		
Total	11	8.58			

Coefficiente de variación (CV%) = 15%; Fv = Fuente de variación; Sc = Suma de cuadrados GL = Grado de libertad; CM = Cuadrado medio

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad de la reacción del suelo, se aprecia el comportamiento de las diferentes densidades de siembra, no existiendo significación estadística entre la densidad de siembra, T4 (4 x 4) (1.33), T3 (3.5 x 3.5) (7.17) y T1 (2.5 x 2.5) (5.67), T2 (3 x 3) (5.50), existiendo diferencia significativa entre T4 (4 x 4) y T2 (3 x 3) (Cuadro 32).

Cuadro 32. Prueba Duncan al 5% de la variable porcentaje de materia orgánica del suelo (%) a diferentes densidades de siembra

Nº	Densidad de siembra	Promedio (%)	Significación
1	T4 (4 x 4)	7.33	a
2	T3 (3.5 x 3.5)	7.17	a b
3	T1 (2.5 x 2.5)	5.67	b
4	T2 (3 x 3)	5.50	b c

4.3.3. Nitrógeno total

El nitrógeno total del suelo, de las diferentes densidades de siembra, encontramos que en la T1 (2.5 x 2.5) tuvo el mayor promedio en nitrógeno total con 0.16%, seguido del T4 (4 x 4) 0.14%, T2 (3 x 3) 0.11% y con menor promedio el T3 (3.5 x 3.5) con 0,08% (Cuadro 33).

Cuadro 33. Nitrógeno total (%) del suelo en diferentes densidades de siembra de *G. crinita* en el predio Tulumayo

Nº muestra	T1 (2.5 x 2.5)	T2 (3 x 3)	T3 (3.5 x 3.5)	T4 (4 x 4)
1	0.11	0.13	0.09	0.19
2	0.20	0.09	0.06	0.08
3	0.16	0.11	0.08	0.14
Promedio	0.16	0.11	0.08	0.14

El análisis de variancia del nitrógeno total del suelo entre la densidad de siembra, obtenemos como resultado que no existe diferencia significativa entre la densidad de siembra T1 (2.5 x 2.5), T2 (3 x 3), T3 (3.5 x 3.5), T4 (4 x 4) (Cuadro 34).

Cuadro 34. ANVA para la variable Nitrógeno total (%) del suelo bajo diferentes densidades de *G. crinita*

FV	GL	SC	CM	Fc	Fvalor
Tratamientos	3	0.01	0.003	2.53	>0.05NS
Error experimental	8	0.01	0.001		
Total	11	0.02			

Coefficiente de variación (CV%) = 29%; Fv = Fuente de variación; Sc = Suma de cuadrados GL = Grado de libertad; CM = Cuadrado medio

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad del nitrógeno total del suelo, se aprecia el comportamiento de las diferentes densidades de siembra, no existiendo significación estadística entre la densidad T1 (2.5 x 2.5) (0.16), T4 (4 x 4) (0.14), T2 (3 x 3) (0.11), T3 (3.5 x 3.5) (0.08) (Cuadro 35).

Cuadro 35. Prueba Duncan al 5% de la variable Nitrógeno total (%) del suelo a diferentes densidades de siembra

Nº	Densidad de siembra	Promedio (%)	Significación	
1	T1 (2.5 x 2.5)	0.16	a	
2	T4 (4 x 4)	0.14	a	b
3	T2 (3 x 3)	0.11	a	b
4	T3 (3.5 x 3.5)	0.08	a	b

4.3.4. Fosforo disponible

Se demuestra que el fosforo disponible del suelo, de las diferentes densidades de siembra, que el T1 (2.5 x 2.5) tuvo el mayor promedio en fósforo disponible con 14.07 ppm, seguido de T2 (3 x 3) 12.13 ppm, T3 (3.5 x 3.5) 10.27 ppm y con menor promedio el T4 (4 x 4) con 7.33 ppm (Cuadro 36).

Cuadro 36. Fosforo disponible (ppm) del suelo en diferentes densidades de siembra de *G. crinita* en el predio Tulumayo

Nº muestra	T1 (2.5 x 2.5)	T2 (3 x 3)	T3 (3.5 x 3.5)	T4 (4 x 4)
1	15.60	13.40	11.10	8.00
2	12.90	11.20	9.50	6.90
3	13.70	11.80	10.20	7.10
Promedio	14.07	12.13	10.27	7.33

El análisis de variancia del fósforo disponible del suelo entre la densidad de siembra, obtenemos como resultado que existe diferencia significativa entre la densidad de siembra T1 (2.5 x 2.5), T2 (3 x 3), T3 (3.5 x 3.5), T4 (4 x 4) (Cuadro 37).

Cuadro 37. ANVA para la variable Fosforo disponible (ppm) del suelo bajo diferentes densidades de G. crinita

FV	GL	SC	CM	Fc	Fvalor
Tratamientos	3	73.98	24.66	23.47	<0.001S
Error experimental	8	8.41	1.05		
Total	11	82.39			

Coefficiente de variación (CV%) = 26%; Fv = Fuente de variación; Sc = Suma de cuadrados GL = Grado de libertad; CM = Cuadrado medio

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad del fósforo disponible del suelo, se aprecia el comportamiento de las diferentes densidades de siembra, existiendo significación estadísticamente la densidad de siembra, T1 (2.5 x 2.5) (14.07), T4 (4 x 4) (7.33), T2 (3 x 3) (12.13), T3 (3.5 x 3.5) (10.27) (Cuadro 38).

Cuadro 38. Prueba Duncan al 5% de la variable Fosforo disponible (ppm) del suelo a diferentes densidades de siembra

Nº	Densidad de siembra	Promedio (ppm)	Significación
1	T1 (2.5 x 2.5)	14.07	a
2	T2 (3 x 3)	12.13	a b
3	T3 (3.5 x 3.5)	10.27	b
4	T4 (4 x 4)	7.33	c

4.3.5. Potasio disponible

El potasio disponible del suelo, en las diferentes densidades de siembra, encontramos que en T2 (3 x 3) tuvo el mayor promedio en potasio disponible con 405.00 Kg-K₂O/ha, seguido del T3 357.67 Kg-K₂O/ha, T1 (2.5 x 2.5) 349.33 Kg-K₂O/ha y con menor promedio el T4 (4 x 4) con 266.33 Kg-K₂O/ha (Cuadro 39).

Cuadro 39. Potasio disponible (Kg-K₂O/ha) del suelo en diferentes densidades de siembra de G. crinita en el predio Tulumayo

Nº muestra	T1 (2.5 x 2.5)	T2 (3 x 3)	T3 (3.5 x 3.5)	T4 (4 x 4)
1	378	447	384	314
2	318	356	342	198
3	352	412	347	287
Promedio	349.33	405	357.67	266.33

El análisis de variancia del potasio disponible del suelo entre la densidad de siembra, obtenemos como resultado que existe diferencia significativa entre la densidad de siembra T1 (2.5 x 2.5), T2 (3 x 3), T3 (3.5 x 3.5), T4 (4 x 4) (Cuadro 40).

Cuadro 40. ANVA para la variable potasio disponible (Kg-K₂O/ha) del suelo bajo diferentes densidades de G. crinita

FV	GL	SC	CM	Fc	Fvalor
Tratamientos	3	29900.92	9966.97	5.52	<0.001S
Error experimental	8	14446.00	1805.75		
Total	11	44346.92			

Coefficiente de variación (CV%) = 26%; Fv = Fuente de variación; Sc = Sum a de cuadrados GL = Grado de libertad; CM = Cuadrado medio

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad del potasio disponible del suelo, se aprecia el comportamiento de las diferentes densidades de siembra, existiendo significación estadística entre la densidad de siembra, T2 (3 x 3) (405.00), T4 (4 x 4) (266.33) y no existiendo significación estadística entre T3 (3.5 x 3.5) (357.61) y T1 (2.5 x 2.5) (349.33) (Cuadro 41)

Cuadro 41. Prueba Duncan al 5% de la variable potasio disponible (Kg-K₂O/ha) del suelo a diferentes densidades de siembra

Nº	Densidad de siembra	Promedio (Kg-K ₂ O/ha)	Promedio (meq-100g)	Significación
1	T2 (3 x 3)	405.00	0.414	a
2	T3 (3.5 x 3.5)	357.67	0.366	b
3	T1 (2.5 x 2.5)	349.33	0.357	b c
4	T4 (4 x 4)	266.33	0.272	c

4.3.6. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La capacidad de intercambio catiónico del suelo, de las diferentes densidades de siembra, encontramos que el T4 (4 x 4) tuvo el mayor promedio con 6.53 mg/100g, seguido del T3 (3.5 x 3.5) 5.89 mg/100g, T2 (3 x 3) 5.57 mg/100g y con menor promedio la T1 (2.5 x 2.5) con 4.80 mg/100g (Cuadro 42).

Cuadro 42. Capacidad de intercambio catiónico (mg/100g) del suelo en diferentes densidades de siembra de G. crinita en el predio Tulumayo

Nº muestra	T1 (2.5 x 2.5)	T2 (3 x 3)	T3 (3.5 x 3.5)	T4 (4 x 4)
1	5.04	5.50	6.16	6.78
2	4.13	5.74	5.45	6.27
3	5.22	5.47	6.05	6.55
Promedio	4.80	5.57	5.89	6.53

El análisis de variancia de la capacidad de intercambio catiónico del suelo entre la densidad de siembra, obtenemos como resultado que existe diferencia significativa entre la densidad de siembra T1 (2.5 x 2.5), T2 (3 x 3), T3 (3.5 x 3.5), T4 (4 x 4) (Cuadro 43).

Cuadro 43. ANVA para la variable capacidad de intercambio catiónico (mg/100g) del suelo bajo diferentes densidades de G. crinita

FV	GL	SC	CM	Fc	Fvalor
Tratamientos	3	4.69	1.56	10.87	<0.001S
Error experimental	8	1.15	0.14		
Total	11	5.84			

Coefficiente de variación (CV%) = 13%; Fv = Fuente de variación; Sc = Suma de cuadrados GL = Grado de libertad; CM = Cuadrado medio

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan con 5% de probabilidad de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, se aprecia el comportamiento de las diferentes densidades de siembra, existiendo significación estadística entre la densidad de siembra, T4 (4 x 4) (6.53), T1 (2.5 x 2.5) (4.80) y no existiendo significación estadísticamente T3 (3.5 x 3.5) (5.89), T2 (3 x 3) (5.57) (Cuadro 44).

Cuadro 44. Prueba Duncan al 5% de la variable capacidad de intercambio catiónico (mg/100g) del suelo a diferentes densidades de siembra

N°	Densidad de siembra	Promedio (mg/100g)	Significación
1	T4 (4 x 4)	6.53	a
2	T3 (3.5 x 3.5)	5.89	b
3	T2 (3 x 3)s	5.57	b c
4	T1 (2.5 x 2.5)	4.80	c

4.3.7. Análisis de la influencia sobre las propiedades químicas

El porcentaje de materia orgánica del suelo nos muestra que en la T1 (2.5 x 2.5) el promedio de materia orgánica fue (3.75%), T4 (4 x 4) (2.77%), T2 (3 x 3) (2.44%) y T3 (3.5 x 3.5) (1.80%). El sistema de uso T1 (2.5 x 2.5) tiene mayor contenido de materia orgánica, valor que se asemeja al de un suelo ideal (cuadro 52); sin embargo, el T4 (4 x 4), T2 (3 x 3) y T3 (3.5 x 3.5), los resultados del contenido de materia orgánica en el suelo se debe muchas veces a las prácticas de agricultura o ganadería que se le da en ellos o al tratamiento que estos reciben, por ende también es muy importante mencionar que según Garcia (2003), este contenido de materia orgánica se debe la presencia vegetal, macro y macroinvertebrados que existen en ella y califica el porcentaje de contenido de materia orgánica como buena a aquellos que se encuentran entre 4% del suelo y entre normal los que se encuentran de 2 a 4%. Estadísticamente mediante el análisis de varianza, se pudo

evidenciar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, es decir que los valores se asemejan estadísticamente. Con respecto al pH del suelo, se puede afirmar que el T4 (4 x 4) y el T3 (3.5 x 3.5) tienen valores ideales que representan una buena calidad del suelo los cuales son ideales para la mantención de la vegetación y los macro y micro invertebrados del suelo, también es muy importante mencionar que el pH afecta la disponibilidad de nutrientes en el suelo ya que un pH ácido afecta de manera perjudicial a la fertilidad del suelo, por otra parte existen sistemas o tratamientos que tuvieron rangos de valores de pH por debajo de los rangos establecidos como de buena calidad los cuales fueron el tratamiento 1 y el tratamiento dos, por otra parte USDA (1999) nos menciona que la disponibilidad de nutrientes se ve afectada por el pH, comentando que el rango ideal se encuentra entre pH 6.0 y 7.0

El nitrógeno total del suelo, encontramos que en la T1 (2.5 x 2.5) tuvo el mayor promedio con 0.16%, seguido del T4 (4 x 4) 0.14%, T2 (3 x 3) 0.11% y con menor promedio el T3 (3.5 x 3.5) con 0,08%. Es muy importante resaltar la relación existente entre el nitrógeno del suelo y su contenido de materia orgánica, ya que la materia orgánica al descomponerse influye en el contenido de Nitrógeno del, suelo, por otra parte el tratamiento 1 y tratamiento 4 del valor ideal (0.2%) de un suelo de buena calidad, debido a que Chalarca (2000) nos menciona que el rango ideal del contenido de nitrógeno del suelo se encuentra en valores iguales o mayores a 0.2%, por otra parte el autor INTA (2002), en una de sus investigaciones nos refleja la relación existente entre el nitrógeno del suelo y su estado (suelo seco o húmedo) en donde por cada 0,09% de nitrógeno, se entiende que en 100kg del suelo hay 90 g de nitrógeno total

V. CONCLUSIONES

1. Los suelos existentes en las cuatro densidades poseen similar perfil edáfico, debido que son suelos Eutropepts, con pendiente de 1%, un drenaje pobre, aluvial con nivel freático a los 50 cm.
2. La influencia de la densidad siembra de plantaciones de *Guazuma crinita* C. Martius “bolaina blanca” en las propiedades físicas y químicas del suelo fueron significativas, evaluando la fertilidad de los suelos en cuatro densidades de siembra (T1 (2.5 x 2.5), T2 (3 x 3), T3 (3.5 x 3.5) y T4 (4 x 4)), de acuerdo a sus indicadores físicos y químicos, donde la densidad T1 (2.5 x 2.5) fue el de mejor fertilidad, seguido del T4 (4 x 4), T2 (3 x 3) y el suelo de menor calidad fue el T3 (3.5 x 3.5).

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir con la investigación, pero considerando los signos de erosión, historia de manejo, información climática y ubicación de aéreas sensibles con el fin de considerar otros factores y mejorar la precisión de los resultados.
2. Los muestreos del suelo para el estudio en la misma zona se deberán realizar de forma anual debido que las épocas lluviosas y calurosas afectan los resultados de los indicadores físicos y químicos.
3. Considerar indicadores biológicos a este tipo de estudios, debido que todo proceso físico o químico es directamente proporcional a la presencia o ausencia del material biológico.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J. (2005). Criterios de calidad de suelos agrícolas. En línea: USDA [En línea]: (<http://Soils.Usda.gov/sqi/soil/>, documento 25 de jul 2019).
- Alegre, J. y Rao, M. (1996). Conservación del suelo y el agua por la cobertura de contorno en los trópicos húmedos de Perú. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente* 57: 17 - 25 p.
- Allison, F. (1973). *Materia orgánica del suelo, y su papel en la producción de cultivos*. Amsterdam. Elsevier. Evolución de la Ciencia del Suelo. 637 p.
- Angulo, W. (1995). Experiencias silviculturales para el establecimiento de regeneración artificial en el Bosque del Campo Experimental Alexander Von Humboldt INIA- Estación Experimental Pucallpa. TFC. Iquitos, Perú. 120 p.
- ARA, M. (1999). Vigor de establecimiento de Guazuma crinita “bolaina blanca” en relación a la fertilidad del suelo en Pucallpa. *Revista de Investigadores del Perú* Vol. 1 O No Enero -Julio 1999. Lima.
- Arostegui, V. (1970). Descripción de las propiedades físicas, mecánicas y el uso de la madera del Perú. Universidad Nacional Agraria la Malina, Lima, Perú. 18-20 p.
- Assman, E. (1970). *Los principios del estudio de rendimiento forestal*. Nueva York, Nueva York: Pergamon Press. 506 p.
- Baldoceba, R.; Pinedo, J.; Castillo, A.; Vidaurre, H. (1991). Silvicultura de la bolaina blanca. *Temas forestales* N°. 10, Pucallpa, Perú. 38 p.
- Baur, G. (1964). *La base ecológica de la selva tropical gestión*. Nueva Gales del Sur, Australia: Ministerio de Conservación, Comisión Forestal de New South País de Gales. 499 p.
- Brady, N. y Weil, R. (1999). *La naturaleza y las propiedades de los suelos*. Prentice Hall, Upper Saddle River, Nueva Jersey.
- Centro agronomico tropical de investigación y enseñanza. (CATIE). (1991). Pochote: *Bombacopsis quinatum* (Jacq.) Dugand, especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No 172. 44 p.
- Chavez, E. y Fonseca, W. (1991). Teca: *Tectona grandis* L. f., especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico N°.179. 47 p.

- Cooperación Técnica del Gobierno Suizo (COTESU). (1991).
Silvicultura de la bolaina. Pucallpa, Perú.
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). (1993). Claves para el suelo taxonomía. 9 a edición. Washington, OC, de Recursos Naturales Servicio de Conservación. 332 p.
- Dominguez, G., (1991). La bolaina blanca: En conocamos nuestras especies nativas N° 3. Lima, Perú. 4 p.
- Donoso, C. (1981). Ecología Forestal: El bosque y su medio ambiente. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Ed. Universitario. 369 p.
- Encarnación, F. (1983). Nomenclatura de las especies forestales comunes en el Perú. Urna, Perú. 149 p.
- Estrada, J. (1966). Reconocimiento del estado de fertilidad de los suelos del Huallaga Central. Universidad Nacional Agraria la Malina. Lima, Perú. 5(3): 20 - 25 p.
- Fassbender, H. (1975). Química de los suelos. 2da edición. IICA. San José, Costa Rica. 398 p.
- García, O. (1970). índices de sitio para Pino insigne en Chile. Instituto Forestal. Serie de Publicación No 2, Santiago. Chile. GIL, H. 1995. Elementos de la fisiología vegetal. Relaciones hídricas, nutrición mineral, transporte, metabolismo. Mundi Prensa, Madrid, España. 315 p.
- Guerrero, H. (1995). Cultivos herbáceos extensivos. Sta ed. Madrid, España. 779 p.
- Guerrero, J. (1996). Agricultura convencional. Tecnología para el manejo de suelos. Edit. R. A. Lima, Perú. 90 p.
- Hairston, A. y Grigal, D. (1991). Influencias topográficas en los suelos y los árboles dentro de las unidades de mapeo simples en una playa de paisaje. Ecología y manejo forestal. Holanda 43 (1-2): 35- 45 p.
- Harold, W. (1984). Introducción a la biología forestal. AGT Editor. México.
- Havlin, J., Beaton, J., Tisdale, S. y Nelson, W. (1999). La fertilidad del suelo y los fertilizantes, una introducción al manejo de nutrientes. 6ta. Ed. Estados Unidos. 499 p.
- HOLDRIDGE, R. (1987). Ecología basada en zonas de vida. 3 ed. San José, Costa Rica, Servicio editorial CA. 216 p.
- Hubert, M., Courrand, R. (1991). Poda y formación de los árboles forestales.

- Hunnemeter, A., DE Camino, R. y Muller, S. (1997). Análisis de desarrollo sostenible en Centroamérica: Indicadores para la agricultura y los recursos naturales. San José, Costa Rica. 19- 27 p.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (1992). Fertilización en diversos cultivos, Santa Fé de Bogotá, Colombia.
- Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP). (2007). Informe anual. Sub-Proyecto silvicultura de bolaina en plantaciones y sucesiones secundarias en Ucayali. Programa de ecosistemas terrestres. IIAP, Ucayali. 76 p.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (1996). Manual de Identificación de Especies Forestales de la sub región Andina. INIA - OIMT. PD 150/91. Lima, Perú. 489 p.
- Kass, D. (1996). Fertilidad de suelos. EUNED. San José, Costa Rica. 233p.
- Jaramillo, J. (2000). Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. 613 p.
- Lamprecht, H. (1990). Silvicultura en los trópicos; los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas - posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. Por Antonio Carrillo. Eschborn, Alemania, GTZ. 335 p.
- Mori, J. (2011). Tesis para optar título de maestría. Influencia de la densidad de plantación en el crecimiento inicial y calidad de rodales de *Guazuma crinita* C. Martius “bolaina blanca” en tierras forestales de colinas bajas de Macuya, Padre Abad, Ucayali.
- Mostacero, L y Mejia, C. (1993). Taxonomía de fanerógamas peruanas. CONCYTEC, Primera Edición. Trujillo, Perú. 601 p.
- Navarro, P. (1987). Evaluación del crecimiento y rendimiento de *Bombacopsis quinatum* (Jacq.) Dugand en 14 sitios en Costa Rica: índices de sitio y algunos aspectos financieros de la especie. Tesis Mag. Se. Turrialba, Costa Rica., Convenio UCRICATIE. 136 p.
- Navarro, P.; Martinez, H. (1989). *Bombacopsis quinatum* “El pochote” en Costa Rica: Guía silvicultural para el establecimiento en plantaciones. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico N°. 142. 44 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2006). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005. Hacia la ordenación forestal sostenible. Estudio FAO. Montes, Italia. 351 p.
- Proyecto de Capacitación, Extensión y Divulgación Forestal (PCEDF). (1990). Manual de identificación de especies forestales. DGFF. Pucallpa, Perú. 79 p.

- Pozo, E. (2005). Efecto de la fertilización sobre plantaciones de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* de siete años de edad en la comuna de Máfil, provincia de Valdivia. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 115 p.
- Pronamachcs, (1998). Manual de Plantaciones Forestales para la Sierra Peruana. Proyecto Forestería en Microcuencas Altoandinas- FEMAP. Lima, Perú.
- Quevedo, G. (1994). Crecimiento inicial de *Guazuma crinita* trasplantada a campo abierto con aplicación de tres dosis de humus de lombriz y a tres distanciamientos. Edic. Folia Amazónica. Vol. 6 (1-2). Iquitos, Perú. 89 p.
- Ramos, J. (1979). Selvicultura. Sección de Publicaciones. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid.
- Reynel, C. *et al.*, (2003). Árboles útiles de la Amazonia peruana y sus usos. Manual de identificación ecológica y propagación de las especies. Universidad Nacional Agraria La Malina, Lima, Perú. 509 p. [En línea]: (<http://www.scribd.com/doc/17139180/caracteristicas-fenologicas-delabolaina>, documento 24 de jul 2019).
- Rizzo, P. (2005). Especies maderables. Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de agricultura y Ganadería del Ecuador. [En línea]: (www.especiesmaderables.htm, documento 20 jul 2019).
- Sánchez, P. (1981). Suelos del trópico, constitución y manejo. San José, costa Rica. 634 p.
- Sánchez, V. (2000). Aspectos físicos y químicos del suelo. Facultad de agronomía- Universidad de Concepción. 80- 82 p.
- Soil Survey Division Staff (SSDS). (1999). Taxonomía de Suelos. Un sistema básico de clasificación del suelo para la toma y la interpretación de los estudios de suelos. USDA. Agriculture Handbook No 436. 869 p.
- Sotelo, M. y Valdivia, A. (1992). Aptitud de tres especies Forestales para embalaje de cítricos en Selva Central. Revista Forestal del Perú, Vol. 19, N° 2, UNALM - MAG - Lima. 57 - 66 p.
- Soudre, M. (2006). Transferencia tecnológica de plantaciones y manejo de bosques aluviales en Ucayali. Informe final -Programa de ecosistemas Terrestres. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Pucallpa, Perú.
- Sposito, G, (1989). La química de los suelos. Universidad de Oxford. Nueva York, Estados Unidos, 273 p.
- Spurr, S. (1982). Ecología Forestal. AGT Editor. México.

- Terborgh, J. (1973). Sobre la noción de favorabilidad en la planta de la ecología. *American Naturalist*. 107 (956): 481 - 501 p.
- Thomas, G. (1967). Problemas encontrados en los suelos de los métodos de ensayo. En los suelos de pruebas y análisis que de las plantas. Parte 1 Pub. N° 2, Madison.
- Ugalde, L., Vasquez, W. (1995). Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribea* en Guanacaste, Costa Rica. Informe final. Convenio de Cooperación IDA/FAO-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 33 p.
- Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), (2011). Guía de fertilización. ¿Cuál de los tres suelos está más próximo a la saturación? departamento de suelos. Lima, Perú 104 p.
- Van Bodegom, A.J., Van Den Berg, J., Van Der Meer, P. (2008). Plantaciones forestales para la producción sostenible en los trópicos: Cuestiones clave para la toma de decisiones. Wageningen University & Research Centre. Países Bajos. 26 p.
- Villachica, H., Julca, A, Alván, G., Canchucaja, J., PARRAGA, R. (1993). Evaluación de tres especies forestales de rápido crecimiento para embalaje de frutas. Lima, Perú. 167-169 p.
- Weaver, J., Clements, F. (1989). *Ecología vegetal*. 2da. Edición. Buenos Aires, Argentina. 649 p.
- Whitmore, J. (1998). La importancia social y ambiental de las plantaciones forestales con énfasis en América Latina. *Ciencias Forestales del Trópico*. EE.UU. 255-269 p.
- Wightman, K., Cornelius, J., Ugarte, J. (2006). *Plantemos Madera*. ICRAF technical manual No 4. Perú. 193 p.
- Zavaleta, A. (1974). Descripción morfológica y los datos fisicoquímicos de algunos perfiles de suelo. En *Contribución al conocimiento de los suelos del Perú* Rijks universiti Gent, Bélgica..

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico



Figura 4. Plantación de *Guazuma crinita* C. Martius “bolaina blanca”



Figura 5. Identificación de las densidades de la plantación de *Guazuma crinita* C. Martius “bolaina blanca”



Figura 6. Recolección de las muestras de suelo a diferentes densidades de la plantación de *Guazuma crinita* C. Martius “bolaina blanca”



Figura 7. Secado a sol directo y etiquetado de las muestras de suelo recolectadas en campo



Figura 8. Pulverización y tamizaje de las muestras de suelo



Figura 9. Indicador físico: Medición y clasificación de la textura de las muestras de suelo



Figura 10. Indicador químico: Medición de la cantidad de puentes de hidrógeno (pH) en las muestras de suelo



Figura 11. Preparación de extractos para el espectrofotómetro: filtrado de suelos



Figura 12. Preparación de extractos para el espectrofotómetro: prueba ácida para lectura



Figura 13. Lectura de los extractos de las muestras en el espectrofotómetro de uv-visible