

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**“EFECTO DE CUATRO DOSIS DE DOLOMITA EN LAS PROPIEDADES
FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN UNA PLANTACIÓN DE
Schizolobium parahyba var. *amazonicum* “PINO CHUNCHO”, EN
ANTONIO RAIMONDI – LAS VEGAS – DANIEL ALOMÍA ROBLES”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES MENCIÓN
FORESTALES**

PRESENTADO POR:

ESPINOZA VELI, NOE DAVID

2019



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 06 de Febrero de 2017, a horas 6:00 p.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la Tesis titulada:

“EFECTO DE CUATRO DOSIS DE DOLOMITA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN UNA PLANTACIÓN DE *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* “PINO CHUNCHO”, EN ANTONIO RAIMONDI – LA VEGA - PUMAHUASI”

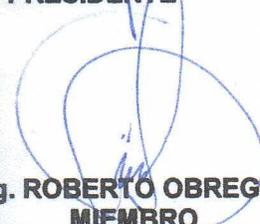
Presentado por el Bachiller: **ESPINOZA VELI, NOE DAVID**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, Mención: **FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 13 de Junio de 2019


Ing. MSc. **WARREN RIOS GARCÍA**
PRESIDENTE


Ing. **RAÚL ARAUJO TORRES**
MIEMBRO


Ing. Mg. **ROBERTO OBREGÓN PEÑA**
MIEMBRO




Dra. **YANE LEVI RUIZ**
ASESORA

DEDICATORIA

A Dios por darme vida, salud y sabiduría a largo del camino, y por darme la mejor familia.

A mí adorada madre Victoria Florcita Veli de la Cruz, con profundo amor y eterno agradecimiento, por su motivación, comprensión y su apoyo incondicional.

A mí amada novia Ingrid Fiorella Sinti Isuiza, por su amor, apoyo incondicional y confianza en momentos difíciles.

A mis Hermanos: Omar Esaú Espinoza Veli, Liliana Ruth Espinoza Veli, Noheli Rebeca Espinoza Veli, por sus sabios consejos y estar en los momentos más importantes de mi vida.

A mis amigos: Hitler Valverde Vásquez, Patsy Moreno Lopez, Keila Mirela Hoyos Delgado y Nilton Bazan Hoyos, por su apoyo emocional e incondicional.

AGRADECIMIENTO

- A mi Alma Mater, Universidad Nacional Agraria de la Selva, primer lugar en la Amazonía Peruana.
- A toda la plana docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por su gran contribución académica en mi formación profesional.
- A la Ing. M. Sc. Yané Levi Ruiz, asesora, por su paciencia interminable y sugerencias válidas para la culminación de la presente tesis.
- Al Ing. Edilberto Díaz Quintana, co asesor, por las sugerencias validas y la atencion brindada para la correcta culminacion de la presente tesis.
- A los miembros del Jurado de Tesis: Ing. Warren Ríos García, Ing. Raul Araujo Torres y MSc. Roberto Obregón Peña, por sus orientaciones oportunas durante el desarrollo de la tesis.
- A todas las personas que de una u otra manera aportaron en el desarrollo del presente trabajo de tesis.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. El suelo	3
2.2. Calidad física del suelo	3
2.2.1. Indicadores de calidad física de suelos	4
2.2.1.1. Textura del suelo.....	4
2.2.1.2. Clase textural	4
2.2.1.3. Estructura del suelo.....	6
2.2.1.3.1. Densidad del suelo.....	6
2.2.1.3.2. Porosidad del suelo.....	7
2.2.1.3.3. Conductividad hidráulica	8
2.2.1.3.4. Resistencia del suelo a la penetración	8
2.2.1.3.5. Estabilidad de agregados del suelo.....	9
2.2.1.3.6. Granulometría	9
2.3. Propiedades químicas del suelo.....	10
2.3.1. Reacción del suelo	10
2.3.2. EL pH.....	10
2.3.2.1. Escala del pH	11
2.3.2.2. Factores que afectan el pH	12
2.3.2.2.1. Relación suelo/agua.....	12

2.3.2.2.2.	Concentración de CO ₂	12
2.3.2.2.3.	Otros factores.....	12
2.4.	Materia orgánica	12
2.4.1.	Niveles de materia orgánica	13
2.4.2.	Nitrógeno	14
2.4.3.	Fósforo.....	14
2.4.4.	Potasio	15
2.5.	Capacidad de intercambio catiónico	16
2.5.1.	Capacidad de intercambio catiónico en suelos.....	17
2.5.2.	Factores de CIC	18
2.5.3.	Importancia de la capacidad de cambio	18
2.6.	Encalado	19
2.6.1.	Dolomita.....	21
2.7.	Características Generales de <i>Schizolobium parahyba</i> var. amazonicum “Pino Chuncho“	22
2.7.1.	Clasificación de la especie	22
2.7.2.	Descripción botánica	23
2.7.3.	Distribución geográfica y hábitad.....	24
2.7.4.	Características ecológicas.....	25
2.7.5.	Fisiografía	26
2.7.6.	Clima.....	26
2.7.7.	Suelos	26
2.7.8.	Usos y aplicaciones.....	27
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	28

3.1.	Características de la zona de estudio.....	28
3.1.1.	Ubicación del área de estudio	28
3.1.2.	Condiciones climáticas	28
3.1.3.	Ecología	29
3.1.4.	Hidrografía	30
3.2.	Materiales y equipos	30
3.2.1.	Materiales y equipos utilizados en campo	30
3.2.2.	Materiales y equipos utilizados en Laboratorio	31
3.3.	Componentes de estudio	31
3.3.1.	Material vegetativo	31
3.3.2.	Producto.....	31
3.3.2.1.	Forma de aplicación	31
3.4.	Evaluación del crecimiento de <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>Amazonicum</i> “Pino Chuncho”	32
3.5.	Tratamiento de estudio.....	32
3.6.	Características del campo experimental y del área circundante	33
3.6.1.	Dimensiones del campo experimental	33
3.6.2.	Características de cada bloque	34
3.6.3.	Características de cada parcela	34
3.7.	Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo.....	35
3.7.1.	Análisis químico del suelo	35
3.7.1.	Análisis físico del suelo	36
3.8.	Diseño experimental.....	37
3.9.	Modelo aditivo lineal.....	38

IV. RESULTADOS	39
4.1. Análisis físico del suelo	39
4.1.1. Análisis de textura del suelo	39
4.1.2. Evaluación de la densidad aparente y porosidad total	39
4.1.3. Evaluación de agregados tamizados en seco	43
4.1.4. Evaluación de agregados estables al agua	45
4.2. Análisis químico del suelo	47
4.2.1. Análisis de pH	47
4.2.2. Análisis de materia orgánica	48
4.2.3. Análisis de fósforo	49
4.2.4. Análisis de potasio	50
4.2.5. Análisis de calcio y magnesio.....	51
4.2.6. Análisis de aluminio e hidrógeno	52
4.2.7. Análisis de bases cambiables y acidez cambiabile	53
4.2.8. Evaluación del crecimiento de <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>Amazonicum</i> "Pino Chuncho"	54
4.2.8.1. Evaluación de altura de planta	54
4.2.8.2. Evaluación de números de ramas	56
V. DISCUSIÓN	60
5.1. Análisis físico del suelo	60
5.1.1. Análisis de textura del suelo.....	60
5.1.2. Evaluación de la densidad aparente y porosidad total.....	61
5.1.2.1. Estabilidad de agregados del suelo.....	61
5.2. Análisis químico del suelo	62

5.3.	Evaluación de <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>Amazonicum</i> “Pino Chuncho”	64
VI.	CONCLUSIONES	66
VII.	RECOMENDACIONES	67
VIII.	ABSTRACT	68
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
	ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Agrupamiento de clases texturales.....	5
Cuadro 2. Relación general entre densidad aparente del suelo y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo.	7
Cuadro 3. Niveles de espacios porosos.....	8
Cuadro 4. Niveles de pH del suelo.....	11
Cuadro 5. Niveles de materia orgánica.	13
Cuadro 6. Niveles de contenido de nitrógeno.	14
Cuadro 7. Niveles de contenido de fósforo disponible.....	15
Cuadro 8. Niveles de contenido de potasio disponible (K ₂ O).....	16
Cuadro 9. Niveles de capacidad de intercambio catiónico (pH > 5.5).....	19
Cuadro 10. Niveles de capacidad de intercambio catiónico (pH < 5.5).....	19
Cuadro 11. Coordenadas del área de estudio.....	28
Cuadro 12. Descripción de los tratamientos en estudio.....	33
Cuadro 13. Métodos a emplear.....	35
Cuadro 14. Fuentes de variación.....	38
Cuadro 15. Análisis de textura del suelo.....	39
Cuadro 16. Análisis de varianza en densidad aparente y porosidad total con diferentes dosis de dolomita.....	40
Cuadro 17. Prueba de Duncan densidad aparente y porosidad total.	40
Cuadro 18. Análisis de varianza de agregados tamizados en seco.....	43
Cuadro 19. Prueba de significación estadística Duncan de agregados tamizados en seco en los diferentes tratamientos.	44

Cuadro 20. Análisis de varianza de agregados estables al agua	45
Cuadro 21. Prueba de significación estadística Duncan de porcentaje de agregados estables al agua.....	46
Cuadro 22. Análisis químico del suelo	47
Cuadro 23. Análisis de varianza de altura de planta.	55
Cuadro 24. Prueba de significación estadística Duncan de promedio en altura de planta	55
Cuadro 25. Significación estadística del número de ramas	57
Cuadro 26. Prueba de significación de números de ramas	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Triangulo textural (USDA, 1999)	5
Figura 2. Zonas de vida del distrito de Daniel Alomía Robles	29
Figura 3. Forma de aplicación de dolomita	32
Figura 4. Distribución del campo experimental.....	34
Figura 5. Densidad aparente.....	41
Figura 6. Porcentaje de porosidad	42
Figura 7. Porcentaje de agregados tamizados en seco.....	44
Figura 8. Porcentaje de agregados estables al agua	46
Figura 9. Comportamiento del pH del suelo.	47
Figura 10. Comportamiento de la materia orgánica	48
Figura 11. Comportamiento del fósforo	49
Figura 12. Comportamiento del potasio	50
Figura 13. Comportamiento del Calcio y el Magnesio	51
Figura 14. Comportamiento del H y el Al.....	52
Figura 15. Comportamiento de la acides cambiabile del suelo	53
Figura 16. Comportamiento de las bases cambiables.....	53
Figura 17. Variación de altura de planta, en relación a la dosis de dolomita	56
Figura 18. Variación del número de ramas según la dosis de dolomita	58

RESUMEN

El sector las Vegas se encuentra dentro del distrito de Daniel Alomía Robles, que tiene un área aproximada de 726.9 km², y es uno de los lugares que atraviesa la carretera Federico Basadre; dejando evidenciar la deforestación y los suelos degradados, siendo extremadamente ácidos, y con presencia de elementos tóxicos para las plantas. Estos son problemas que tienen que corregir para poder restaurar los ecosistemas alterados, motivo que nos llevó a realizar el presente trabajo de investigación, que tuvo como finalidad: Evaluar el efecto de la dolomita en las propiedades físicas y químicas del suelo, en el sistema de plantación de *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* "Pino Chuncho" de cuatro meses, en el caserío Antonio Raimondi – Las Vegas. El trabajo de campo se realizó desde el 21 de marzo al 21 de setiembre de 2014, evaluando (1) la mejora en las propiedades físicas del suelo que se encontró dentro del rango y clase textural de suelo franco, densidad aparente de 1.5 g/cm³, 23.8% de porosidad, mayor cantidad de agregados tamizados en seco de 2 a 4.75 mm de diámetro, manteniéndose esta tendencia en los agregados estables al agua (2) las propiedades químicas del suelo también evidenciaron mejoras al final con un pH 4.91, materia orgánica de 5.1%, 17.4 ppm de fósforo, 327.4 kg/ha de potasio, 4.2 de Ca, 1.23 Mg, 26.92% de acidez cambiante y 73.08% de bases cambiables (3) *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum*, presentó un incremento de altura de 77.39 y 18 el mayor número de ramas; en todas las evaluaciones, la mayor dosis de dolomita presentó mejores resultados.

I. INTRODUCCIÓN

Entre los años 1943 a 1970, se apertura la carretera Federico Basadre, permitiendo la conexión de la ciudad de Pucallpa por vía terrestre, con ciudades como: Tingo María, Huánuco, Cerro de Pasco, Lima, entre otras. Así, tiene lugar un largo proceso socioeconómico muy dinámico de colonización, que aún propicia la deforestación en esta parte de la Amazonía. El distrito de Daniel Alomía Robles tiene un área aproximada de 726.9 km², es uno de los lugares que atraviesa esta carretera, aquí, se evidencia claramente los efectos del proceso de colonización, que trae consigo la pérdida de biodiversidad a través del cambio de uso de suelos, y como consecuencia la degradación de los mismos, quedando reemplazadas las especies nativas por áreas de suelo sin cobertura boscosa, en algunos lugares, se evidencia el lento proceso de recuperación, predominan especies de plantas como *andropogon sp* (rabo de zorro), algunas especies de Helechos (macora), *Melinis minutiflora*, *Scleria microcarpa* (Cortadera), entre otras especies más, que son indicadores de suelos degradados.

Es importante el aporte de alternativas comprobadas a través de la ciencia, que nos permitan mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, y así avanzar en el largo proceso de recuperar los ecosistemas, que han sido afectados por factores antrópicos; en este contexto trabajaremos con cuatro

dosis diferentes de dolomita, y así poder dar respuesta a la siguiente interrogante ¿Cómo influye la aplicación de diferentes dosis de dolomita, en las propiedades físicas y químicas del suelo del sector las Vegas?, y para determinar el efecto en las plantas, utilizaremos como indicador, una especie forestal que tolera suelos ácidos como es *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* “Pino Chuncho”.

1.1. Objetivos

– Evaluar el efecto de la dolomita en las propiedades físicas y químicas del suelo, en el sistema de plantación de *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* “Pino Chuncho” de cuatro meses, en el caserío Antonio Raimondi – Las Vegas.

– Evaluar el comportamiento de la altura de *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* “Pino Chuncho” de cuatro meses, en el caserío Antonio Raimondi – Las Vegas.

– Evaluar el comportamiento del número de ramas de *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* “Pino Chuncho” de cuatro meses, en el caserío Antonio Raimondi – Las Vegas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El suelo

Desde el punto de vista de un pedólogo que estudia el suelo como un cuerpo natural, sin relacionarlo con la agricultura, el suelo es un cuerpo natural constituido por materia orgánica e inorgánica, diferenciado de una roca madre por varios horizontes de diferentes profundidades, con propiedades físicas, morfológicas, composición química y características biológicas particulares y diferentes entre sí (RAUDES y SAGASTUME, 2009).

El suelo es la base para el establecimiento de cualquier proyecto agrícola, pecuario o forestal. Antes de establecerse cualquier uso de suelo es necesario conocer sus características. Cuando se requiere establecer cultivos agrícolas, pasturas o plantaciones físicas, químicas y/o biológicas del suelo. Luego de que las limitaciones del suelo han sido detectadas se puede determinar cuál es su uso más adecuado y cuál es el manejo racional que debería dársele. (ZAVALETA, 1992).

2.2. Calidad física del suelo

DORAN Y ZEISS (2000), menciona que las interacciones del recurso suelo es un componente fundamental en la biósfera para la producción de alimentos y energía, como así también el mantenimiento de la calidad

ambiental. SALINAS *et al.* (1997) menciona que la calidad de suelos de diversas áreas de nuestro planeta ha declinado significativamente, donde los sistemas en equilibrio fueron reemplazados paulatinamente por la actividad agrícola. Este proceso de agriculturización creciente y desmedido, sumado al manejo inadecuado de las tierras ha conducido al deterioro de la estructura del suelo y a la consecuente reducción de la materia orgánica, con una disminución de la fertilidad física, química y biológica del suelo.

2.2.1. Indicadores de calidad física de suelos

2.2.1.1. Textura del suelo

Es la distribución de fracciones de arena, limo y arcilla contenidas en el suelo; excluye a partículas minerales más grandes que la arena (2 mm de diámetro), las cuales son consideradas como modificadores texturales recibiendo las siguientes denominaciones: grava (0.2 – 2 cm), gravilla (2 – 5 cm), guijarros (15 – 25 cm), rodador (25 – 50 cm) y los bloques (+ 50 cm); son considerados dentro de este grupo a los agregados estables por defecto de materia orgánica (ZVALETA, 1992).

2.2.1.2. Clase textural

ZVALETA (1992), indica que las clases texturales se basan en las diferentes combinaciones de arena, limo y arcilla, por consiguiente, estas combinaciones son casi infinitas. No obstante, se ha fijado solo doce clases texturales básicas; que se enumeran en orden de incremento de la fracción fina; y en relación al suelo se denominan:

Cuadro 1. Agrupamiento de clases texturales

Grupo textural	Denominación empírica	Clases texturales
Arenoso	Suelos de textura gruesa	Arenas Arenas franca
	Suelos de textura moderadamente grueso	Franco arenoso Franco arenoso fino Franco arenoso muy fino
Franco	Suelos de textura media	Franco Franco limoso Limoso Franco arcilloso
	Suelos de textura moderadamente fina	Franco arcillo arenoso Franco arcillo limoso
		Arcillo – arenoso
Arcilloso	Suelos de textura fina	Arcillo – limoso Arcilloso

Fuente: BUCKMAN (1985).

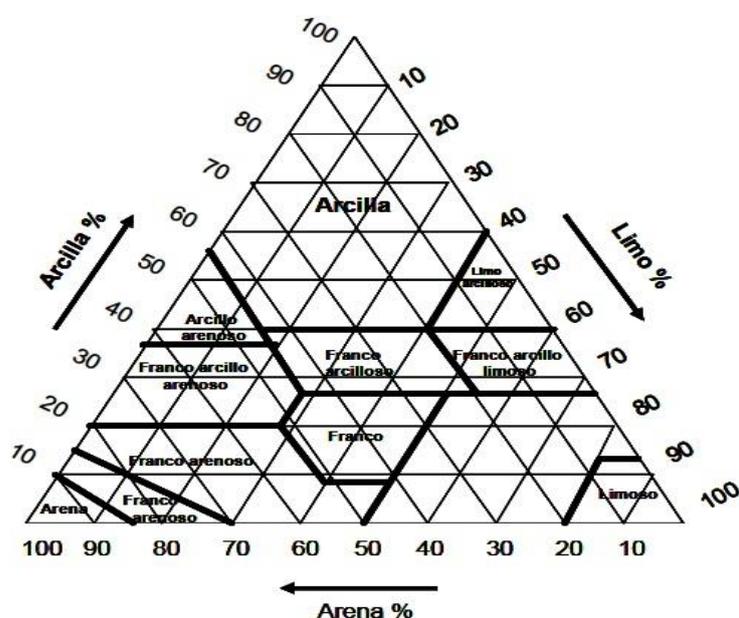


Figura 1. Triángulo textural (USDA, 1999)

SERRADA (2008), indica que la abundancia de limo favorece a la presencia de microporos a través de los cuales el agua no drena al quedar retenido por fuerzas de capilaridad. La riqueza en arcilla, sobre todo si el suelo es pobre en materia orgánica, favorece la compactación debido al carácter aglomerante de los materiales arcillosos, y tanto más si el suelo tiene una alta pedregosidad.

2.2.1.3. Estructura del suelo

Es una forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas) prismáticas (en forma de prisma), blocosa (en bloques) y granular (en forma de granos).

2.2.1.3.1. Densidad del suelo

La densidad del suelo está relacionada con la textura, los suelos arenosos obtienen mayores valores frecuentemente entre 1.35 a 1.85 kg/dm³ (ARAUJO et al., 2004). Las densidades de las partículas minerales se encuentran en los suelos arenosos, arcillosos entre <1.0 a 1.7 > g/cm³; en suelos franco arcillosos de 1.0 a 1.5 g/cm³ y en suelos francos de 1.5 a 1.7 g/cm³ (USDA, 1999).

Cuadro 2. Relación general entre densidad aparente del suelo y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo.

Textura del suelo	Densidad aparente ideal (g/cm ³)	Densidad aparente	Densidad aparente que restringen el crecimiento radicular (g/cm ³)
		afectan el crecimiento radicular (g/cm ³)	el crecimiento radicular (g/cm ³)
Arena, Areno – franco	< 1.60	1.69	> 1.80
Franco - arenosa, Franco	< 1.40	1.63	> 1.80
Franco - arcilla, - arenosa, franco, franco - arcillosa	< 1.40	1.6	> 1.75
Limosa, Franco - limosa	< 1.30	1.6	> 1.75
Franco - limosa, franco arcillo - limoso arcillo - arenosa, arcillo - limosa	< 1.40	1.55	> 1.65
algunas francos - arcillosas (35 - 45 % de arcilla)	< 1.10	1.39	> 1.58
Arcillosa (> 45% de arcilla)	< 1.10	1.39	> 1.47

Fuente: (USDA, 1999)

2.2.1.3.2. Porosidad del suelo

El suelo está constituido por tres fases; solida liquida y gaseosa. La fase liquida se denomina agua del suelo o solución del suelo; la gaseosa es el aire del suelo. Estas dos fases, liquida y gaseosa ocupan los poros del suelo es decir el volumen no ocupado por la fase sólida. Al volumen total de poros del suelo, se llama porosidad total o simplemente porosidad.

Cuadro 3. Niveles de espacios porosos

Clase textural	Espacio poroso (%)
Arcilla	58
Franco arcilloso	55
Franco limoso	50
Franco	47
Franco Arenoso	43
Arena	40

Fuente: (BAZAN *et al.*, 2000)

2.2.1.3.3. Conductividad hidráulica

La conductividad hidráulica es la capacidad de un medio poroso para transmitir agua FILGUEIRA *et al.*, (2006), evidencio que los tipos de manejo de suelos influyen en el movimiento de agua en el suelo y es altamente dependiente, para el mismo tipo de suelo.

2.2.1.3.4. Resistencia del suelo a la penetración

FERRERAS *et al.*, (2007) concluyó, los suelos evidenciaron pérdida de carbono orgánico y estabilidad estructural aumentaron la susceptibilidad a la compactación de suelos, y aquellos suelos que presentaron mejor característica de estructuración y mejor resistencia a la penetración, pueden presentar un mejor comportamiento frente a factores que inciden en la degradación. Y suelos con inestabilidad estructural de agregados fueron suelos compactados.

2.2.1.3.5. Estabilidad de agregados del suelo

FERRERAS et al., (2007) menciona que los indicadores de fertilidad física más sensibles a los que aportan mayor información relevante son el porcentaje de agregados estables al tratamiento con agua y etanol, concluyendo así que los suelos con inestabilidad estructural de agregados fueron suelos muy compactados. Muchos autores han estudiado el efecto del grado de estructuración del suelo en la susceptibilidad a la erosión. Si bien no parece haber una relación universal entre erosión y la distribución de tamaño de agregados, el valor de cambio en el diámetro medio ponderado o CDMP (uno de los índices más usados en la distribución de tamaños), muestra buena correlación con la resistencia de suelos a la erosión (TEXEIRA y MISRA, 1997).

Altos valores de CDMP siempre se relaciona con mayor erosión. La pérdida de suelo como la distribución del tamaño de agregados en los sedimentos depende del grado en que los sedimentos se rompen. Es importante la ruptura de los agregados, como función de la magnitud de las fuerzas que actúan sobre los agregados, dentro de las que el impacto de la gota de lluvia es más importante. Los suelos con agregados grandes y estables pueden tener mayor resistencia a la erosión, debido a que no se rompen fácilmente ante el impacto de la gota de lluvia (TEXEIRA y MISRA, 1997).

2.2.1.3.6. Granulometría

DE AGUILAR (2008), menciona que la textura arcillosa permite una verdadera estructuración del suelo, igual que los efectos de uso y manejo.

2.3. Propiedades químicas del suelo

La composición química del suelo influye la medida de reacción de un suelo (pH) y de sus elementos químicos (nutrientes). Su análisis es necesario para una mejor gestión de la fertilización del cultivo, elegir las plantas más adecuadas y obtener los mejores rendimientos de cosecha (CEPEDA, 1991).

2.3.1. Reacción del suelo

La reacción del suelo es quizá la propiedad química más importante de un suelo, como medio destinado al cultivo de plantas, la cual se expresa en términos de pH. Este efecto es en forma indirecta, ya que influye en forma decisiva en la disponibilidad de la mayoría de nutrientes, en las propiedades químicas, y biológicas del suelo (FASBENDER, 1987).

2.3.2. EL pH

El pH expresa la cantidad de iones (H^+) en suelos como también en solución acuosa es normalmente una fracción muy pequeña de la equivalente por litro, se ideó la escala de pH como el logaritmo del recíproco (logaritmo negativo) de la actividad de los iones H^+ en la solución presentándose este valor en la ecuación:

$$pH = \log. 1/(H^+)$$

Es la medición electroquímica de la concentración efectiva de los iones H^+ y OH^- de la solución suelo, por medio de un electrodo, inmerso en la suspensión suelo/agua (AREVALO y SANCO, 2002). A $pH = 7$ la concentración de H^+ es igual a la concentración de iones de OH^- ; un cambio de pH significa

un cambio en la concentración de H^+ y OH^- un pH menor que 7 indica una concentración ácida y es alcalina si el pH de la solución es mayor que 7 (CEPEDA, 1991 y ZAVALA, 1992).

2.3.2.1. Escala del pH

La escala de pH va desde valores 0 a 14, pero en los suelos se han encontrado valores entre 3.5 y 10, el cuadro 4, muestra algunas interferencias generales y los valores de pH; pero el grado de acidez y alcalinidad han sido sensiblemente modificados acorde con aquellas interferencias por su significado en el manejo de los suelos (ZAVALA, 1992).

El pH óptimo para el desarrollo de las plantas esta dado entre los valores de pH de 6.5 y 7.5, pH mayores o menores a este rango traerán consigo problemas de toxicidad. Los suelos que se encuentran en la gama de pH 5.8 a 7.5 tienen más probabilidades de dar problemas que aquellos que tienen valores altos o bajos. Los que presentan pH menores o igual que 5.0, indican que tienen deficiencia en elementos como: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ o también pueden tener elementos que pueden estar volviendo tóxico al suelo como: Zn^{2+} , Al^{3+} , Ni^{2+} , etc. (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

Cuadro 4. Niveles de pH del suelo

Descripción	Rango
Extremadamente ácido	Menor de 4.5
Fuertemente ácido	4.6 – 5.4
Moderadamente ácido	5.5 – 6.5

Neutro	6.5 – 7.5
Moderadamente alcalino	7.4 – 8.5
Fuertemente alcalino	Mayor de 8.5

Fuente: (FAO, 2004)

2.3.2.2. Factores que afectan el pH

2.3.2.2.1. Relación suelo/agua

Cuando se diluye una suspensión de suelo, es decir, cuando se incrementa la cantidad de agua con relación al suelo, el pH se incrementa. La reacción suelo/agua más aceptada es 1:1 (GUERRERO, 2000)

2.3.2.2.2. Concentración de CO₂

La actividad biológica de las raíces y de los microorganismos incrementa la concentración de CO₂ en el aire del suelo formando el ácido carbónico al reaccionar con el agua (GUERRERO, 2000).

2.3.2.2.3. Otros factores

Clima (temperatura, precipitación, altitud, etc), las prácticas de cultivo, el horizonte muestreado, la desecación del suelo y el contenido de sales solubles del suelo (FASBENDER, 1987 y GUERRERO, 2000).

2.4. Materia orgánica

Los autores denominan indistintamente materia orgánica o humus a la parte orgánica que cumple un papel esencial en el suelo. No existe una definición con la que todos los especialistas estén de acuerdo; pero, en

general, el termino humus designa a las sustancias orgánicas variadas, de color pardo y negruzco, que resultan de la descomposición de materias orgánicas de origen vegetal. Contiene aproximadamente un 5% de nitrógeno, por lo que su valor en el suelo se puede calcular multiplicando por 20 su contenido de nitrógeno en total (NAVARRO, 2003).

Se define también como la fracción orgánica del suelo que incluye vegetales y animales en diferentes estados de descomposición (CEPEDA, 1991).

2.4.1. Niveles de materia orgánica

Se ha demostrado que el contenido de materia orgánica es muy variado. Por consiguiente, el mismo valor numérico tendría significado a nivel regional. Así, mientras en el valle aluvial de la costa un 2% es alto este mismo valor en la sierra sería bajo y en la amazonia sería medio. De allí que los niveles de bajo, medio, alto y muy alto deben ser juzgados a nivel regional y de acuerdo a las necesidades de un cultivo determinado.

Cuadro 5. Niveles de materia orgánica.

Nivel	Contenido (%)
Bajo o pobre	Menos de 2
Medio	2 – 4
Alto	Mayor de 4

Fuente: SOIL y SURVEY STAFF (1993).

2.4.2. Nitrógeno

La cantidad de nitrógeno presente en muchos suelos es escasa, debido a su propia dinámica y a su ciclo biogeoquímico. El nitrógeno puede llegar al suelo gracias a los aportes de materia orgánica (abonos orgánicos “estiércol” y los residuos de cosecha) y a los procesos de fijación bacteriana a partir de la atmósfera (WOODING, 1967; MILLAR *et al.*, 1971). Asimismo; las condiciones climáticas influyen notablemente sobre el contenido de nitrógeno en los suelos, al aumento de temperatura disminuye el nitrógeno; al aumentar la humedad el nitrógeno aumenta. La pérdida del nitrógeno más significativa son: la extracción por cultivos, la lixiviación, volatilización, desnitrificación y fijación de amonio (NAVARRO, 2003).

Cuadro 6. Niveles de contenido de nitrógeno.

Nivel	Rango (%)
Bajo	Menor 0.1
Medio	0.1 – 0.2
Alto	Mayor a 0.2

Laboratorio de suelos de la UNAS.

2.4.3. Fósforo

Este elemento se clasifica en fósforo inorgánico como de la descomposición de la roca madre durante el proceso de meteorización y la forma fósforo orgánica, se encuentra en el humus y la materia orgánica. La cantidad de fósforo total en el suelo, expresada como P_2O_5 , raramente sobrepasa el valor de 7 ppm (BORNEMISZA, 1982).

La mayor parte del fósforo presente en los suelos no es aprovechable por las plantas, debido a su gran insolubilidad; para que pueda ser asimilado, es necesario que se encuentre como $H_2PO_4^-$ O HPO_4^{2-} , en la disolución del suelo. Asimismo la asimilación de fósforo por las plantas sería normal a pH bajos, es decir, cuando la disolución del suelo presenta una acidez notable, ya que la forma $H_2PO_4^-$ es la más asimilable (NAVARRO, 2003).

Cuadro 7. Niveles de contenido de fósforo disponible

Nivel	Fósforo (ppm)
Bajo	Menor de 7
Medio	7 – 14
Alto	Mayor de 14

Laboratorio de suelos de la UNAS.

2.4.4. Potasio

Este elemento procede de la desintegración y descomposición de las rocas que contienen minerales potásicos, junto a estos hay que añadir aquellos provenientes de la descomposición de restos vegetales y animales. El potasio en el suelo se halla en cantidades relativamente grandes. Su contenido como K_2O , depende de su textura. La fracción arcillosa es la que presenta un contenido mayor, por lo que los suelos arcillosos y limo – arcillosos son más ricos que los limo – arenosos y arenosos (BORNEMISZA, 1982).

El potasio participa en los procesos metabólicos, actúa favoreciendo el crecimiento vegetativo, fructificación, la maduración y la calidad de los frutos. Hay que significar, no obstante, que la variación en el contenido de potasio está influenciado por la intensidad de las pérdidas: extracción de cultivos, lixiviación y erosión (NAVARRO, 2003).

Cuadro 8. Niveles de contenido de potasio disponible (K₂O)

Nivel	Rango (kg/ha)
Bajo	Menor de 300
Medio	300 – 600
Alto	Mayor de 600

Laboratorio de suelos de la UNAS.

2.5. Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico, es una de las características más importantes de un suelo, ya que esta es la capacidad del suelo a retener cationes cargados positivamente (cationes) y se debe a que el suelo (complejo coloidal) presenta cargas negativas.

Existe una correlación entre la textura y la capacidad de cambio, aumentando esta para los suelos con textura fina y disminuyendo para suelos de textura gruesa ya que las arenas y margas arenosas son pobres en arcilla coloidal y casi siempre deficientes como en humus (FASSBENDER, 1987).

2.5.1. Capacidad de intercambio catiónico en suelos

Los cationes de mayor importancia en relación al crecimiento de las plantas son el calcio (Ca), el magnesio (Mg), potasio (K), amonio (NH_4^+), sodio (Na) e hidrógeno (H). Los cuatro primeros son nutrientes y se encuentran involucrados directamente en el crecimiento de las plantas. El sodio y el hidrógeno tienen un pronunciado efecto en la disponibilidad de los nutrientes y la humedad. En los suelos ácidos, una gran parte de los cationes son hidrógeno y aluminio en diversas formas.

También contribuyen a la CIC las clases, cantidades y combinaciones de los minerales arcillosos y las cantidades de materia orgánica y su estado de descomposición. Los cationes no son retenidos con las mismas energías de enlace.

Los sitios de intercambio de la materia orgánica, solo enlazan en forma débil a los cationes. Las arcillas con gran capacidad de intercambio tienden a enlazar los cationes bivalentes como Ca^{2+} y el Mg^{2+} , con más energía que K^+ . Esta característica puede afectar la disponibilidad de los nutrientes. Los suelos son arcillas caoliníticas tienen una mayor energía de enlace y, por tanto, para un nivel analítico determinado o un porcentaje de saturación de un elemento se mostrara una disponibilidad relativa mayor.

Si la CIC está neutralizada principalmente por calcio, magnesio, potasio y sodio, se dice que está saturada de bases. Sin embargo, si los

cultivos o el lixiviado han removido la mayor parte de los cationes básicos, el suelo está bajo saturación de bases o alto en saturación ácida. Las cantidades totales de cationes ácidos relativos en la CIC son una medida de la saturación ácida. Ésta también es una medida de necesidades de encalado de un suelo “aplicar cal” (CEPEDA, 1991).

2.5.2. Factores de CIC

Los factores que hacen que un suelo tenga una determinada capacidad de intercambio de cationes son varias, entre ellos: tamaño de partículas. Cuanto más pequeña sea una partícula, más grande será la capacidad de cambio; tipo de cationes cambiables (monovalentes, divalentes, de gran tamaño, etc.) y el pH.

Los cationes que frecuentemente ocupan las posiciones de cambio en los suelos son: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ , Al^{3+} , Fe^{3+} , NH_4^+ , Mn^{2+} , Cu^{2+} , y Zn^{2+} . En los suelos ácidos predominan H^+ y Al^{3+} , en los suelos alcalinos predominan las bases, fundamentalmente el Na^+ y en los neutros el Ca^{2+} . Todos los cationes absorbidos excepto los protones y aluminio, que constituyen la llamada acidez de reserva, se consideran bases. El porcentaje de saturación de bases expresa la proporción de bases que hay respecto del total de la capacidad de intercambio de cationes.

2.5.3. Importancia de la capacidad de cambio

- Controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas: K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , entre otros.

- Interviene en los procesos de floculación – dispersión de arcilla y por consiguiente en el desarrollo de la estructura y estabilidad de los agregados.
- Determina el papel del suelo como depurador natural al permitir la retención de elementos contaminantes incorporados al suelo.

Cuadro 9. Niveles de capacidad de intercambio catiónico (pH > 5.5)

Nivel	CIC (meq/100g de suelo)
Bajo	Menos de 12
Medio	12 – 20
Alto	Mayor de 20

Fuente: SOIL SURVEY STAFF (1993)

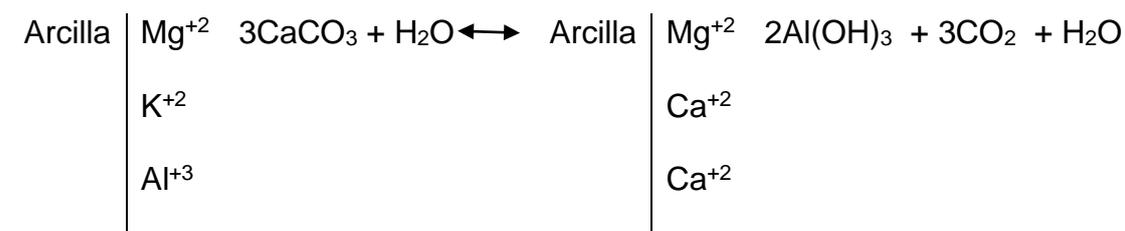
Cuadro 10. Niveles de capacidad de intercambio catiónico (pH < 5.5)

Nivel	CIC (meq/100g de suelo)
Bajo	Menos de 4
Medio	10 – 20
Alto	Mayor de 30

Fuente: SOIL SURVEY STAFF (1993)

2.6. Encalado

El encalado consiste en la aplicación masiva de sales básicas con el objeto de neutralizar la acidez del suelo causada por hidrógeno y aluminio. Los productos que se utilizan como alcalinizantes o correctivos de la acidez del suelo son principalmente carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio y/o magnesio. Debido a su diferente naturaleza química, estos materiales



En el esquema anterior se deduce que el Ca no interviene en la neutralización de la acidez, sino más bien es el anión CO_3^{-2} el que al hidrolizarse produce iones OH^- que neutralizan los iones H^+ provenientes de la hidrólisis del Al y precipitan al mismo Al.

El proceso reverso también puede ocurrir, debido a que los iones básicos como Ca, Mg y K pueden ser removidos del suelo por la absorción de las plantas o lixiviación, siendo reemplazados por Al. A medida que ocurre este proceso, se incrementa la actividad del H y se reduce el pH del suelo. La acidificación progresiva del suelo es favorecida cuando se utilizan dosis altas de fertilizantes nitrogenados o amoniacales.

2.6.1. Dolomita

El carbonato doble de calcio y magnesio ($\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$) se denomina dolomita. El material puro contiene 21.6% de Ca y 13.01% de Mg. Aunque la dolomita reacciona más lentamente en el suelo que la calcita, tiene la ventaja que suministra magnesio, elemento con frecuencia deficiente en suelos ácidos (ESPINOZA, 1999).

2.7. Características Generales de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* “Pino Chuncho“

Esta especie presenta muchos estudios que describen su comportamiento y requerimientos para que pueda desarrollarse adecuadamente.

2.7.1. Clasificación de la especie

Taxonómicamente, la especie en estudio se encuentra ubicada en las siguientes categorías. (REYNEL *et al.*, 1990)

División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Sub clase	: Magnoliidae
Superorden	: Fabanae
Orden	: Fabales
Familia	: LEGUMINOSAE (CAESALPINOIDEAE)
Género	: <i>Schizolobium</i>
Especie	: <i>Schizolobium parahyba</i> (Vellozo) Blake var. <i>Amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby
Nombre. Vulgar	: “Pino Chuncho”, “pashaco”
Sinónimos	: <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke, <i>S. excelsum</i> var. <i>amazonicum</i> Ducke ex L. Williams

2.7.2. Descripción botánica

Schizolobium parahyba var. *amazonicum* “Pino Chuncho“, es un árbol de 30 a 70 cm de diámetro y de 18 a 25 m de altura total, con el fuste cilíndrico, la ramificación en el tercer tercio, la base del fuste recta (REYNEL et al., 2003); sin embargo se ha encontrado arboles de hasta 35 m., y hasta 1 m. de dap., pero generalmente en el rango de 30-60 cm., con fuste cilíndrico y recto y buena auto poda que deja marcadas cicatrices en el fuste. Copa: muy amplia, alargada, abierta, con ramas dispersas, casi verticales (OFICATIE, 2003).

Corteza externa lisa a agrietada color marrón rojizo a grisáceo, en algunos casos finamente áspera, verde en arboles jóvenes y grisácea en arboles adultos, con ritidoma en placas rectangulares a cuadrangulares pequeñas, de 1.5-4 cm de ancho. Corteza interna homogénea, color amarillo blanquecino, con olor a legumbre. Ramitas terminales con sección circular, color marrón rojizo a marrón claro cuando secas, de unos 5-10 mm de diámetro, glabras.

Hojas compuestas bipinnadas, alternas y dispuestas en espiral, el peciolo de 6-12 cm de longitud, el raquis acanalado, las pinnas opuestas, 10-20 pares, los foliolulos oblongos, de 1.5-3 cm de longitud y 0.4-0.7 cm de ancho, enteros, los nervios secundarios 12-14 pares, prominulos en ambas caras, el ápice de los foliolulos rotundo y con un diminuto mucrón, la base rotunda, las hojas glabras o finamente pubescentes por el envés; OFI-CATIE (2003)

menciona que presenta 15-25 pares de pinas, cada una con 20-30 parejas de hojuelas oblongas de 2-3 cm de longitud, peciolo viscoso.

Inflorescencias panículas de 20-40 cm de longitud, multifloras, producidas en las ramitas defoliadas. Flores de mediano tamaño, hermafroditas, zigomorfas, con cáliz y corola presentes, el pedicelo de 4-10 mm de longitud, el cáliz de 4-5 mm de longitud, la corola amarilla, de 2-2.5 cm de longitud, los estambres de 1-1.5 cm de longitud, el gineceo con un pistilo de ovario súpero y alargado, el estigma inconspicuo.

Frutos alargados y planos, oblanceolados, con el ápice rotundo, de 8-10 cm. de longitud y 2.5-3.5 cm. de ancho, la superficie lisa y glabra, color marrón rojizo o marrón oscuro, la semilla única y alada, de forma y tamaño similar al fruto, con el ala lateral (REYNEL et al., 2003); a veces contienen una semilla, a veces dos, de color pardo, planas, de 2-3 cm de largo y 1.5-2 cm de ancho, con testa dura. (OFI-CATIE, 2003).

2.7.3. Distribución geográfica y habitat

El género *Schizolobium* tiene amplia dispersión en el país, de acuerdo con algunos inventarios forestales se le puede encontrar distribuida desde bosques secundarios, periódicamente inundados (Loreto y Ucayali), abundante en bosques secundarios (San Ramón, Pichanaki) hasta en Regeneración natural abundante en Selva Central y distribuido en riberas de ríos de las provincias de Oxapampa, Chanchamayo y Satipo a altitudes de 300 a 1200 msnm. (Brack, citado por SOTELO 1992). En el departamento de San

Martín lo encontramos en los Bosques Secundarios formando parte del Bosque Premontano Tropical, en asociación de especies como: café, frutales, rastreras, forestales. En terrenos inclinados y de suelo franco arenociloso. (ACEVEDO, 2003). También se le puede encontrar en Brasil, Ecuador, Colombia y Bolivia. Probablemente introducida en Paraguay y México. (PALOMINO Y BARRA, 2003)

SOTELO (1992), afirma que la densidad de *Schizolobium Parahyba* es mayor en los bosques de terrenos altos que en bosques sujetos a inundaciones frecuentes.

2.7.4. Características ecológicas

El pino chuncho es una especie estrictamente heliófita, de crecimiento acelerado y muy común en bosques secundarios establecidos en áreas que han sufrido grandes disturbios, como los producidos por los incendios y la agricultura migratoria. En áreas sujetas a aprovechamiento forestal, también es muy frecuente encontrar regeneración natural de esta especie (por ejemplo en caminos, rodeos o patios de acopio) (JUSTINIANO *et al.*, 2001), El pino chuncho es una especie heliófita tardía, pionera que, en circunstancias poco frecuentes, puede encontrarse en bosques relativamente maduros, ya que es probable que su vida no exceda los 60 años (MARTÍNEZ y RAMOS, 1985).

2.7.5. Fisiografía

El rango altitudinal de la especie fluctúa entre los 150 y 1500 msnm, extendiéndose desde llanuras aluviales hasta estribaciones montañosas, aunque es adaptable a diferentes condiciones fisiográficas (SOTELO, 1992). Ocurre en áreas bajas hasta 650 msnm en América Central, aunque se le puede encontrar hasta los 2000 msnm en América del Sur.

2.7.6. Clima

El pino chuncho es una especie común en las zonas húmedas del neotrópico; prefiere un clima tropical húmedo a subhúmedo estacional, con una precipitación anual promedio que oscile entre los 1200 y 2500 mm (HECHAVARRÍA *et al.*, 2000).

2.7.7. Suelos

Prefiere suelos fértiles, profundos y húmedos, ácidos a neutros, con buen drenaje y textura media a pesada. No prospera en suelos superficiales, infértiles, arenosos o muy secos. Es frecuente en planicies aluviales o en las partes bajas de los cerros. Raramente se le encuentra en sitios propensos a inundaciones (OFI – CATIE, 2003).

Prefiere suelos de extremada a ligeramente ácidos (pH 4 – 6.5) con una Tolerancia a suelos especiales suelos degradados, pobres en nutrientes (PALOMINO y BARRA, C. 2003).

2.7.8. Usos y aplicaciones

El pino chuncho es apropiado para sistemas agroforestales debido a su rápido crecimiento y buena forma (SALDÍAS *et al.*, 1994) y se lo considera una especie fijadora de nitrógeno, por lo que es utilizada para la recuperación de suelos empobrecidos (INIA, 1996).

Esta especie es utilizada en el trópico como árbol de sombra para café en sistemas agroforestales y como planta melífera en fincas dedicadas a la apicultura, se utiliza para leña, confección de tableros laminados, molduras, empaques, en ebanistería, paneles de hormigón y hasta para madera de aserrío, se suele usar en la construcción de embarcaciones de tipo canoa por su ligereza y facilidad de tallarla y moldearla; la especie tiene mucho potencial como planta ornamental, por el hermoso color amarillo de sus flores, por lo que se le considera un árbol pionero de crecimiento rápido y puede emplearse en plantaciones mixtas para recuperar áreas degradadas (ACP, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características de la zona de estudio

3.1.1. Ubicación del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el predio del señor Gregorio Lama Isminio, ubicado en caserío de Antonio Raimondi – Las Vegas, distrito de Daniel Alomía Robles, provincia de Leoncio Prado, en la región Huánuco, y en las siguientes coordenadas.

Cuadro 11. Coordenadas del área de estudio

Este	Norte	Altitud (msnm)
401525	8983241	942

3.1.2. Condiciones climáticas

El distrito de Daniel Alomía Robles, tiene un clima tropical de selva alta con una temperatura promedio de 18 °C a 30 °C y humedad relativa de 77.5 %. Las características hidrográficas y la geografía accidentada hacen que existan diversos microclimas. Se observa dos periodos estacionales bien definidos; el periodo de lluvias que se presenta durante los meses de noviembre a marzo, teniendo como resultado una precipitación anual que oscila entre 2500 a 3500 mm, el periodo de sol comprende los meses de abril a noviembre.

3.1.3. Ecología

Según las zonas de vida de HOLDRIDGE (1987), el distrito de Daniel Alomía Robles, tiene la particularidad de presentar 6 zonas de vida (Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical, Bosque Húmedo Tropical, Bosque Pluvial Montano Tropical, Bosque muy Húmedo Montano Bajo Tropical, Bosque muy Húmedo Premontano Tropical y Bosque muy Húmedo Tropical); el área donde se realizó el estudio está en la zona de vida de Bosque Húmedo Tropical.

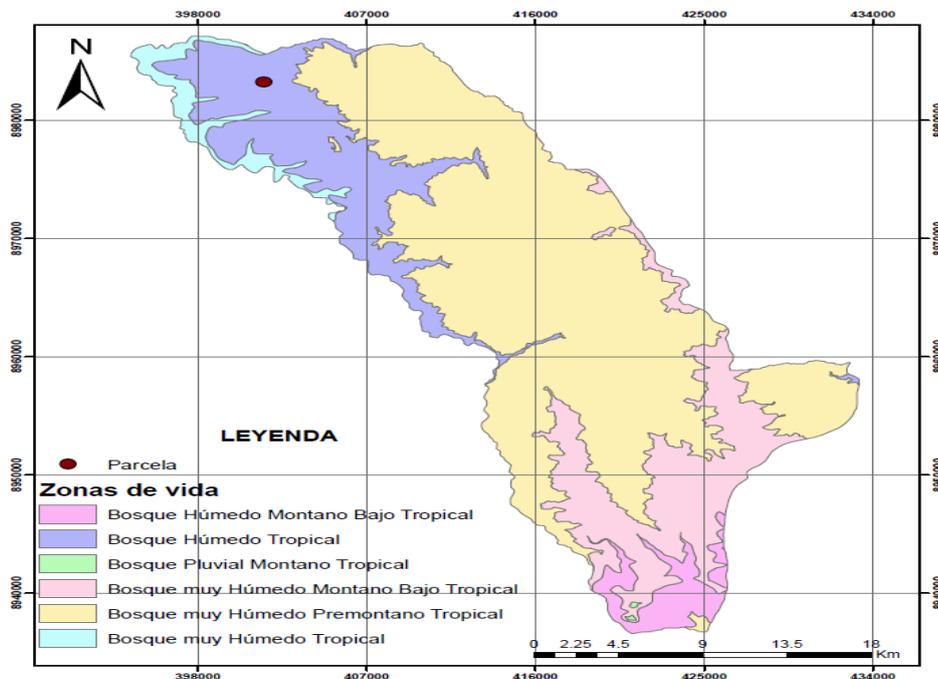


Figura 2. Zonas de vida del distrito de Daniel Alomía Robles

La topografía se caracteriza por ser muy accidentada; en ella encontramos gran cantidad de formaciones geográficas denominadas quebradas por donde discurren corrientes de agua.

3.1.4. Hidrografía

En cuanto a su hidrografía, la principal cuenca hidrográfica la forma el Rio Azul que inicia su recorrido en la parte norte del distrito de Hermilio Valdizan y después de atravesar varias localidades pasa por la zona suroeste hacia el distrito de Daniel Alomía Robles.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales y equipos utilizados en campo

Para recopilar la información de campo se utilizaron diferentes materiales y equipos como son: Gps (GARMIN map 62s), utilizado para realizar los traks y tomar las coordenadas del área de evaluación; Cámara fotográfica (CANON), importante equipo que nos permitió evidenciar los trabajos realizados; wincha de 50 metros (STANLEY), utilizado para realizar las mediciones de las parcelas y del área del terreno; wincha de 5 metros (STANLEY), utilizado para medir la altura de las plantas; Bernier mecánico, empleado para medir el diámetro del fuste de las plantas; machete (GAVILAN), herramienta utilizada para realizar el desmalezado de la parcela; rafia de color azul, empleado para separar las parcelas; pala recta (TRAMONTINA), utilizado para hacer los cortes de donde se iba a extraer las muestras de suelo; cilindros metálicos de recopilación de muestras de suelo; bolsas plásticas que se utilizó para meter ahí los cilindros con las muestras de suelo y así evitar la pérdida de humedad de las muestras; también se utilizó libretas de campo y lapiceros para realizar todos los apuntes necesarios.

3.2.2. Materiales y equipos utilizados en Laboratorio

En el laboratorio de suelos de la UNAS se utilizaron diferentes materiales y equipos que fueron importantes para realizar los análisis, las cuales mencionaremos las más importantes como son: Balanza analítica utilizada para obtener los pesos de las muestras con mayor precisión; potenciómetro, equipo que nos permitió determinar el pH del suelo; tamices con las siguientes dimensiones (4.75; 1.18; 0.50; 0.25 mm), importante para tamizar las muestras y obtener partículas de diferentes dimensiones, estufa eléctrica que fue utilizada para secar las muestras de suelo a 105 °C, entre otros.

3.3. Componentes de estudio

3.3.1. Material vegetativo

Como material vegetativo se utilizó especies de Plantas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* "Pino Chuncho" de cuatro meses de edad, que habían sido instalados por el proyecto especial alto Huallaga.

3.3.2. Producto

Como producto se utilizó dolomita (CaO: 34.78% y MgO: 24.58%), que fue obtenido en la ciudad de Tingo María, a la altura de la cueva de las Pavas, se adquirió en sacos de 50 kg.

3.3.2.1. Forma de aplicación

La dolomita se aplicó directamente al suelo, en forma de media luna siguiendo el lado opuesto a la pendiente y en proporción a las dosis

consideradas, tratando de cubrir el diámetro de copa como se aprecia en la Imagen 2.

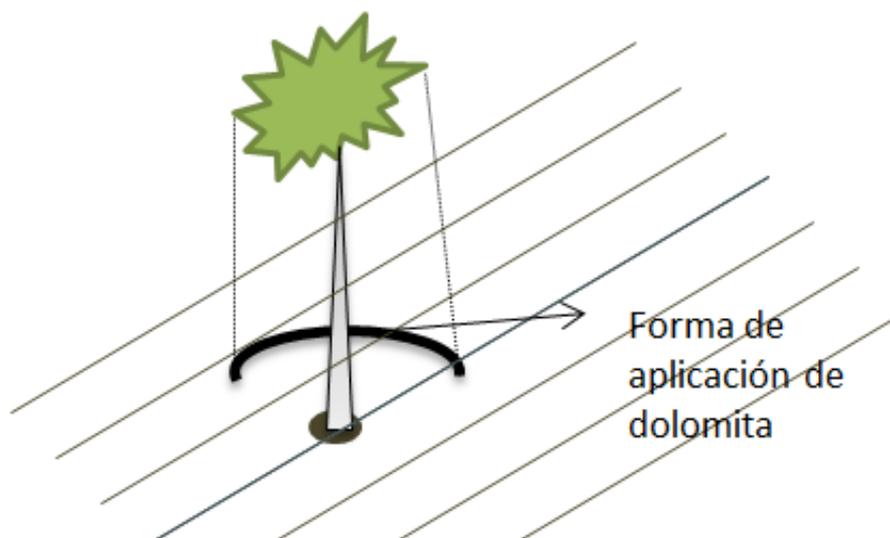


Figura 3. Forma de aplicación de dolomita

3.4. Evaluación del crecimiento de *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* “Pino Chuncho”

Para la evaluación de las plantas se tomó las medidas de altura y el número de ramas de las plantas de *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* “Pino Chuncho” de cuatro meses de edad. Antes de aplicar las respectivas dosis de dolomita para tener datos de medidas iniciales, las evaluaciones se realizaron una vez por mes registrándose un total de 6 evaluaciones, el área correspondiente a la plantación estuvo sin malezas porque periódicamente se realizó el desmalezado.

3.5. Tratamiento de estudio

Se utilizara diferentes dosis de dolomita en los tratamientos teniendo una cantidad por planta según el tratamiento.

Cuadro 12. Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamiento	Material vegetativo (Especie)	Dosis de dolomita (g/planta)	Dosis de dolomita (t/ha)
T0	<i>Schizolobium parahyba</i>	0 g/planta	0
T1	<i>Schizolobium parahyba</i>	300 g/planta	0.356
T2	<i>Schizolobium parahyba</i>	600 g/planta	0.713
T3	<i>Schizolobium parahyba</i>	1000g/planta	1.189
T4	<i>Schizolobium parahyba</i>	1300 g/planta	1.545

3.6. Características del campo experimental y del área circundante

La plantación fue realizada a campo abierto, en áreas sin cobertura vegetal arbórea, y se empleó el diseño cuadrado de plantación; asimismo, la plantación se ubica en terreno ligeramente inclinado., con pendientes que oscilan entre 4 – 15 %.

El terreno circundante al área del estudio, presenta similares características, aquí se pueden apreciar fragmentos de bosque primario, purmas altas y áreas que están en proceso de recuperación, en los fragmentos de bosque primario se observan especies de plantas de las siguientes familias: LAURACEAE, MELASTOMATACEAE, MORACEAE, MELIACEAE, MIRISTICACEAE, entre otras familias de plantas.

3.6.1. Dimensiones del campo experimental

- Largo del campo : 100 m
- Ancho del campo : 39 m
- Área total del campo experimental : 3900 m²

3.6.2. Características de cada bloque

- Número de bloques : 3
- Largo de bloque : 100 m.
- Ancho de bloque : 10 m.
- Área de bloque : 1000 m².
- Calle entre bloques : 3 m.

3.6.3. Características de cada parcela

- Número total de parcelas : 30
- Número de parcelas por bloque : 10
- Largo de cada parcela : 10 m.
- Ancho de cada parcela : 8 m.
- Número de plantas por parcela : 4
- Área total de cada parcela : 80 m².



Figura 4. Distribución del campo experimental

3.7. Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo

Se tomó todas las muestras de todas las parcelas existentes por cada bloque.

3.7.1. Análisis químico del suelo

Para el análisis químico (pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, capacidad de intercambio catiónico, CIC efectiva), los métodos empleados fueron los siguientes:

Cuadro 13. Métodos a emplear

Análisis químico del suelo	Método empleado
pH	Potenciómetro (Willard <i>et al.</i> , 1974; BATES, 1983)
Materia orgánica %	Walkley y Black
Nitrógeno %	La determinación de nitrógeno total se realiza con el método Micro – Kjeldahl (Modificado por BREMNER, 1965).
Fósforo ppm	En la medición del P soluble se utiliza el método de Bray (BRAY y KURTZ, 1945), Este método se emplea como índice del P aprovechable en suelos con pH neutro y ácido. Para suelos neutros y alcalinos se utiliza el método Olsen.
Capacidad de intercambio catiónico	método de acetato de amonio
CIC efectiva	desplazamiento con 1 N

3.7.1. Análisis físico del suelo

Para el análisis físico (textura, densidad aparente, porcentaje de la porosidad total, análisis de agregados método seco y mojado), se realizó lo siguiente:

- Para la textura del suelo se usó el método del hidrómetro
- Para la densidad aparente del suelo, se extrajo suelo en cilindros metálicos para análisis de muestras, se colocó sus respectivas tapas para evitar que se perdiera material, luego se lo llevo al laboratorio y se realizó el peso inicial con una balanza analítica, se colocó en la estufa a 105 °C por 24 horas y así se obtuvo el peso seco de la muestra, después con la ayuda de una balanza analítica se obtuvo el peso seco de la muestra quedando listo para aplicar la siguiente fórmula.

$$d_a = \frac{\text{peso del suelo seco}}{\text{Volumen del suelo}}$$

- Para el cálculo de porosidad total del suelo se utilizó la siguiente fórmula

$$P = \left(1 - \frac{d_a}{d_r}\right) * 100$$

Dónde:

P = La porosidad total.

d_a = Densidad aparente

d_r = Densidad real.

- Para el cálculo de agregados tamizados por el método en seco, se tomó 0.5 kg de la muestra de suelo secado al aire y no desmenuzado, se pesó 100 g de la muestra y se tamizó a través de una columna de malla con

aperturas de (4.75, 2, 1.18, 0.50, 0.25 mm), luego se separaron las mallas y se golpearon ligeramente con la mano con la finalidad de separar los agregados que quedaron en las aberturas para luego recogerlos en bolsas plásticas y pesarlos en la balanza analítica para determinar su respectivo porcentaje.

- Para obtener los agregados por el método mojado, de las fracciones tamizadas anteriormente, se tomaron porciones de suelo hasta obtener 50g que fueron pesados en una balanza analítica, se preparó un conjunto de tamices del mismo diámetro que se utilizó para el análisis en seco (4.75, 2, 1.18, 0.50, 0.25 mm), estos se colocaran en una malla y se introdujo en un balde con agua hasta la altura por encima del borde de tamiz de 5 – 6 cm, el suelo húmedo se dejó reposar por 10 minutos y a continuación se realizó pequeños movimientos con tamiz dentro del balde de agua con el fin de destruir todos los agregados no resistentes al agua, luego se retiraron los tamices del agua dejando reposar unos 5 minutos para luego ser extraídos los agregados a las placas de vidrio posteriormente serán secados en la estufa por un periodo de 6 horas a una temperatura de 105°C, finalmente los agregados después estar en la estufa, se pesaron en una balanza analítica y se registró el valor.

3.8. Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con 5 tratamientos y 3 repeticiones. Las características evaluadas de cada uno de los componentes en estudio se

sometieron al análisis de varianza (ANVA) y la significación estadística se determinó por la prueba de Duncan.

Cuadro 14. Fuentes de variación

Fuente de variabilidad	GL
Bloques	2
Tratamiento	4
Error experimental	8
Total	14

3.9. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = U + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Es el valor observado en el j – èsimo bloque con el i – èsimo efecto de tratamientos.

U: Efecto de la media general.

α_i : Efecto del i – èsimo efecto de tratamientos.

β_j : Efecto del j – èsimo efecto de bloques o repeticiones.

ϵ_{ij} : Efecto del error aleatorio asociado a dicha observación.

Para:

i= 1, 2, 3, 4,5 tratamiento.

j= 1, 2,3 bloques o repeticiones

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis físico del suelo

4.1.1. Análisis de textura del suelo

Existen variaciones porcentuales en las diferentes clases texturales, resultado de los análisis físicos de las muestras de suelos (Cuadro 15); aun así, no existe mucha diferencia con los resultados del primer análisis de suelo, y se mantiene dentro del mismo grupo textural y clase textural de suelo franco en todos los tratamientos.

Cuadro 15. Análisis de textura del suelo

Campo	Análisis mecánico			Textura
	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	
Muestreo inicial	32	24	44	Franco
T0	34	25	41	Franco
T1	36	24	40	Franco
T2	42	22	36	Franco
T3	45	21	34	Franco
T4	48	21	31	Franco

4.1.2. Evaluación de la densidad aparente y porosidad total

Analizando la densidad aparente y el porcentaje de porosidad en el Cuadro 16, podemos afirmar que no existió diferencia estadística entre bloques, por el contrario si existió entre tratamientos, lo que nos permite afirmar

que la contribución de la dolomita en diferentes dosis influyó en la densidad aparente y porosidad total del suelo.

Cuadro 16. Análisis de varianza en densidad aparente y porosidad total con diferentes dosis de dolomita

FV	GL	CM (Densidad aparente)	CM (Porosidad total)
Bloque	2	0.0006 NS	0.8801 NS
Tratamiento	4	0.0053 *	7.4345 *
Error	8	0.0028	4.0131
Total	14		

(NS) no se encontró diferencia significativa

(*) Significación estadística al 5% de probabilidad

En la prueba de Duncan realizado para la densidad y porosidad total del suelo, los tratamientos (T0, T1, T2, T3, T4) presentaron diferencia estadística; el T4 con dosis de 1.545 t/ha de dolomita tiene la mayor densidad aparente y menor porcentaje de poros (figura 5 y 6); es decir a medida que se aumentó la dosis de dolomita se incrementó el porcentaje de arena (Cuadro 17) por consiguiente aumento la densidad la densidad aparente y disminuyó el porcentaje de poros.

Cuadro 17. Prueba de Duncan densidad aparente y porosidad total.

Tratamientos	Densidad aparente (g/cm ³)	Porosidad %
T4 (1.545 t/ha)	1.5 a	43.4b
T3 (1.189 t/ha)	1.48a	44.15b
T2 (0.713 t/ha)	1.47ab	44.53ab
T1 (0.356 t/ha)	1.44b	45.66a
T0 (Testigo)	1.41b	46.79a



Figura 5. Densidad aparente

La densidad aparente del suelo fue incrementándose conforme se incrementaba la dosis de dolomita. El tratamiento testigo T0, que no recibió ninguna dosis de dolomita presentó una densidad de 1.41 g/cm^3 , y en el tratamiento T1, con una dosis de 1.356 t/ha de dolomita, presentó una densidad de 1.44 g/cm^3 , existiendo una diferencia de densidades entre estos tratamiento de 0.03 g/cm^3 , en los demás tratamientos también se observa que conforme se incrementa la dosis de dolomita se incrementa la densidad aparente del suelo; en el tratamiento T2 y T3, el incremento de la densidad aparente fue mínimo con 0.01 g/cm^3 , la diferencia de dosis entre estos tratamiento es de 0.476 t/ha , y es mayor a la diferencia de dosis entre los tratamiento T0 y T1, cuya diferencia de dosis fue de 0.356 t/ha de dolomita; mientras que el tratamiento T4 presentó densidad aparente de 1.5 g/cm^3

haciendo una diferencia de 0.09 g/cm^3 con el tratamiento T0 y una diferencia de 0.02 g/cm^3 con el tratamiento T4 (Figura 5).

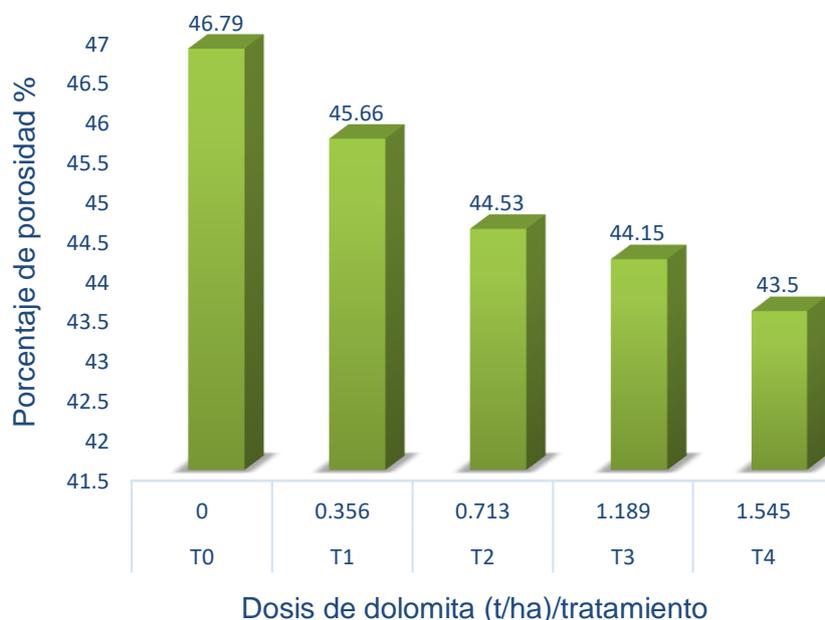


Figura 6. Porcentaje de porosidad

El porcentaje de porosidad del suelo disminuye conforme se incrementa la dosis de dolomita en los diferentes tratamientos; en el tratamiento testigo T0, que no presenta ninguna dosis de dolomita, el porcentaje de porosidad del suelo fue de 46.79 %; en el tratamiento T2, el porcentaje de porosidad del suelo fue disminuyendo conforme se incrementó la dosis de dolomita de 0 t/ha en el T0 a 1.356 t/ha; en los demás tratamientos, se fue incrementando las dosis de dolomita y de esta forma el porcentaje de porosidad disminuyó hasta 43.5 %, cuando se le adiciono hasta 1.545 t/ha (Figura 6).

4.1.3. Evaluación de agregados tamizados en seco

Después de realizar el análisis de varianza a los resultados de los agregados tamizados en seco, se puede afirmar que estadísticamente no presentó significancia entre bloques, que tenían los tamices con 4.75, 2, 1.18, 0.50 y 0.25 mm de abertura; pero si presentó significancia estadística entre los tratamientos, indicándonos que la contribución de la dolomita en diferentes dosis, tiene niveles significativos en la evaluación de agregados tamizados en seco (Cuadro 18).

Cuadro 18. Análisis de varianza de agregados tamizados en seco.

FV	GL	4.75 (mm)	2 (mm)	1.18 (mm)	0.50 (mm)	0.25 (mm)
		CM	CM	CM	CM	CM
Bloque	2	15.49 NS	93.34 NS	0.25 NS	9.47 NS	60.39 NS
Tratamiento	4	68.65 *	30.95 *	5.14 *	8.07 *	5.01 *
Error	8	105.89	28.17	6.92	15.32	36.2
Total	14					

(NS) no se encontró diferencia significativa

(*) Significación estadística al 5% de probabilidad

Analizando la prueba de significación estadística para el porcentaje de agregados tamizados en seco, encontramos que existe similitud estadística en los tratamientos T0, T1 y T2 en los agregados encontrados, si bien existe una diferencia numérica menor no afecto la similitud estadística de; el tratamiento T3 presenta cierto nivel de similitud estadística con el tratamiento T2; el tratamiento T4 presenta cierta similitud estadística con el tratamiento T3 y presenta diferencia significativa con los tratamientos T0, T1 Y T2, siendo

evidente que en los tratamientos T3 y T4 se encontró el mayor porcentaje de agregados tamizados en seco y siendo de 2 y 4mm de diámetro, influenciado por las dosis de dolomita en los tratamientos (Cuadro 19 y Figura 7).

Cuadro 19. Prueba de significación estadística Duncan de agregados tamizados en seco en los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Tamices				
	4.75 (mm)	2 (mm)	1.18 (mm)	0.50 (mm)	0.25 (mm)
T4 (1.545 t/ha)	39.97 a	35.09 a	20.77 a	18.3 a	17.12 a
T3 (1.189 t/ha)	38.15 ab	34.3 ab	20.11 a	13.5 ab	11.33 ab
T2 (0.713 t/ha)	33.9 b	24.87 b	12.57 b	11.33 b	10.04 b
T1 (0.356 t/ha)	30.03 b	24.67 b	12.13 b	12.67 b	10.90 b
T0 (Testigo)	29.09 b	22.40 b	11.73 b	11.17 b	9.10 b

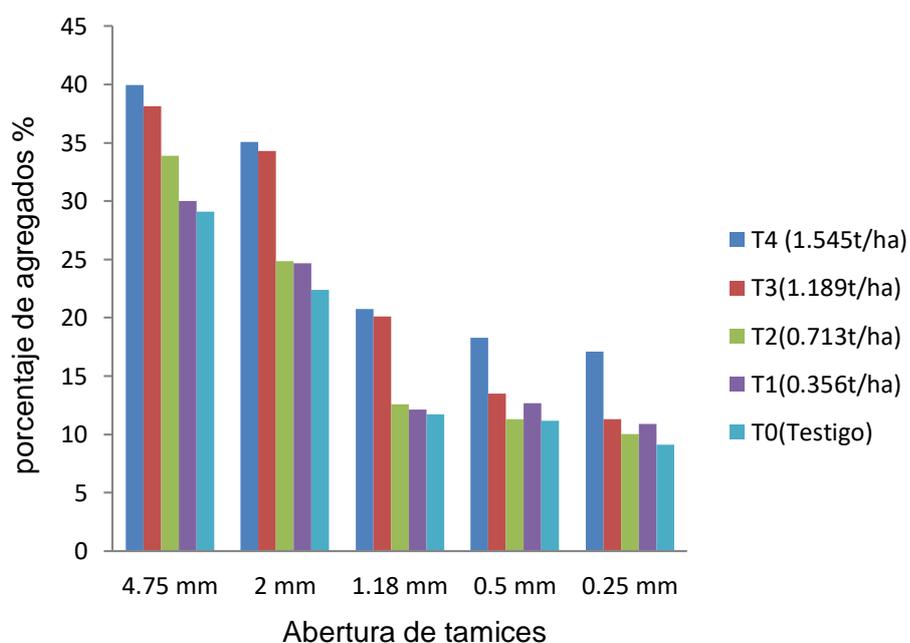


Figura 7. Porcentaje de agregados tamizados en seco

4.1.4. Evaluación de agregados estables al agua

Estadísticamente no existe diferencia entre bloques en los tamices de 0.50 y 0.25 mm, pero si en los tamices de 4.75, 2 y 1.18 mm; estadísticamente existe significancia entre los tratamientos en los tamices de 4.75; 2; 1.18 mm indicándonos que la contribución de dolomita en los diferentes dosis tienen niveles significativos en la evaluación de agregados estables al agua, mientras que en los tamices de 0.5 y 0.25 mm, no existe diferencia estadística significativa. El coeficiente de variación se encuentra en rangos de resultados variables (Cuadro 20).

Cuadro 20. Análisis de varianza de agregados estables al agua

FV	GL	4.75 (mm)	2 (mm)	1.18 (mm)	0.50 (mm)	0.25 (mm)
		CM	CM	CM	CM	CM
Bloque	2	163.22 *	134.01 *	13.65 *	293.11 NS	8.52 NS
Tratamiento	4	201.95 *	72.82 *	16.87 *	126.83 NS	49.35 NS
Error	8	75.17	30.8	26.4	74.23	24.08
Total	14					

(NS) no se encontró diferencia significativa

(*) Significación estadística al 5% de probabilidad

El porcentaje de agregados estables al agua después de realizar la prueba de Duncan, muestra que estadísticamente existe diferencia significativa en todos los tratamientos al analizar los agregados de 2mm de diámetro; asimismo observamos que los tratamientos presentan similitud estadística al analizar los agregados de 0.5 y 0.25 mm de diámetro; como también es evidente que los tratamientos T0 y T1 presentan similitud estadística al analizar

los agregados de 4.75 y 2 mm de diámetro. Se encontró variabilidad numérica al realizar el análisis de los agregados estables al agua, no existiendo un patrón definido (Cuadro 21 y Figura 8).

Cuadro 21. Prueba de significación estadística Duncan de porcentaje de agregados estables al agua

Tratamientos	Tamices				
	4.75 (mm)	2 (mm)	1.18 (mm)	0.50 (mm)	0.25 (mm)
T4 (1.545t/ha)	36.53 a	25.7 a	29.5 a	18.92 a	18.93 a
T3 (1.189t/ha)	30.31 a	20.8 ab	24.2 a	18.09 a	18.08 a
T2 (0.713t/ha)	19.7 b	20.36 ab	16.01 b	16.7 a	12.27 a
T1 (0.356t/ha)	18.9 b	14.7 b	14.3 bc	17.85 a	15.82 a
T0 (Testigo)	18.54 b	13.7 b	10.81 c	16.20 a	18.93 a

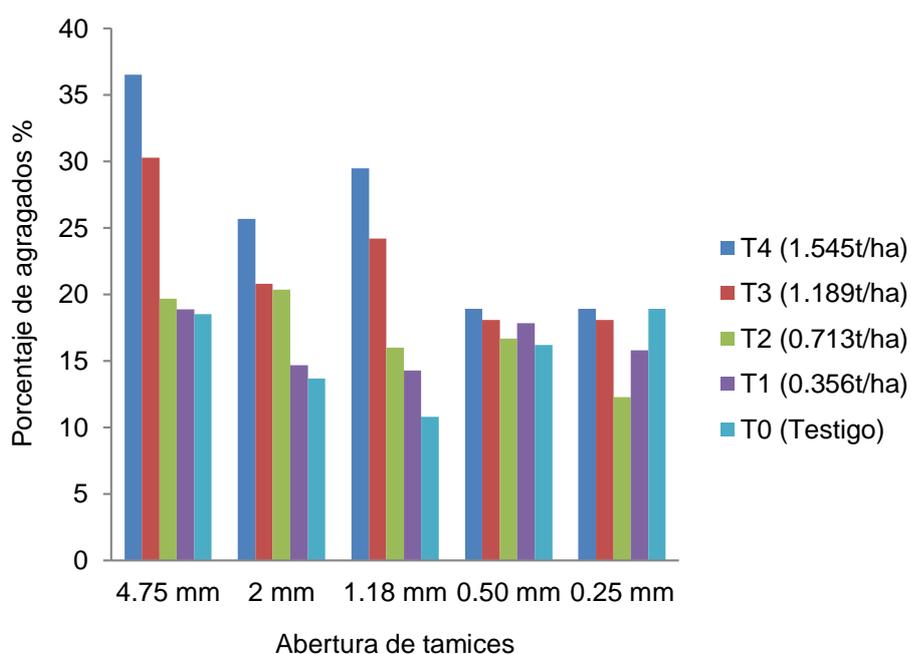


Figura 8. Porcentaje de agregados estables al agua

4.2. Análisis químico del suelo

Es importante contar con los resultados del análisis químico del suelo desde la etapa inicial antes de intervenir y durante el proceso de intervención como se muestra en el Cuadro 22, que son los resultados detallados del proceso de evaluación química del suelo de los diferentes tratamientos.

Cuadro 22. Análisis químico del suelo

Número de Muestras	pH	M.O	N	p	K ₂ O	Cambiables C mol(+)/kg				CICe	%		
	1:1	%	%	ppm	kg/ha	Ca	Mg	Al	H		Bas. Camb.	Ac. Camb.	sat. Al
Muestreo inicial	4.0	3.1	0.14	11.5	169.7	2	0.3	3.3	1.2	6.8	33.82	66.18	48.53
T0	4.27	3.57	0.16	11.9	182.7	2.3	0.47	2.97	1.43	7.17	38.63	61.37	41.42
T1	4.45	4.0	0.18	13.0	192.18	3	0.57	2.77	1.1	7.44	47.98	52.02	37.23
T2	4.63	4.7	0.21	14.3	235.23	3.5	0.8	2.57	0.8	7.67	56.06	43.94	33.51
T3	4.78	4.93	0.22	16.2	281.0	3.9	1.13	2	0.47	7.5	67.07	32.93	26.67
T4	4.91	5.1	0.23	17.4	327.4	4.2	1.23	1.7	0.3	7.43	73.08	26.92	22.88

4.2.1. Análisis de pH

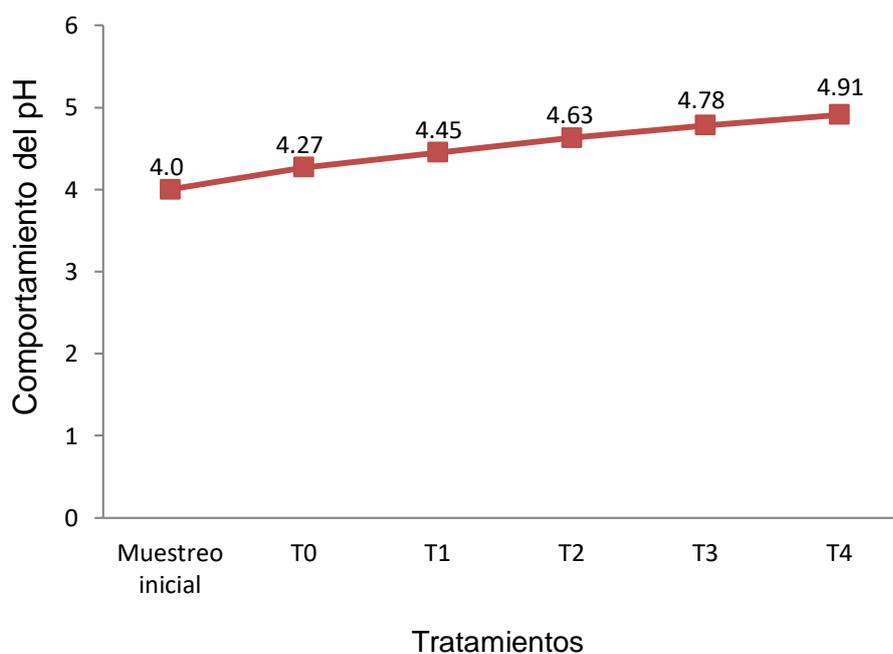


Figura 9. Comportamiento del pH del suelo.

El pH muestra una disminución en la acidez del suelo conforme se incrementa la concentración de dosis en los tratamientos, siendo la muestra inicial extremadamente ácido con un pH de 4, y en el tratamiento T4 se observa que el grado de acidez del suelo va disminuyendo con un pH de 4.91 existiendo una diferencia de acidez del suelo de 0.91 entre el muestreo inicial y el tratamiento T4, mostrando un efecto positivo de la dolomita en disminuir la acidez del suelo (Figura 9).

4.2.2. Análisis de materia orgánica

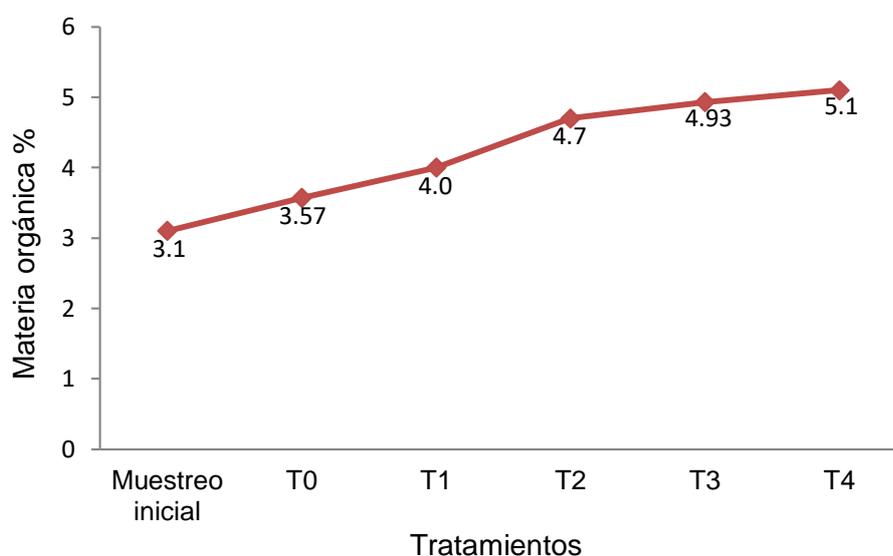


Figura 10. Comportamiento de la materia orgánica

El incremento de la materia orgánica se dio conforme se incrementaba las dosis de dolomita en los tratamientos, el muestreo inicial presentó una concentración de materia orgánica de 3.1% y conforme fue incrementándose la dosis de dolomita en los tratamientos, esta concentración fue incrementándose; pero aun así se observa que en el tratamiento T0 que no recibió ninguna dosis del tratamiento, tiene un incremento de 0.47% en

comparación al muestreo inicial, siendo evidencia esto, que la materia orgánica presente en los tratamientos era producto del proceso de descomposición de organismos vivos, así como también de la descomposición de las hojas de las plantas evaluadas y que conforme se incrementaba la dosis del dolomita, la calidad del suelo mejoraba y así se podía tener plantas en mejor estado que suministraban una mayor cantidad de hojas al suelo para su descomposición (Figura 10).

4.2.3. Análisis de fósforo

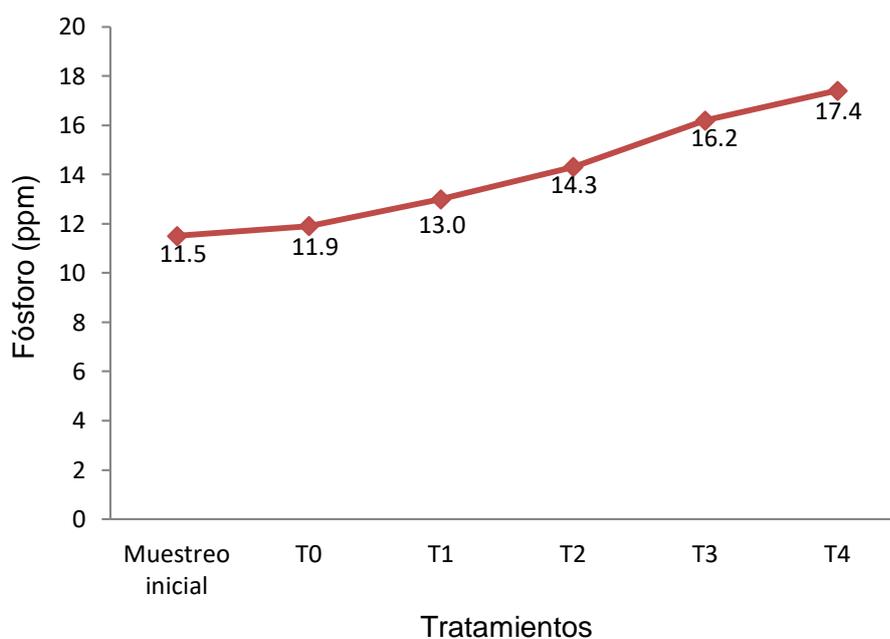


Figura 11. Comportamiento del fósforo

El incremento de fósforo se dio conforme se incrementaba las dosis de dolomita en los tratamientos, el muestreo inicial presentó una concentración de fósforo de 11.5 ppm y fue incrementándose cuando la dosis de dolomita fue aumentando en los tratamientos; el tratamiento T0 que no recibió ninguna dosis del tratamiento, tiene un incremento de 0.4 ppm en comparación al muestreo

inicial, esto debido a que el fósforo orgánico lo podemos encontrar en el humus o en la materia orgánica y la materia orgánica proviene de la descomposición de las hojas y tallos de las plantas evaluadas, que conforme se incrementaba la dosis del dolomita, la calidad del suelo mejoraba y así se puede tener plantas en mejor estado que suministraban una mayor cantidad de hojas al suelo para su descomposición (Figura 11).

4.2.4. Análisis de potasio

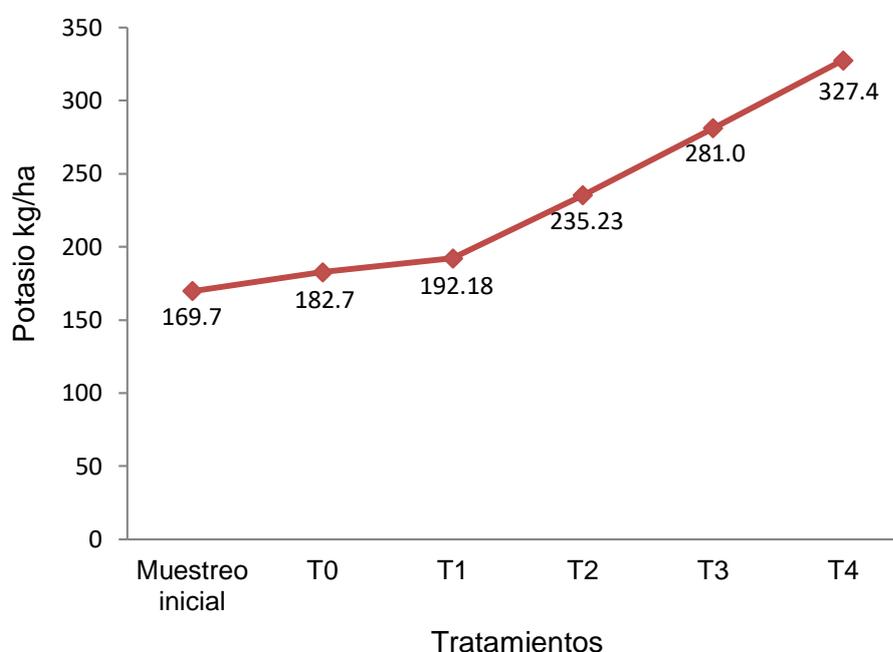


Figura 12. Comportamiento del potasio

Conforme la dosis de dolomita se fue incrementaba en los tratamientos, las concentraciones de potasio se incrementó de 167.7 kg/ha en el muestreo inicial a 182.7 kg/ha en el tratamiento T0; 192.18 kg/ha en el tratamiento T1; 235.23 kg/ha en el tratamiento T2; 281.0 kg/ha en el tratamiento T3 y 327.4 en el tratamiento T4, evidencia que existió un incremento significativo en la concentración de potasio en su forma K_2O .

Después de analizar el incremento de 13 K/ha entre el tratamiento T0, podemos afirmar que se dio en parte a la desintegración de rocas que contenían minerales potásicos, al aporte de materia orgánica que aportaban las plantas de *Schizolobium parahyba var. Amazonicum* "Pino Chuncho", en los demás tratamientos y a las diferentes dosis de dolomita en los distintos tratamientos (Figura 12).

4.2.5. Análisis de calcio y magnesio

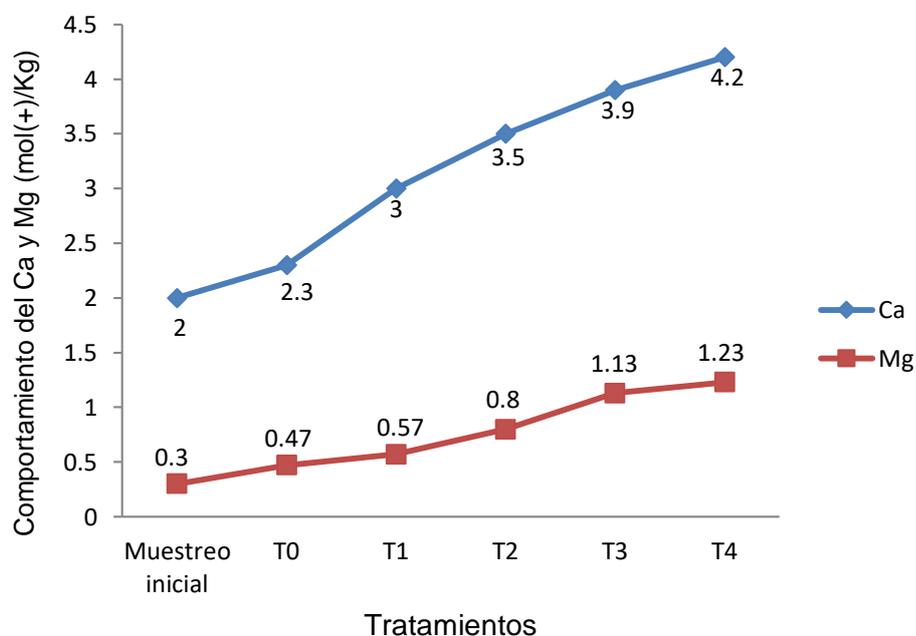


Figura 13. Comportamiento del Calcio y el Magnesio

La concentración de Ca en el en el muestreo inicial fue de 2 mol(+)/kg, esta concentración fue incrementándose en los demás tratamientos a medida que la dosis de dolomita aumentaba, en el tratamiento T4 la concentración de calcio llego hasta 4.2 mol(+)/kg. La concentración de Mg fue de 0.3 mol(+)/kg en el muestreo inicial y 1.23 mol(+)/kg en el tratamiento T4, existiendo una diferencia de concentración de 0.93 mol(+)/kg entre el muestreo

inicial y el tratamiento T4, estos resultados evidencian claramente que la dolomita tiene un efecto positivo en el incremento de elementos como el Ca y Mg, y se da forma directamente proporcional al incremento de la concentración (Figura 13).

4.2.6. Análisis de aluminio e hidrógeno

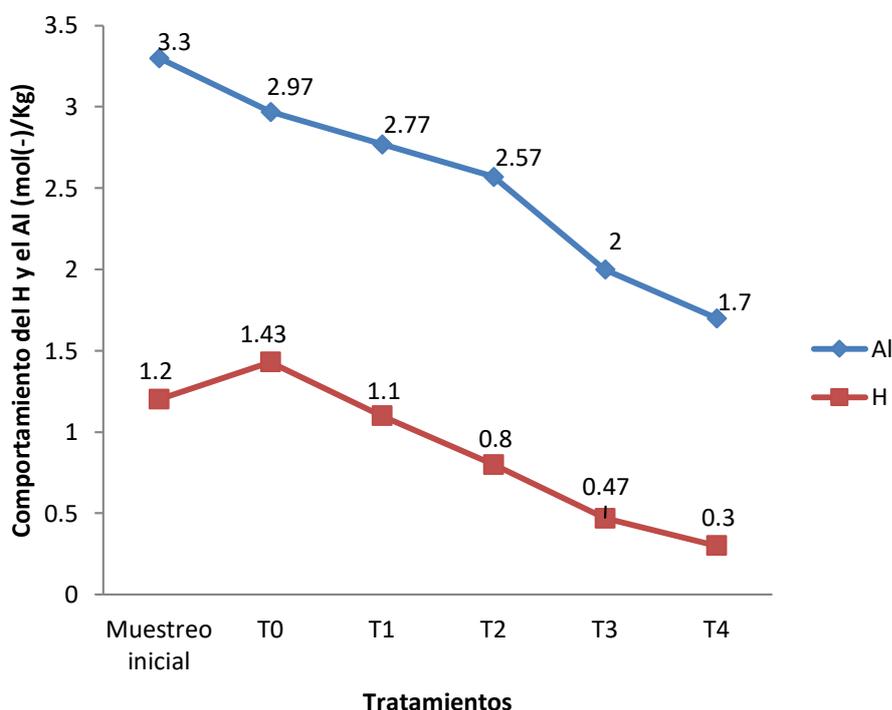


Figura 14. Comportamiento del H y el Al

El aluminio presenta una disminución en su concentración, de 3.3 mol(-)/kg en el muestreo inicial, hasta 1.7 mol(-)/kg en el tratamiento T4, perdiendo una concentración de 1.6 mol(-)/kg, este cambio se da conforme se incrementa las dosis de dolomita en los tratamientos; en el caso de la concentración del hidrógeno, fue similar, su concentración fue disminuyendo de 1.2 mol(-)/kg en el tratamiento inicial, hasta 0.3 mol(-)/kg en el tratamiento T4, perdiendo una concentración de 0.9 mol(-)/kg, esta disminución en la

concentración ocurre conforme se incrementa las dosis de dolomita en los tratamientos (Figura 14).

4.2.7. Análisis de bases cambiables y acidez cambiabile

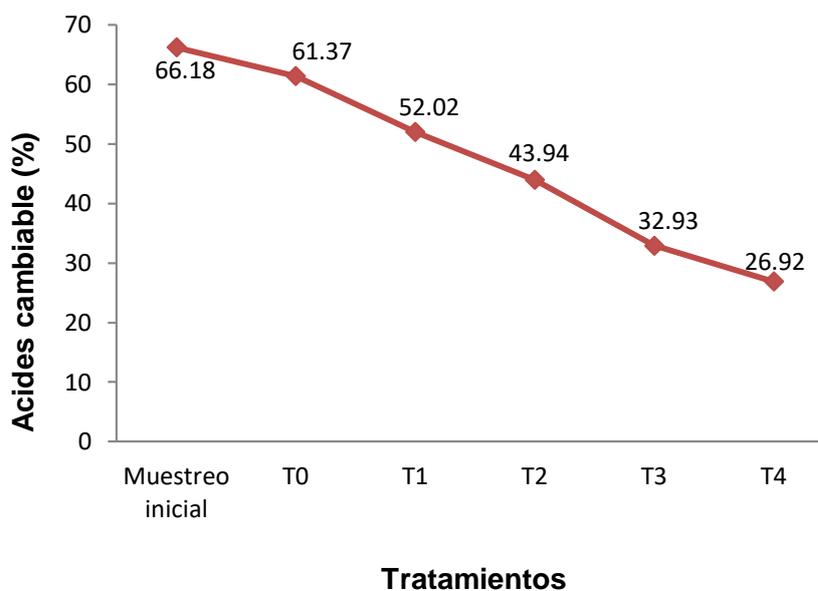


Figura 15. Comportamiento de la acides cambiabile del suelo

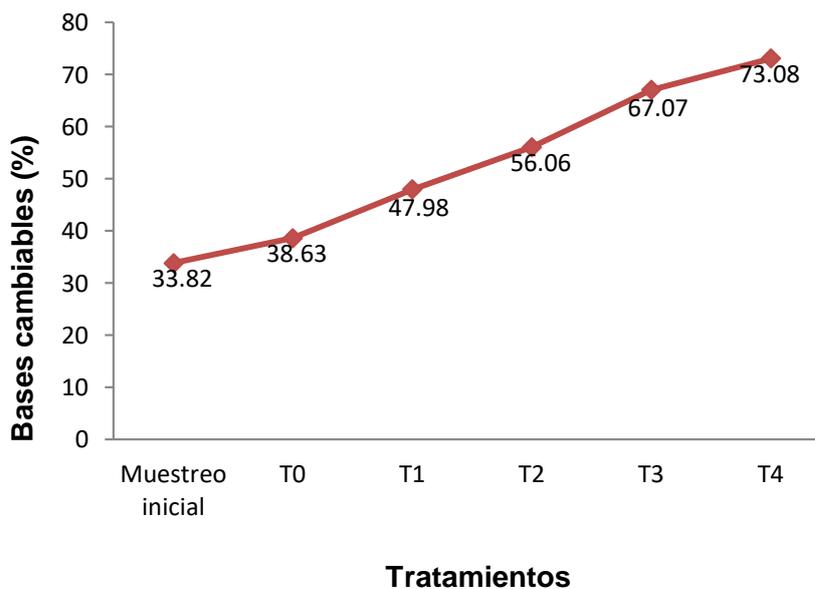


Figura 16. Comportamiento de las bases cambiabiles

Se puede evidenciar en la Figura 15 y 16 los cambios en las concentraciones de ácidos y de bases según los tratamientos; en la Figura 10, la concentración de ácidos cambiable disminuye de 66.18% en el muestreo inicial, hasta 26.92% en el tratamiento T4, con una diferencia 39.26% conforme se incrementa las dosis de dolomita en los tratamientos; en el caso de las bases cambiables sucede lo contrario, conforme se incrementa las dosis en los tratamientos, se incrementa la concentración de bases cambiables de 33.82% en el muestreo inicial hasta 73.08% en el tratamiento T4, mostrando un incremento de 39.26%, mostrando así un efecto positivo de la dolomita en el suelo.

4.2.8. Evaluación del crecimiento de *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* “Pino Chuncho”

4.2.8.1. Evaluación de altura de planta

Estadísticamente no existe diferencia entre bloques en el mes inicial antes de aplicar la dolomita, un mes después de aplicar las respectivas dosis en los tratamientos se observa que si hubo diferencia significativa entre bloques con un $\alpha = 0.05$; después de realizar el análisis entre tratamientos se puede afirmar que a partir del segundo mes de haber aplicado las dosis de los tratamientos existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos con un $\alpha = 0.05$, con un coeficiente de variación que se encuentra en rangos de resultados variables (Cuadro 23).

Cuadro 23. Análisis de varianza de altura de planta.

FV	GL	inicio	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6
		CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
Bloque	2	2651.52 NS	558.302 *	558.302 *	578.846 *	662.98 *	555.8 *	582.93 *
Tratamiento	4	7915.16 *	2776.76 **	2776.76 **	3524.2 **	4348.53**	5084.15 **	5419.52 **
Error	158	5044.51	218.958	218.958	223.57	226.18	227.34	231.86
Total	41994.7							

(NS) no se encontró diferencia significativa

(**) Significación estadística al 1% de probabilidad

(*) Significación estadística al 5% de probabilidad

Las alturas alcanzadas por las plantas de *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum*, al final de las evaluaciones, estuvieron representadas en tres grupos; el tratamiento T0 y T1 presentaron alturas entre 49.98 – 49.09 cm, el tratamiento T2 y T3 presentaron alturas entre 62.72 – 65.63 cm y el tratamiento T4 en promedio presento una altura de 77.39 cm, estos resultados de las alturas de las plantas, evidencian los buenos efectos del encalado con dolomitas, ya que permite una mayor ganancia en altura conforme se incrementa las dosis en los tratamientos (Cuadro 24).

Cuadro 24. Prueba de significación estadística Duncan de promedio en altura de planta

Tratamientos	Meses						
	inicio	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6
T4 (1.545t/ha)	42.20 a	47.10 a	54.96 a	60.96 a	68.39 a	73.21 a	77.39 a
T3(1.189t/ha)	43.32 a	45.20 ab	48.78 b	52.94 b	56.61 b	60.95 b	65.63 b
T2(0.713t/ha)	42.39 ab	45.08 ab	48.19 b	51.27 b	54.46 b	58.67 b	62.72 b
T1(0.356t/ha)	35.94 b	37.31 b	40.10 bc	42.81 bc	43.37 c	46.30 c	49.09 c
T0(Testigo)	33.34 b	35.7 b	37.62 c	38.78 c	40.20 c	43.05 c	47.98 c

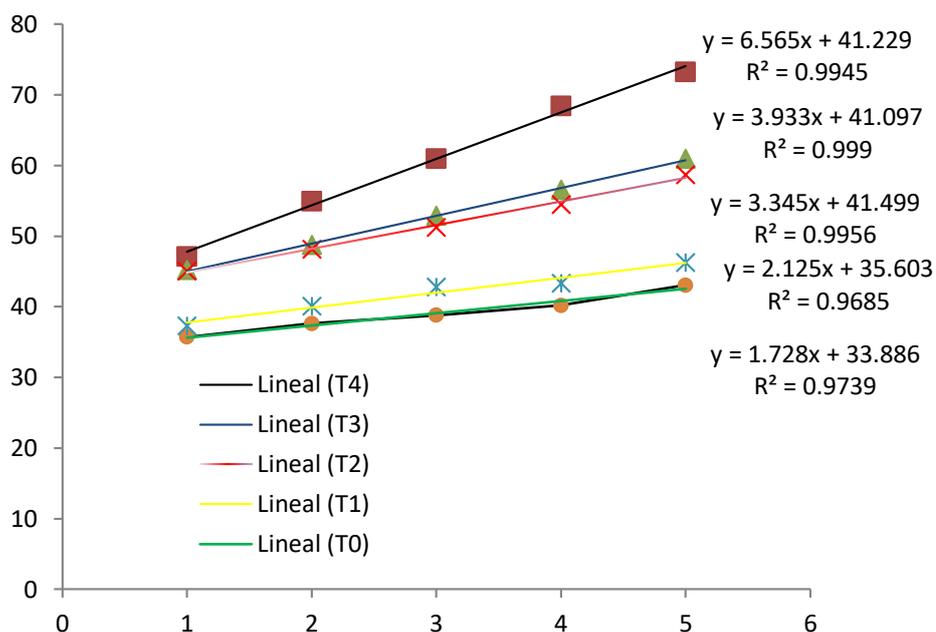


Figura 17. Variación de altura de planta, en relación a la dosis de dolomita

En la Figura 17, podemos observar el grafico de la ecuación lineal; las diferentes dosis aplicadas es ascendentes; es decir conforme se aumentó la dosis de dolomita, mayor es el incremento en altura planta, teniendo al T4 con una mayor pendiente y mejor resultado; el coeficiente de determinación es positivo ($R^2 = 0.993$), si comparamos con los demás tratamientos las ecuaciones lineales indican que las dosis de dolomita en T3, T2, T1 tuvieron menores efectos en altura de planta.

4.2.8.2. Evaluación de números de ramas

Estadísticamente si existe diferencia entre bloques desde el mes inicial antes de aplicar la dolomita, un mes después de aplicar las respectivas dosis en los tratamientos, la diferencia estadística continuaba entre bloques con un nivel de significación $\alpha = 0.05$; después de realizar el análisis entre

tratamientos, observamos que si existió diferencia estadística entre tratamientos con un nivel de significación mayor de $\alpha = 0.01$, con un coeficiente de variación que se encuentra en rangos de resultados variables (Cuadro 25).

Cuadro 25. Significación estadística del número de ramas

FV	GL	inicio	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6
		CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
Bloque	2	63.3 *	67.11 *	49.33 *	39.08 *	47.9 *	44.81 *	42.19 *
Tratamiento	4	241.11 **	268.81 **	282.89 **	227.31 **	238.27**	238.57 **	231.25 **
Error	158	15.18	17.08	17.56	17.58	15.54	15.28	15.09
Total	41994.7							

(**) Significación estadística al 1% de probabilidad

(*) Significación estadística al 5% de probabilidad

En la etapa inicial, antes de aplicar dosis alguna de dolomita, como se aprecia en el Cuadro 26, el tratamiento T1, presenta mayor promedio seguido del tratamiento T2; mientras que los tratamientos T0, T1 y T2 son iguales estadísticamente, de la misma forma ocurre en los tratamientos T3 y T4. Después de aplicar las diferentes dosis de dolomita en los diferentes tratamientos, el tratamiento T4 es el que presentó mayor diferencia estadística y mayor promedio frente a los demás tratamientos; el tratamiento testigo es el que presentó menor valor en promedio en comparación con el tratamiento T4, siendo el tratamiento que recibió la mayor dosis de dolomita con 1.545 t/ha, esto demuestra que el encalado ayuda en la disponibilidad de nutrientes que son esenciales como el calcio y el magnesio que desempeñan funciones en el desarrollo de las plantas, lo que se puede evidenciar en el rápido crecimiento, mejores condiciones fenotípicas y un estado fenológico normal.

Cuadro 26. Prueba de significación de números de ramas

Tratamientos	Meses						
	inicio	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6
T4 (1.545t/ha)	8.30	b 15.94 a	16.67 a	16.78 a	17.48 a	17.55 a	18.2 a
T3(1.189t/ha)	9.39	b 12.48 ab	13.55 ab	13.80 ab	14.45 ab	14.73 ab	15.1 ab
T2(0.713t/ha)	11.94	a 12.45 b	12.76 b	12.97 b	14.6 b	14.6 b	17.82 b
T1(0.356t/ha)	12.30	a 10.52 b	11.18 b	11.97 b	12.30 b	12.30 b	12.36 bc
T0(Testigo)	11.72	a 8.48 b	9.06 b	9.52 b	10.33 b	10.33 b	10.55 c

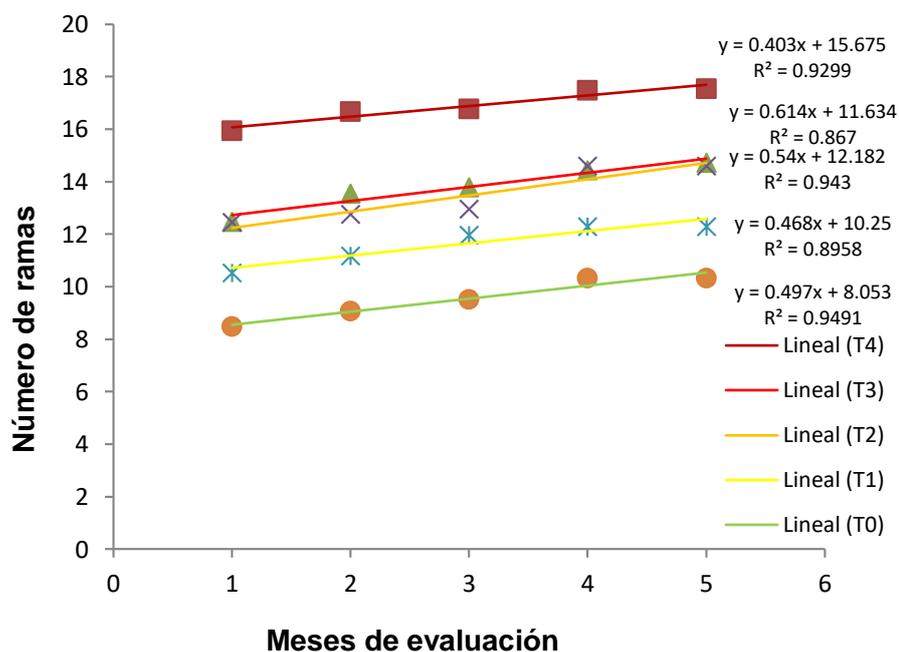


Figura 18. Variación del número de ramas según la dosis de dolomita

En las regresiones lineales mostradas en la Figura 18, se evidencia claramente el comportamiento de los tratamientos con sus diferentes dosis de dolomita; las plantas de *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* “Pino

Chuncho” que crecieron en el tratamiento T0, presentaron menor cantidad de ramas en comparación a las plantas de la misma especie que crecieron en los demás tratamientos, la ecuación lineal de este tratamiento presenta una pendiente menor, lo que indica que con el paso de los meses, el incremento de las ramas era muy bajo, demostrando la deficiencia del suelo y evidenciando el problema de la planta para tener un desarrollo adecuado; conforme se va incrementando las dosis de dolomita en los demás tratamientos, se empieza a ver que el número de ramas por planta se incrementa de forma proporcional; el tratamiento T4, presentó una pendiente mucho mayor y un coeficiente de determinación ($R^2 = 0.583$), siendo esta dosis la que presentó mejores efectos en el suelo.

V. DISCUSIÓN

5.1. Análisis físico del suelo

5.1.1. Análisis de textura del suelo

Las clases texturales se basan en las diferentes combinaciones de arena, limo y arcilla, por consiguiente, estas combinaciones son casi infinitas (ZAVALETA, 1992); en los resultados obtenidos en el Cuadro 15, en promedio se obtuvo 39.5 % de arena, 37.7% de limo y 22.8 % de arcilla y cuando se comparó estos resultados con el triángulo textural (USDA, 1999), determinamos que se encuentra dentro del rango textural de suelo franco, que le da una condición de un rango intermedio y con condiciones favorables para el desarrollo de plantas por las condiciones físicas que presenta. Es muy importante estas combinaciones para poder determinar el grupo textural y clase textural (Cuadro 1) y considerando lo mencionado por (SERRADA, 2008), que la abundancia de limo favorece a la presencia de microporos a través de los cuales el agua no drena al quedar retenido por fuerzas de capilaridad. La riqueza en arcilla, sobre todo si el suelo es pobre en materia orgánica, favorece la compactación debido al carácter aglomerante de los materiales arcillosos, y tanto más si el suelo tiene una alta pedregosidad.

5.1.2. Evaluación de la densidad aparente y porosidad total

En los resultados obtenidos en la Figura 5, la densidad aparente se incrementa de 1.41 g/cm³ en el tratamiento T0 hasta 1.5 g/cm³ en el tratamiento T4, quedando este rango entre la densidad aparente ideal de 1.40 g/cm³ y la densidad aparente de 1.63 g/cm³ que afecta el crecimiento radicular de la planta (USDA, 1999); en la Figura 6 el porcentaje de porosidad disminuyó de 46.79 % a 43.5 %, quedando en el rango de suelo franco arenoso y suelo franco (BAZAN et al., 2000), evidenciando tal efecto podríamos afirmar lo mencionado por el mismo autor, que el suelo es una mezcla de partículas minerales, material orgánico, aire y agua; a diferencia de la textura y estructura que se refieren a la parte sólida, la densidad aparente es propiedad física que se relaciona con la porosidad, compactación, aireación y distribución de los poros, y es afectada por la estructura del suelo, el contenido de materia orgánica entre otros.

5.1.2.1. Estabilidad de agregados del suelo

Los agregados tamizados en seco, según la Figura 7, la mayor cantidad se encuentran en un rango de 2 a 4.75 mm de diámetro, y siendo más abundantes en los tratamientos T3 y T4; en la figura 4, la mayor cantidad de agregados estables al agua se encuentran en un rango de 2 a 4.75 mm de diámetro, este incremento de la cantidad de agregados estables al agua de 0.25, 0.5 y 1.18 mm de diámetro en comparación con los agregados tamizados en seco, evidencian que un número de agregados tamizados en seco han erosionado. Si bien no parece haber una relación universal entre erosión y la

distribución de tamaño de agregados, el valor de cambio en el diámetro medio ponderado o CDMP (uno de los índices más usados en la distribución de tamaños), muestra buena correlación con la resistencia de suelos a la erosión (TEXEIRA y MISRA, 1997), además Altos valores de CDMP siempre se relaciona con mayor erosión. Los suelos con agregados grandes y estables pueden tener mayor resistencia a la erosión, debido a que no se rompen fácilmente ante el impacto de la gota de lluvia (TEXEIRA y MISRA, 1997), además, son los indicadores de fertilidad física más sensibles a los que aportan mayor información relevante son el porcentaje de agregados estables al tratamiento con agua y etanol, concluyendo así que los suelos con inestabilidad estructural de agregados fueron suelos muy compactados (FERRERAS et al., 2007).

5.2. Análisis químico del suelo

El nivel de pH donde se realizó las actividades, al inicio el suelo presentaba un pH que se encontraba en un rango de 4 a 4.5, siendo esta escala correspondiente a un suelo extremadamente ácido y después de haber realizado los tratamientos, el suelo presentó un pH de 4.91, correspondiendo a un suelo fuertemente ácido según la tabla de niveles de pH del suelo de la (FAO, 2004), este resultado no es el óptimo, pero muestra los efectos positivos del tratamiento con dolomita, ya que los suelos que su rango de pH se encuentra por debajo o por encima de 6.5 a 7.5 tienen problemas de toxicidad, pero si se tiene en consideración que los suelos que se encuentran en la gama de pH 5.8 a 7.5 tienen más probabilidades de dar problemas que aquellos que tienen valores altos o bajos. Los que presentan pH menores o igual que 5.0,

indican que tienen deficiencia en elementos como: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ o también pueden tener elementos que pueden estar volviendo tóxico al suelo como: Zn^{2+} , Al^{3+} , Ni^{2+} , etc. (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987). El porcentaje de materia orgánica al inicio estaba en un rango de 3.1 a 3.57 %, situándolo en un rango medio y después de realizar los tratamientos, el tratamiento T4 presentó un nivel de materia orgánica de 5.1%, situándolo en un nivel de materia orgánica alta según el cuadro de SOIL y SURVEY STAFF (1993), mostrando así que conforme el pH del suelo se incrementaba de 4 a 4.91, el nivel de materia orgánica también se incrementaba, así como también elementos como el potasio, fósforo, calcio y magnesio y los niveles de elementos como Aluminio e Hidrógeno disminuían, haciendo esto que el suelo presente una acidez cambiante que disminuye constantemente y que las bases cambiables se incrementan conforme se incrementa la dosis de dolomita en los tratamientos. Por la función que tiene la dolomita de brindar sales básicas para neutralizar la acidez del suelo, funciona como material encalante, coincidiendo con lo mencionado por TISDALE *et al.* (1993), que el encalado consiste en la aplicación masiva de sales básicas con el objeto de neutralizar la acidez del suelo causada por hidrógeno y aluminio. Los productos que se utilizan como alcalinizantes o correctivos de la acidez del suelo son principalmente carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio y/o magnesio. Debido a su diferente naturaleza química, estos materiales presentan una capacidad de neutralización variable. Considerando la fórmula de la dolomita como 3CaCO_3 , se puede afirmar, coincidiendo con lo mencionado por ESPINOZA (1995), que la acción neutralizante de los materiales de encalado no se debe en forma

directa al calcio y el magnesio, sino más bien a las bases químicas a la cual están ligados estos cationes: CO_3^{-2} , OH^- , y SiO_3^{-2} . Los cationes reemplazan a los iones ácidos de las posiciones intercambiables y los ponen en solución al entrar en contacto la cal con el agua del suelo.

5.3. Evaluación de *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* “Pino Chuncho”

Los rangos de altitud de *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum*, reportados por SOTELO (1992), indica que para américa latina el rango de altitud se encuentra hasta los 2000 msnm, y que es una especie que puede adaptarse a diferentes condiciones fisiográficas, coincidiendo con el área de estudio que presenta una altitud promedio de 942 msnm; asimismo JUSTINIANO *et al.*(2001), sostiene que es una especie estrictamente heliófita, de crecimiento acelerado y muy común en bosques secundarios establecidos en áreas que han sufrido grandes disturbios, como los producidos por los incendios y la agricultura migratoria, estas son características que presentó el área donde se realizó el estudio, las plantas presentaron un crecimiento rápido y están establecidos en una área que ha sido bastante perturbado por la agricultura migratoria; el clima que reporta (HECHAVARRÍA *et al.*, 2000), es común para esta especie oscila entre 1200 a 2500 mm de lluvia al año, en la zona donde se encuentra instalada la plantación, reporta precipitaciones con un rango entre 2500 – 3500 mm de lluvia al año, lo que demuestra que tiene tolerancia a un rango mayor a lo citado por el autor.

Esta especie Prefiere suelos fértiles, profundos y húmedos, ácidos a neutros, con buen drenaje y textura media a pesada (OFI – CATIE, 2003),

son estas las características que presentaron los suelos de la plantación estudiada, asimismo los suelos del área evaluada presentaron un pH de 4 correspondiendo a un suelo extremadamente ácido (FAO, 2004), esto concuerda con lo descrito por PALOMINO y BARRA, C. (2003), que esta especie prefiere suelos de extremada a ligeramente ácidos (pH 4 – 6.5) con una Tolerancia a suelos especiales suelos degradados, pobres en nutrientes; la zona de estudio presenta todas las condiciones favorables para el desarrollo de esta especie, convirtiéndose así en una buena alternativa para los agricultores de la zona, debido a que es una especie apropiado para sistemas agroforestales debido a su rápido crecimiento y buena forma (SALDÍAS *et al.*, 1994), también es considerada una especie fijadora de nitrógeno, por lo que es utilizada para la recuperación de suelos empobrecidos (INIA, 1996), tiene también un enorme potencial para la industria melífera, carpintería, ebanistería, además de ser una especie ornamental por el hermoso color amarillo de sus flores que esta presenta (ACP, 2008).

VI. CONCLUSIONES

1. El suelo después de ser tratado con dolomita presentó textura de suelo franco, con 39.5 % de arena, 37.7% de limo y 22.8 % de arcilla en promedio; densidad aparente de 1.5 g/cm³ y 43.5 % de porosidad; mayor cantidad de porcentaje de agregados tamizado con diámetros entre 2 a 4.75 mm, esta tendencia disminuyó pero se mantuvo en los agregados estables al agua, siendo el tratamiento T4 el que mejor efecto obtuvo.
2. El suelo al finalizar los tratamientos con dolomita obtuvo un pH de 4.91, 5.1% de materia orgánica, 17.4 ppm de fósforo, de potasio 327.4 kg/ha, 4.2 mol(+)/kg de calcio y 1.23 mol(+)/kg de magnesio, 1.7 mol(-)/kg de Al y 0.3 mol(-)/kg de H, la acidez cambiante disminuyó hasta 26.92% y las bases cambiantes aumento hasta 73.08%, mostrando los mejores resultados el tratamiento T4.
3. 77.39 cm fue la mayor altura de crecimiento que alcanzó *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* "Pino Chuncho" en el mes 6 y corresponde al tratamiento T4, 18 fue el mayor número de ramas obtenidas en el mes 6 y en el tratamiento T4.

VII. RECOMENDACIONES

1. Continuar los estudios de encalado de suelos en el área evaluada, considerando dosis mayores de dolomita a lo empleado en este estudio, para determinar la dosis óptima de dolomita, con la que se tenga el mejor crecimiento de las plantas.
2. Realizar trabajos de investigación con dolomita y evaluar el destino final de algunos elementos considerado como tóxicos para las plantas.
3. Ampliar el tiempo de evaluación del efecto de la dolomita sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.
4. Evaluar la rentabilidad de esta plantación, con usos aceptados para el mercado nacional e internacional, para tener una buena alternativa de sostenibilidad para los agricultores de esta zona.

VIII. ABSTRACT

The Las Vegas sector is found within the Daniel Alomía Robles district, which has an approximate area of 726.9 km², and is one of the places that the Federico Basadre highway cuts through; leaving evidence of deforestation and degraded soil, which are extremely acidic, and with the presence of elements that are toxic to the plants. These are problems that need to be corrected in order to restore the ecosystems that have been altered, the motive for which this research work was done, which had the purpose of: evaluating the effect of four doses of dolomite on the physical and chemical properties of the soil on a four month old *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* “Brazilian Fern Tree” plantation, on the Antonio Raimondi homestead – Las Vegas. The field work was done from March 21st to September 21st, 2014, evaluating (1) the improvement of the physical properties of the soil that are found within the range and textural class of frank soil, an apparent density of 1.5 g/cm³, 23.8% porosity, the greatest quantity of sifted dry aggregates being from 2 to 4.75 mm in diameter, maintaining this tendency in the aggregates stable in water (2) the chemical properties of the soil also show improvements in the end, with a pH of 4.91, 5.1% organic matter, 17.4 ppm of phosphorous, 327.4 kg/ac of potassium, 4.2 of Ca, 1.23 Mg, 26.92% of variable acidity and 73.08% variable bases (3) *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum*, presented an increase in height of 77.39 and 18

being the greatest number of branches; in all of the evaluations, the greatest dose of dolomite presented the best results.

Keywords: Brazilian Fern Tree, Soil recuperation, Las Vegas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, M., CONDORI, R. 2003. Propiedades físico mecánicas de 5 especies maderables provenientes de bosques secundarios de Tarapoto – San Martín. INCAGRO– UNALM – CEDISA. Lima, Perú.
- ACP, 2008. Manual de Reforestación: Especies Maderables No Tradicionales. [En línea]: Autoridad del Canal de Panamá Departamento de Ambiente, Agua y Energía División de Ambiente – ACP, (<http://www.micanaldepanama.com/wp-content/uploads/2012/06/manual-de-reforestacion-vol3.pdf>, Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá Volumen 3., Sep. 2008).
- ARAUJO, MA., TORMENA, C.A., INOUE, T.T., COSTA, A.C.S. 2004. Efeitos escarificacao na qualidade física de um latossolo Vermelho distroferrico apos treze anos de sementeira direta. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, 28: 459 – 504, 2004b.
- AREVALO, L., SANCO, M. 2002. Manual de laboratorio para análisis físico y químico del suelo. S.I. ICRF – CHEMONICS. 48p.
- BATES, R. 1983. Determination of pH, Wiley, New York.
- BAZAN, R., ROMERO, C., VALENCIA, M., NAZARIO, J. GARCIA, S., 2000. Guía de prácticas de Edafología. Departamento de suelos. Universidad Nacional Agraria La Molina. 49 p.

- BORNEMISZA, E. 1982. Introducción a la química de suelos, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, secretaria general de la organización de los Estados Unidos Americanos. Programa regional de desarrollo científico y tecnológico. Monografía N° 25, 21 – 47 Pp.
- BRAY, R Y KURTZ, L. 1945. Determination of total, organic and available form of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59:360-361.
- BREMNER, J. 1965. Nitrogen availability indexes. *Methods of soil analysis.* 9:1324-1345. Am. Soc. of Agron Madison, Wis.
- CEPEDA, D. 1991. Química de Suelos. Segunda edición. Trillas S.A., México. 167p.
- DE AGUILAR, M. 2008. Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais. Universidade Federal de Viscosa. Minas Gerais – Brasil.
- DORAN, JW. y ZEISS, MR. 2000. Soil quality response to long – term nutrient and crop management on a semi – aride inceptisol. *Appl. Soil Ecol.* 15: 3 – 11.
- MOLINA, E. 1999. Acidez y encalado de suelos. International Plant Nutrition Institute. CATIE, San José – Costa Rica.
- ESPINOSA, J. 1995. Acidez y encalado de los suelos. *Informaciones Agronómicas.* Inpofos 20:6-14.
- FASSBENDER, H. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. IICA, San José, Costa Rica. 40p.
- FASSBENDER, H., BORNEMIZA, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. IICA, San José, Costa Rica. 40p.

- FAO. 2004. Boletín de tierras y aguas. Manejo y conservación de suelos. España. 200p.
- FERRERAS, L., MAGRA, G., BESSON, P., KOVALEVSKI, E., GARCIA, F. 2007. Indicadores de calidad física en suelos de la región pampeana norte de Argentina bajo siembra directa. *Ci. Suelo (Argentina)* 25(2): 159 – 172.
- FILGUEIRA, R., SORACCO, C.G., SARLI, G.O. FOURNIER, LL. 2006. Estimación de propiedades hidráulicas de suelos por mediciones a campo y el modelo de flujo estacionario y transitorio. *Ci. Suelo (Argentina)*. 24:0-0.
- GONZALES, C. 2006. Efecto de dos métodos de cepillado en la resistencia al cizallamiento de la línea de cola de dos especies de bosques secundarios. Universidad nacional agraria la molina, Facultad de Ciencias Forestales. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Lima – Perú. 107 P.
- GUERRERO, J. 2000. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. 2 ed. Aedos. S.A., España.
- HECHAVARRÍA, O., RODRIGUES, N. MORALES, N. VERA, B. CORRALES, V. FUENTES & A. PÉREZ. 2000. Calendario fenológico de 51 especies forestales de Cuba. *Revista Forestal Centroamericana* N° 30.
- HOLDRIDGE, R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. 3 ed. San José de Costa Rica, Servicio editorial IICA. 216p.

- INIA, 1996. Manual de identificación de especies forestales de la subregión andina. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA)-OIMT. Primera Edición. Lima, Perú. pp 365-366.
- JOAQUÍN, J., PARIONA, W., FREDERICKSEN, T., NASH, G. 2001. Ecología de y silvicultura de especies menos conocidas Serebó o Sombrerillo *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, proyecto de manejo forestal sostenible bolfor, Santa Cruz, Bolivia, editora El Pais, 37Pag. [En línea]: (http://rmportal.net/Flibrary//A/1/a/ecologia-de-especies-menos-conocidas-serebo.pdf/attachment_download/Ffile).
- LETEY J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in soil Science*. 294p.
- LORENZI, H. 1992. *Arvores brasileiros*. Editorial Plantarum Ltda. Sao Paulo, Brasil. Pp. 163.
- MARTÍNEZ y RAMOS, M. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. En: Gómez-Pompa, A. y S. del Almo (Eds.). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas de Veracruz, México*. Ed. Alhambra, México. 191- 239 pp.
- MILLAR, C., TURK, L., FOTH, H. 1971. *Fundamentos de las ciencias del suelo*. 562 p.
- NAVARRO G., NAVARRO B. 2003. *Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. 2da Edición. Ediciones Mundi – prensa. España. 486 pág.

- OFI-CATIE, 2003. Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. [En línea]: oxford forestry institute/centro agronómico tropical de investigación y enseñanza – OFI – CATIE, (http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/schizolobium_parahyba.pdf, Costa Rica., Pág. 869-872).
- PALOMINO, y., BARRA, C. 2003. Especies forestales nativas con potencial para reforestación en la provincia de Oxapampa y fichas técnicas de las especies de mayor prioridad. Programa selva central Oxapampa, Oxapampa-Perú. 104 P.
- RAUDES, M., SAGASTUME, N. 2009. Manual de Conservación de Suelos. [En línea]: Manual de Conservación de Suelos. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, (<http://www.se.gob.hn/UnidadMedia2/Manuales/Modulo3.pdf>, Honduras. 75 p.).
- REYNEL, C., PENNINGTON, R., PENNINGTON, T., FLORES, C., DAZA, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonía Peruana. 50 Pág. [En línea]: (http://www.greentrack-travel.com/uploads/9/2/9/7/9297216/arboles_peruana.pdf)
- SALINAS-GARCIA, JR; FM HONS y MATOCHA. 1997. Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 152-159.

- SERRADA, R. 2008. Apuntes de selvicultura; Influencia de los factores ecológicos en la vegetación. Servicio de Publicaciones. EUIT Forestal. Madrid, España. pp 94 – 96.
- SOIL y SURVEY STAF. 1993. Soil survey manual. United States Department of agriculture. Hnbk no. 18 U.S. Gov. Printing office, Washington, DC.
- SOTELO, A. 1992. Posibilidades de pino chuncho (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) en la industria de cajonería. Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Post-Grado. Tesis de Maestría en Ciencias. Lima, Perú.
- TEIXEIRA, P., MISRA, R., 1997. Erosion and sediment characteristics of cultivated forest soil as affected by mechanical stability of aggregates. *Catena* 30, 119 – 134.
- TISDALE, S., NELSON, W., BEATON, J., HAVLIN, J. 1993. Soil fertility and Fertilizers. 5ed. Columbus USA, Mac Millan Publishing.
- USDA. 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. 88p.
- WILLARD, H., MERRIT, L., DEAN, A. 1974. Instrumental methods of analysis. 5th edition Van Nostrand.
- WOODING, G. 1967. Los suelos, su origen, constitución y clasificación. Ediciones Omega S.A. Barcelona, McGraw – Hill interamericana quinta Edición 2005 impreso en México. 731 – 739 p.
- ZAVALETA, G. 1992. Edafología. El suelo en relación con la producción. Consejo Nacional de Concentración y Tecnología. Lima, Perú.

ANEXOS

Anexo 1. Limpieza del área de evaluación



Anexo 2. Evaluación de la evolución de la plantación



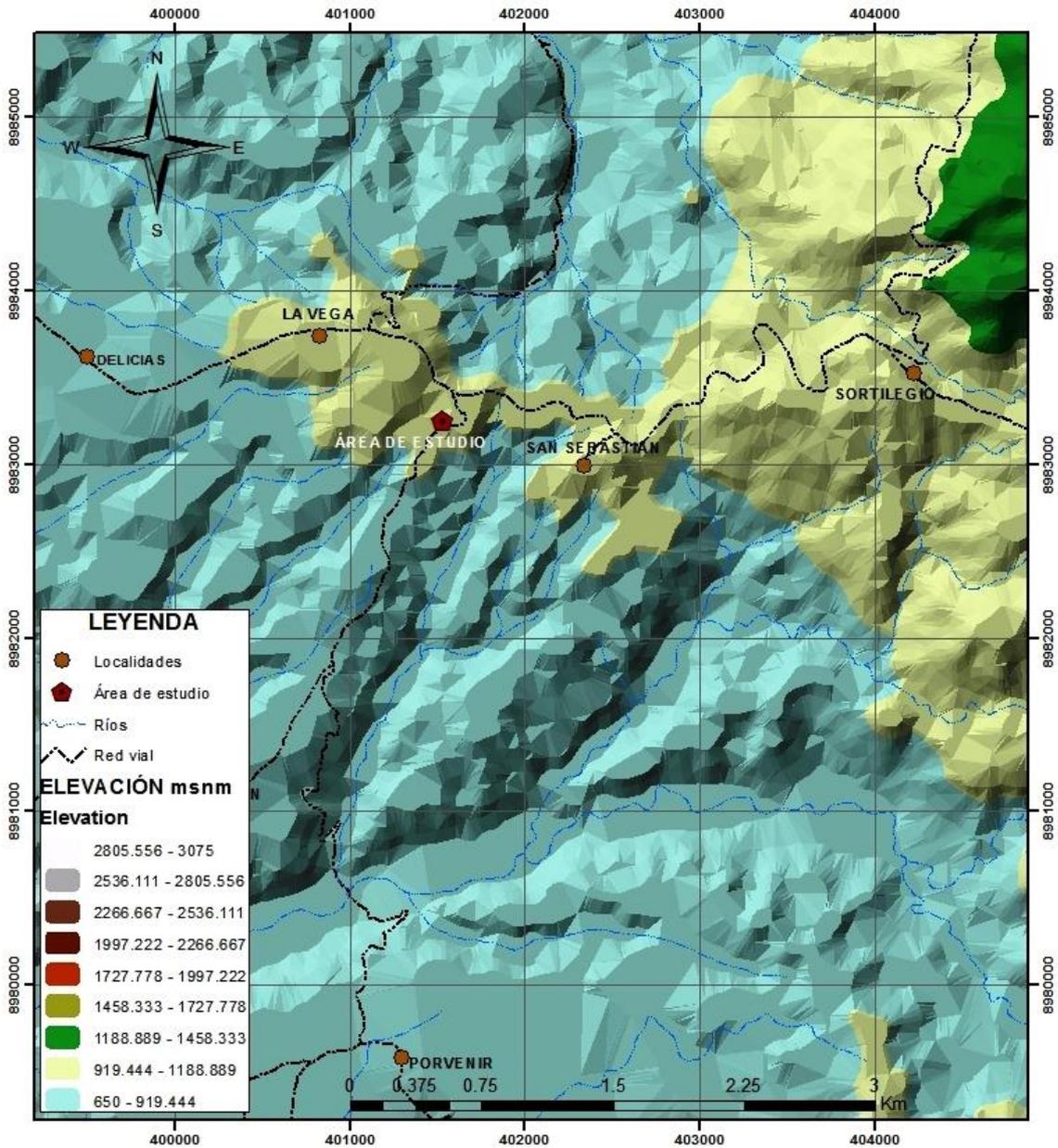
Anexo 3. Medición de la altura de las plantas



Anexo 4. Evaluación del número de ramas por planta



Anexo 5. Mapa de ubicación del área de estudio

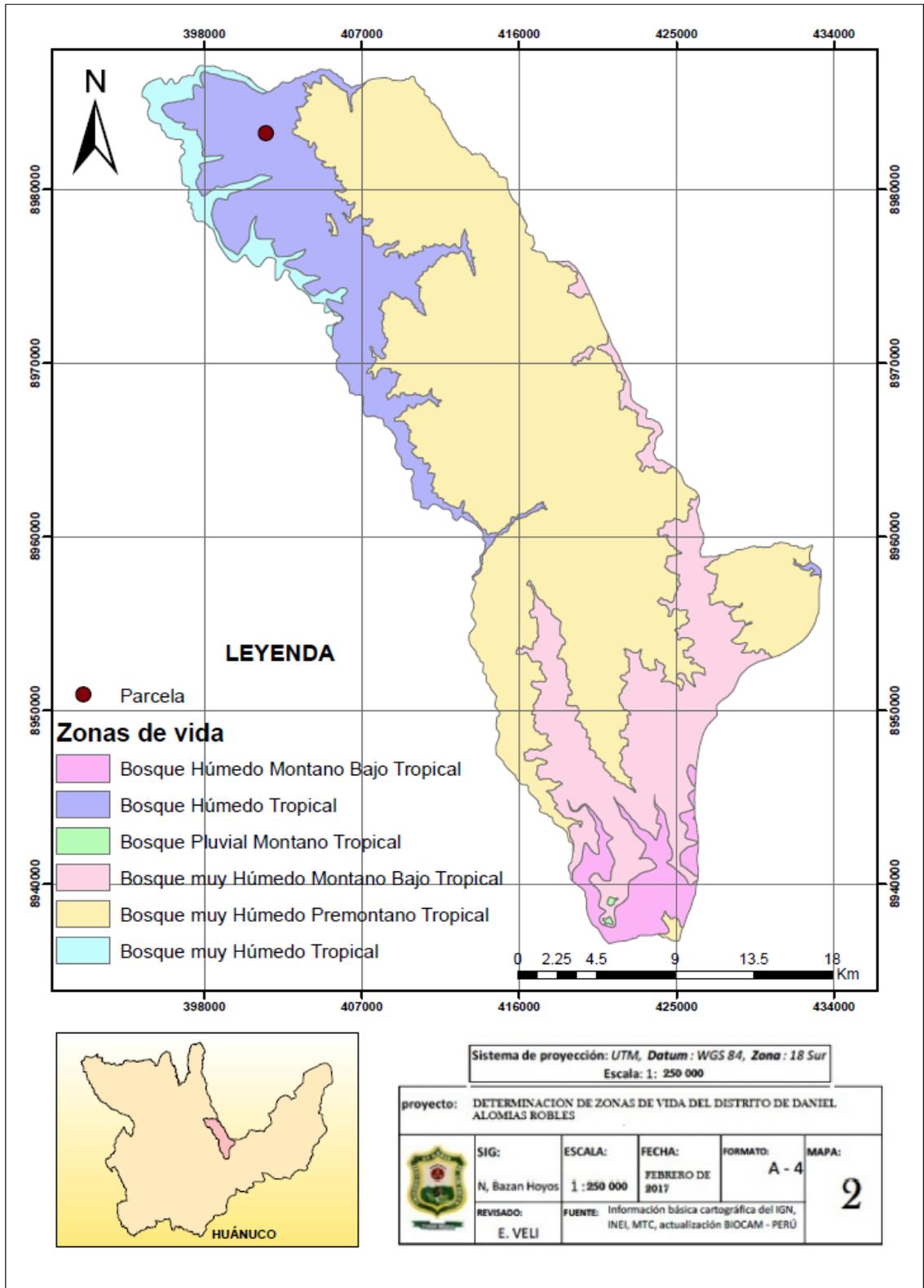


Sistema de proyección: UTM, Datum : WGS 84, Zona : 18 Sur
Escala: 1:30 000

proyecto: " EFECTO DE LA DOLOMITA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN PLANTACIONES FORESTALES DE PINO CHUNCHO (*Schizolobium an azoricum*) BAJO CONDICIONES DE ACIDEZ, EN ANTONIO RAIMONDI – LA VEGA – PUMAHUASI "

	SIG:	ESCALA:	FECHA:	FORMATO	MAPA:
	N, Bazan Hoyos	1 : 30 000	Enero de 2015	A - 4	1
REVISADO:	FUENTE: Información básica cartográfica del IGN, INEI, MTC, actualización BIOCAM - PERÚ				
E. VELI					

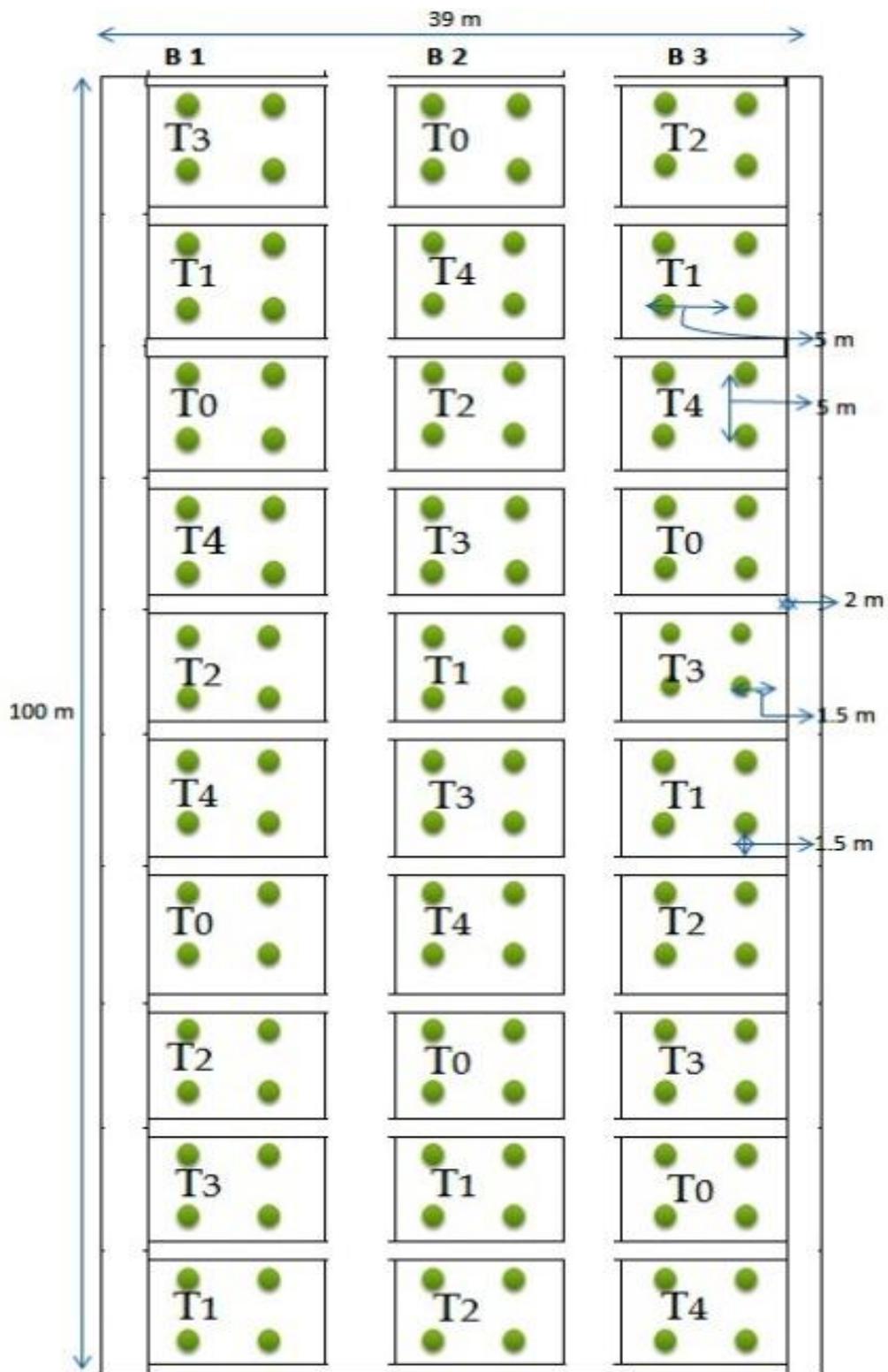
Anexo 6. Zonas de vida del distrito de Daniel Alomía Robles



Anexo 7. Análisis físico y químico de suelos del sector las Vegas

Número de Muestras	pH	M.O	N	p	K ₂ O	Cambiables C mol(+)/kg				CICe	%	%	%
	1:1	%	%	ppm	kg/ha	Ca	Mg	Al	H		Bas. Camb.	Ac. Camb.	sat. Al
Muestreo inicial	4.0	3.1	0.14	11.5	169.7	2	0.3	3.3	1.2	6.8	33.82	66.18	48.53
T0	4.27	3.57	0.16	11.9	182.7	2.3	0.47	2.97	1.43	7.17	38.63	61.37	41.42
T1	4.45	4.0	0.18	13.0	192.18	3	0.57	2.77	1.1	7.44	47.98	52.02	37.23
T2	4.63	4.7	0.21	14.3	235.23	3.5	0.8	2.57	0.8	7.67	56.06	43.94	33.51
T3	4.78	4.93	0.22	16.2	281.0	3.9	1.13	2	0.47	7.5	67.07	32.93	26.67
T4	4.91	5.1	0.23	17.4	327.4	4.2	1.23	1.7	0.3	7.43	73.08	26.92	22.88

Anexo 8. Tratamientos



Anexo 9. Simbología

cm = centímetro

cm³ = Centímetro cúbico

dm³ = Decímetro cúbico

g = Gramo

kg = Kilogramo

mm = milímetro

msnm = metros sobre el nivel del mar

UNAS = Universidad Nacional Agraria de la Selva

t/ha = Toneladas por hectárea

CDMP = Cambio en el diámetro medio ponderado