

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



EFFECTO DEL SILICATO DE CALCIO ESPECIAL ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$), EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DEL PINO CHUNCHO (*Schizolobium amazonicum* - Huber ex Ducke) EN SUELOS DEGRADADOS DE TINGO MARÍA

Tesis

Para Optar el Título:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCION CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**

PRESENTADO POR:

RAUL ORLANDO VILLACORTA BARDALES

Tingo María - Perú

2015



T
CSA

Villacorta Bardales, Raúl Orlando

Efecto del silicato de calcio especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$), en la germinación y crecimiento del pino chuicho (*Schizolobium amazonicum* - Huber ex Ducke) en suelos degradados de Tingo María

48 páginas; 12 cuadros; 10 fgrs.; 09 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Recursos Naturales Renovables Mención: Conservación de Suelos y Agua) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

1. **SCHIZOLOBIUM AMAZONICUM**
2. **SUELOS DEGRADADOS**
3. **SILICATO DE CALCIO ESPECIAL**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 27 de octubre del 2015, a horas 11:00 a.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“EFECTO DEL SILICATO DE CALCIO ($\text{Ca}(\text{OH})_5 \text{SiO}_2$), ESPECIAL EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DEL PINO CHUNCHO (*Schizolobium amazonicum*) EN SUELOS DEGRADADOS DE TINGO MARÍA”

Presentado por el Bachiller: **RAUL ORLANDO VILLACORTA BARDALES**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**

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

Tingo María, 05 de noviembre del 2015.

Ing. M.Sc. **JOSÉ LÉVANO CRISÓSTOMO**
PRESIDENTE



Ing. Mg. **ROBERTO OBREGÓN PEÑA**
VOCAL

Ing. **RAUL ARAUJO TORRES**
VOCAL

Ing. M.Sc. **LUCIO MANRIQUE DE LARA SUÁREZ**
ASESOR

DEDICATORIA

A mi abuelita María: por el inmenso apoyo incondicional en mi vida y sembrar esperanza en mí.

A mi abuelito Víctor: que desde el cielo guía mis caminos.

Al Dr. Mauro López Bardales y familia: por su comprensión en los momentos más difíciles de mi vida, gracias y muchas gracias.

A mi esposa: por su paciencia, comprensión y apoyo moral cuanto más lo necesitaba escuchar.

A mis tíos en general: que de una u otra manera colaboraron en mi formación profesional, gracias por todo.

A mis primos: por ser ejemplos en mi vida.

AGRADECIMIENTO

- A Dios, por darme vida y sabiduría para afrontar todos los obstáculos que se me presenta.
- A La Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme logrado como profesional competente.
- Al Fundo San Carlos, por permitir la ejecución de esta tesis en su campo experimental.
- A mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación.
- Al Ingeniero M.Sc. Lucio Manrique De Lara Suárez, patrocinador del presente trabajo de investigación, por su orientación profesional, en todo lo concerniente a la investigación y redacción.
- Al Dr. Mauro López Bardales, por su apoyo incondicional durante mi vida universitaria y por ser un gran ejemplo en mi vida.
- Al Ingeniero Paul Herson Salcedo Palacios, co-patrocinador del trabajo de investigación, por su orientación en la ejecución del perfil.
- A Mis compañeros, amigos y a todos aquellos que de una u otra forma contribuyeron al logro del presente trabajo.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Generalidades del Pino chuncho (<i>Schizolobium amazonicum</i>)...	4
2.1.1. Clasificación sistemática.....	4
2.1.2. Descripción botánica.....	5
2.1.3. Fenología y propagación.....	6
2.1.1. Distribución y hábitat.....	7
2.2. Degradación.....	7
2.3. Recuperación de suelo degradado	8
2.4. Silicato de calcio especial.....	9
a) Características.....	10
b) Descripción.....	11
c) Propiedades.....	11
2.5. Degradación.....	11
2.6. Recuperación de suelo degradado	12
2.7. Acidez de los suelos tropicales.....	13

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1. Características generales.....	15
3.1.1. Ubicación política.....	15
3.1.2. Ubicación geográfica.....	15
3.2. Historia del campo experimental.....	15
3.3. Condiciones climáticas.....	16
3.4. Ecología.....	16
3.5. Análisis del suelo.....	17
3.6. Componentes en estudio.....	18
3.6.1. Material genético.....	18
3.6.2. Niveles del silicato de calcio especial.....	18
3.7. Tratamiento en estudio.....	18
3.8. Diseño experimental.....	19
3.9. Disposición experimental.....	19
3.10. Observaciones registradas.....	21
3.11. Determinación de las observaciones.....	22
3.11.1. Porcentaje de germinación.....	22
3.11.2. Crecimiento de altura total.....	22
3.11.3. Diámetro basal.....	22
3.11.4. Número de hojas.....	22
3.12. Procedimiento de campo.....	22
3.12.1. Control de maleza.....	22
3.12.2. Demarcación de campo.....	23
3.12.3. Poceado del campo.....	23

3.12.4. Obtención del silicato de calcio especial.....	23
3.12.5. Procedencia de las semillas de Pino Chuncho (<i>Schizolobiun amazonicum</i>).....	23
3.12.6. Aplicación de dosis.....	24
3.12.7. Sembrado.....	24
3.12.8. Análisis de caracterización química del silicato de calcio.....	24
IV. RESULTADOS.....	25
4.1. Porcentaje de germinación.....	25
4.2. Crecimiento de altura total.....	26
4.3. Diámetro basal.....	28
4.4. Número de hojas.....	31
4.5. Tasa de incremento bimestral de la altura, diámetro y número de hojas de <i>Pino Chuncho</i> (<i>Schizolobiun amazonicum</i>).....	33
V. DISCUSIÓN.....	36
VI. CONCLUSIONES.....	41
VII. RECOMENDACIONES.....	43
VIII. ABSTRACT.....	44
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	46
X. ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Datos climatológicos.....	16
2. Análisis físico-químico del suelo.....	17
3. Descripción de los tratamientos.....	18
4. Esquema del análisis de variancia.....	19
5. Análisis de caracterización química del silicato de calcio.....	24
6. Análisis de variancia para el efecto de la aplicación de Silicato de calcio especial en la altura de la planta de Pino Chuncho	27
7. Prueba de Duncan (95%), para el efecto de los niveles Silicato de calcio especial en la altura de la planta de Pino Chuncho.....	27
8. Análisis de Variancia para el efecto de la aplicación de Silicato de calcio en el Diámetro de (<i>Schizolobiun amazonicum</i>).....	29
9. Prueba de Duncan (95%), para el efecto de los niveles de Silicato de calcio en el Diámetro de (<i>Schizolobiun amazonicum</i>).....	30
10. Análisis de Variancia para el efecto de la aplicación de Silicato de calcio en número de hojas de <i>Schizolobiun amazonicum</i>).....	32
11. Prueba de Duncan (95%), para el efecto de los niveles de Silicato de calcio en el número de hojas de la planta de <i>Schizolobiun amazonicum</i>).....	32
12. Promedio bimestral de incrementos de altura, diámetro y número de hojas de Pino Chuncho (<i>Schizolobiun amazonicum</i>) por tratamiento..	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Descripción botánica de la Especie, Pino chuncho (<i>Schizolobium amazonicum</i>).....	6
2. Croquis de la parcela experimental.....	19
3. Croquis de la unidad experimental.....	20
4. Porcentaje de germinación de Pino Chuncho, bajo el efecto de dosis Silicato de calcio especial (Ca (OH)5 SiO ₂).....	25
5. Promedio de altura de planta Pino Chuncho, bajo el efecto de dosis Silicato de calcio especial a los 60, 120 y 180 días de evaluación.....	26
6. Promedio del diámetro de planta Pino chuncho, bajo el efecto de dosis de Silicato de calcio especial a los 60, 120 y 180 días de evaluación.....	29
7. Promedio de número de hojas de planta Pino Chuncho bajo el efecto de dosis de Silicato de calcio a los 60, 120 y 180 días de evaluación.....	31
8. Curva de crecimiento bimestral en altura de planta de Pino Chuncho por efectos de dosis de Silicato de calcio	34

9.	Curva de crecimiento bimestral en diámetro de planta Pino Chuncho bajo el efecto de dosis de Silicato de calcio.....	35
10.	Curva de incremento bimestral en número de hojas de planta de Pino Chuncho bajo el efecto de dosis de Silicato de calcio:.....	35

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Fundo San Carlos, dentro de la microcuenca del río Supte, en el centro poblado menor de Supte Chico, al noreste de la ciudad de Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco; dentro de las coordenadas: latitud 09°17'45" sur, longitud 75°57'45" oeste y Altitud: 715 m.s.n.m.

El experimento comprende un ensayo, que busca conocer el efecto de diferentes niveles de silicato de calcio especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$), en el porcentaje de germinación, crecimiento de altura total, diámetro basal y número de ramas en la plantación de Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*); y encontrar el nivel recomendable de silicato de calcio especial, para obtener un crecimiento inicial óptimo y económico. Para ello se empleó una especie forestal denominado Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*), y niveles de silicato de calcio especial de 0.0, 0.25, 0.50, 0.75 y 1.00 Kg por hoyo respectivamente; el diseño experimental utilizado fue el de bloques completo al azar con tres repeticiones.

Los resultados encontrados en el experimento nos muestran el efecto que tiene el silicato de calcio especial, para el crecimiento de altura total, diámetro basal y número de ramas son notorios debido a que los plantones de

Pino Chuncho, pueden asimilar en forma directa cationes nutritivos y aprovechar el efecto benéfico que posee este producto. Por otro lado se ha encontrado que el mejor nivel de aplicación del silicato de calcio especial es el de 1,0 Kg por hoyo, contribuyendo a alcanzar en el crecimiento en altura total 64.40 cm, diámetro basal 1.40 cm y 6 ramas; ubicándose en segundo lugar el nivel de 0.75 Kg con crecimiento en altura total de 48.94 cm, diámetro basal 0.75 cm y 5 hojas en la planta de pino chuncho.

Palabras claves: *Schizolobium amazonicum*, silicato de calcio especial, suelos degradados.

I. INTRODUCCIÓN

El sector de Supte San Jorge presenta en su mayoría suelos de tipo arcillosos, degradados por el cultivo de la coca, con pH bajo donde solo prosperan vegetaciones tipo rabo de zorro y macorillas, lo que indican que son altamente ácidos y donde el principal problema es la alta saturación de elementos que contribuyen a la acidificación del suelo, además de que no se conoce el comportamiento del Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*) en suelos de estas características.

A este problema se le añade que los sistemas agroforestales no prosperan en esos suelos, ya que ellos para crecer y desarrollar requieren de terrenos fértiles, tal como se encuentran en su medio natural, e inclusive son más exigentes en nutrientes que las plantas agrícolas. De ahí nace la inquietud de investigar el efecto de diferentes niveles de silicato de calcio especial, como una alternativa para instalar de cobertura vegetal las áreas erradicadas de coca, con una especie que se adapte al suelo y sea rentable, entonces estaremos contribuyendo en la recuperación del equilibrio ecológico, energético y económico de esta parte de la Amazonia.

En la hipótesis en el presente trabajo nos planteamos que para el desarrollo óptimo del Pino chuncho en campo definitivo, la mejor dosis de silicato de calcio especial podría ser de un kilogramo por hoyo.

Algunas especies forestales son plantas de crecimiento rápido destinadas únicamente a la obtención de materia prima para la obtención de múltiples beneficios maderables. Se trata de una alternativa forestal, centrada principalmente en el estudio e investigación del aumento de su rentabilidad energética, ecológica y económica.

El Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*) puede implementarse como una planta productivamente rápida en situaciones adversas, tierras degradadas, clima seco, tierras marginales y al mismo tiempo ser parte de un sistema agrosilvicultural.

El presente trabajo de Tesis evaluará el efecto de cuatro niveles de silicato de calcio especial, en la germinación y comportamiento inicial del Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*) en suelos degradados de Tingo María.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de cuatro niveles de Silicato de Calcio, en un suelo degradado, en la germinación y crecimiento del Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*) en campo definitivo en Supte San Jorge – Tingo María.

1.1.2. Objetivos específicos:

- Evaluar el porcentaje de germinación.
- Evaluar el crecimiento de altura total.
- Evaluar el crecimiento de diámetro basal.
- Evaluar el número de hojas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*).

2.1.1. Clasificación sistemática

División: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Fabales

Familia: Leguminosas (Caesalpinaceas)

Género: *Schizolobium*

Nombre científico: *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke).

Sinónimos Botánicos: *Schizolobium parahyba* (Vellozo) Blake.

Nombres comunes: "Pino chuncho", "Pashaco".

Nombres internacionales: Cerebó (Bol.), Pinho cuiabano (Bra.), Tambor (Col.), Pashaco (Ecu.), Palo de Judío o Palo de Picho (Mex.).

2.1.2. Descripción botánica

Reynel et. al. (2003) señala que el *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke, es una especie cuyo árbol mide de 30-70 cm de diámetro y 18-25 m de altura total, de fuste cilíndrico, con ramificación en el tercer tercio y la base del fuste recta. La corteza externa es lisa a agrietada, color marrón rojizo a grisáceo con ritidoma en placas rectangulares a cuadrangulares pequeñas de 1,5-4 cm de ancho; corteza interna homogénea de color amarillo blanquecino, con olor a legumbre.

El mismo autor menciona que las ramitas terminales con sección circular son de 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; 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.

La Figura 1, ilustra las características botánicas de esta especie.



Figura 1. Descripción botánica de la Especie, Pino chuncho (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke): **A.** Ramita con hoja (x 0,4), **B.** Inflorescencia (x 0,8), **C.** Laminas Foliares (x 1), **D.** Fruto y semilla (x 0,4). **Fuente: Reynel, et. al. (2003)**

2.1.3. Fenología y propagación

Reynel et. al. (2003), señala que la floración de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke ocurre a fines de la estación seca, entre Octubre – Noviembre, y la fructificación a inicios de la estación de lluvias, Noviembre a Diciembre. El árbol se defolia antes de florear.

En relación a la propagación, el mismo autor, menciona que en la especie *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke es exitosa la propagación por semilla, la germinación se inicia a los 6 días de la siembra y finaliza a los 45 días, su poder germinativo es de 70 – 90% y alcanza los 20 – 30 cm de alto a los 60 días de la siembra.

2.1.4. Distribución y hábitat

Reynel et al (2003), señala que la especie se encuentra en la región Amazónica, mayormente debajo de los 1200 msnm. Se le observa en ámbitos con pluviosidad elevada y constante, aunque también en ámbitos con una estación seca marcada; es una especie con tendencia heliófita y de crecimiento rápido, presente en bosques secundarios tempranos y tardíos; se le encuentra en claros en el bosque primario; prefiere suelos arenosos a limosos, de fertilidad media a alta, necesariamente bien drenados, con pedregosidad baja a media. Esta especie es muy sensible al anegamiento y no lo tolera, sobre todo cuando es una plántula.

2.2. Degradación

(FAO - 2003), Probablemente nadie conoce la extensión y porcentaje de las áreas degradadas o destruidas en la amazonía, pero es evidente que son ya importantes. En el Brasil se menciona la cifra de 250,000 km², pero, según el Banco Mundial, podría ser mayor, en cualquier caso, ya podría estar llegando al 7 u 8% de la Amazonía brasileña.

Esta situación se deriva de un complejo de causas entre las que podrían citarse, a título enunciativo y no enumerativo: La deforestación, el modelo de ocupación indiscriminado y masivo; el corte, tumba y quema de áreas

inadecuadas para cultivos dejando expuesto el suelo a la erosión, las actividades ganaderas en zonas donde la transformación del bosque en pastizales no soporta la compactación del suelo o el mantenimiento de la calidad del pasto exógeno, la enorme utilización de pesticidas y el empleo de herbicidas para favorecer el crecimiento de la coca, eliminando malezas y otras plantas pequeñas, el uso de mercurio para amalgama del oro; el vertimiento a los ríos de petróleo industrial proveniente de diversas actividades y los productos químicos para elaboración de la cocaína; determinados proyectos hidroenergéticos o industriales, y la caza y pesca depredatorias.

2.3. Recuperación de suelo degradado

(INIA - 1994), Una de las alternativas para la recuperación de suelos degradados se encuentra en el empleo de vegetación fijadora de nitrógeno.

Estas plantas con alto rendimiento de fijación biológica de nitrógeno pueden reemplazar prácticamente los abonos químicos, si son enterrados en el suelo como abono verde además los árboles con capacidad de fijar nitrógeno, con su poderosa red radical sirven para regenerar los suelos y para fijar terrenos con pendientes, desnudos y pronunciadas ya que se trata de vegetales precursores que se instalan en el suelo degradado o erosionado. Se estima que el abono nitrogenado del abono verde es de 50 a 150 Kg./has/año.

Las proteínas foliares una vez enterrados en el suelo se mineraliza en amoniaco y nitrato, formas en las que el nitrógeno puede ser utilizado por las plantas para su propio crecimiento.

2.4. Silicato de calcio

(BRYDSON, R, 1993), Los **silicatos** son el grupo de minerales de mayor abundancia, pues constituyen más del 95% de la corteza terrestre, además del grupo de más importancia geológica por ser petrogénicos, es decir, los minerales que forman las rocas. Todos los silicatos están compuestos por silicio y oxígeno. Estos elementos pueden estar acompañados de otros entre los que destacan aluminio, hierro, magnesio o calcio.

Químicamente son sales del ácido silícico. Los silicatos, así como los aluminosilicatos, son la base de numerosos minerales que tienen al tetraedro de silicio-oxígeno (un átomo de silicio coordinado tetraédricamente a átomos de oxígeno) como su estructura básica: feldespatos, micas, arcillas.

Los silicatos forman materiales basados en la repetición de la unidad tetraédrica SiO_4^{4-} . La unidad SiO_4^{4-} tiene cargas negativas que generalmente son compensadas por la presencia de iones de metales alcalinos o alcalinotérreos, así como de otros metales como el aluminio.

Los silicatos forman parte de la mayoría de las rocas, arenas y arcillas. También se puede obtener vidrio a partir de muchos silicatos. Los átomos de oxígeno pueden compartirse entre dos de estas unidades SiO_4^{4-} , es decir, se comparte uno de los vértices del tetraedro. Por ejemplo, el disilicato tiene como fórmula $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{6-}$ y, en general, los silicatos tienen como fórmula $[(\text{SiO}_3)^{2-}]_n$.

En el caso de que todos los átomos de oxígeno estén compartidos, y por tanto la carga está neutralizada, se tiene una red tridimensional denominada

sílice o dióxido de silicio, SiO₂. En los **aluminosilicatos** un átomo de silicio es sustituido por uno de aluminio

a) Características

NOMBRE COMERCIAL: SILICATO DE CALCIO

GRUPO: Calizas, Carbonatos.

DUREZA: Baja, fácil de rayar y manipular.

DENSIDAD: Ligera.

BRILLO: Opaca.

TIPO BASICO: Roca sedimentaria y metamórfica.

FORMULACIÓN QUÍMICA: Ca (OH)₂ SiO₂

TEXTURA: Fina.

COLOR: Blanco grisáceo.

PROPIEDADES: Alcalina y Drenable.

b) Descripción

El silicato de calcio es compuesto natural (orgánico), constituido de oxido de calcio y sílice con baja conductividad.

Cuando el silicato de calcio especial es altamente refinado, se utiliza en la remediación de drenaje, además de neutralizar la acidez activa en el suelo, mediante la eliminación de iones libres de hidrogeno de la solución a granel, lo que aumenta el pH.

c) Propiedades

Como su anión silicato capta los iones de hidrogeno, se forma ácido monosilicico, permaneciendo en la solución a granel para desempeñar funciones importantes en la corrección de condiciones acidas de los suelos. A diferencia de la piedra caliza, el silicato de calcio especial precipita eficazmente los metales pesados y proporciona la propiedad drenable al suelo, contribuyendo en la recuperación de las propiedades productivas de los suelos degradados. Por su contenido en pequeñas proporciones de los elementos (nutrientes) primarios tales como el hierro, magnesio y potasio, contribuye en su desarrollo óptimo de especies agro forestales.

2.5. Degradación

Probablemente nadie conoce la extensión y porcentaje de las áreas degradadas o destruidas en la amazonía, pero es evidente que son ya importantes. En el Brasil se menciona la cifra de 250,000 km², pero, según el Banco Mundial, podría ser mayor, en cualquier caso, ya podría estar llegando

al 7 u 8% de la Amazonía brasileña.

Esta situación se deriva de un complejo de causas entre las que podrían citarse, a título enunciativo y no enumerativo: La deforestación, el modelo de ocupación indiscriminado y másivo; el corte, tumba y quema de áreas inadecuadas para cultivos dejando expuesto el suelo a la erosión, las actividades ganaderas en zonas donde la transformación del bosque en pastizales no soporta la compactación del suelo o el mantenimiento de la calidad del pasto exógeno, la enorme utilización de pesticidas y el empleo de herbicidas para favorecer el crecimiento de la coca, eliminando malezas y otras plantas pequeñas, el uso de mercurio para amalgama del oro; el vertimiento a los ríos de petróleo industrial proveniente de diversas actividades y los productos químicos para elaboración de la cocaína; determinados proyectos hidroenergéticos o industriales, y la caza y pesca depredatorias (FAO, 2000).

2.6. Recuperación de suelo degradado

Una de las alternativas para la recuperación de suelos degradados se encuentra en el empleo de vegetación fijadora de nitrógeno.

Estas plantas con alto rendimiento de fijación biológica de nitrógeno pueden reemplazar prácticamente los abonos químicos, si son enterrados en el suelo como abono verde además los árboles con capacidad de fijar nitrógeno, con su poderosa red radical sirven para regenerar los suelos y para fijar terrenos con pendientes, desnudos y pronunciadas ya que se trata de vegetales precursores que se instalan en el suelo degradado o erosionado. Se estima que el abono nitrogenado del abono verde es de 50 a

150 Kg/has/año.

Las proteínas foliares una vez enterrados en el suelo se mineraliza en amoníaco y nitrato, formas en las que el nitrógeno puede ser utilizado por las plantas para su propio crecimiento (INIA, 1996).

2.7. Acidez de los suelos tropicales

Las principales causas de la acidez de los suelos son las condiciones climáticas especialmente la precipitación pluvial, que hacen que se lixivie en gran cantidad de bases intercambiables del suelo (Ca, Mg, K, Na), causan la degradación del material, con la consecuente acidificación progresiva de los suelos tropicales ácidos, que es controlada principalmente por el aluminio (Al), y reacciones de intercambio catiónico (COLEMAN, 1987).

BRAY (1953) y KAMPRATH (1967), mencionan que el origen de los suelos degradados es debido a condiciones climáticas de abundante precipitación pluvial. Por este motivo se lixivian gran cantidad de bases intercambiables del suelo: Ca, Mg, K, Na; con la consecuente acidificación progresiva de los suelos tropicales. FASSBENDER (1975), quién menciona que la mayor solubilidad del aluminio (Al^{+3}) está alrededor de $pH=4,5$, en ésta condición el ión puede ser tóxico; pero por efecto del humus la toxicidad no afecta.

ESTRADA y CUMMING (1978), refieren que en los suelos ácidos el aluminio activo es absorbido por las arcillas, que se encuentran en equilibrio con los de la solución suelo, de donde pueden ser absorbidos produciendo problemas de

toxicidad en las plantas. SANCHEZ y THOMÁS (1967), mencionan que el elemento que se ve más afectado bajo condiciones de fuerte acidez de los suelos es el fósforo, al formar compuestos insolubles principalmente con Al, y en menor escala con Fe, Mn, Zn. La atracción del fósforo por el Al se comprobó en maíz, porque se precipitó en los espacios intercelulares. Así también los investigadores ANGLADETTE (1969) y DELVIN (1975) indican que el fósforo se encuentra en fuertes concentraciones en los tejidos meristemáticos y en zonas activas de crecimiento y en zonas activas de crecimiento de la planta, para ser trasladados a las hojas o tallos y partes reproductivas para su conversión en el llenado de frutos y/o granos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características generales

3.1.1. Ubicación política

Sector : San Carlos - Supte San Jorge

Distrito : Rupa Rupa

Provincia : Leoncio Prado

Región : Huánuco

3.1.2. Ubicación geográfica

Latitud : 09°17'45" sur.

Longitud : 75°57'45" oeste.

Altitud : 715 m.s.n.m.

3.2. Historia del campo experimental

El antecedente del campo experimental a la instalación del presente trabajo de investigaciones el siguiente:

- Antes de 1950 : Bosque primario
- De 1951 a 1965 : Cultivos de pan llevar
- De 1966 a 1982 : Cultivo de "coca" *Erythroxylon coca*.
- De 1983 a 2015 : Malezas predominantes como "rabo de zorro" *Andropogon bicornis* y "macorillas".
- 2015: Ejecución del trabajo de Investigación.

3.3. Condiciones climáticas

La zona presenta una alta precipitación efectiva: 3,300 mm anuales, siendo los meses de mayor precipitación de diciembre a marzo, asimismo la temperatura media anual es de: 24 °C. Los datos meteorológicos que se presentan han sido registrados por la Estación Hidrometeorológica de la Escuela de postgrado, Facultad de Ingeniería civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, la misma que se encuentra ubicada en el sector San Carlos, en Supte, en Tingo María.

Cuadro 1. Datos climatológicos.

Año	Meses	Temperatura (°C)			Precipitación (mm/mes).
		Máxima	Mínima	Media	
2013	Abril	29,14	20,58	24,86	491,00
	Mayo	29,13	20,65	24,89	408,40
	Junio	29,50	20,60	25,05	337,80
	Julio	29,64	20,74	25,19	278,70
	Agosto	30,23	19,74	24,99	109,3
2014	Septiembre	30,29	20,25	25,27	233,9
	Octubre	30,85	21,21	26,03	111,9
	Noviembre	28,95	21,00	24,98	447,3

Fuente: Estación Hidrometeorológica, postgrado, Facultad de Ingeniería civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, conducida por la Universidad Nacional Agraria de la Selva -Tingo María.

3.4. Ecología:

Ecológicamente, de acuerdo a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de Leslie R Holdridge, Tingo María se encuentra en la formación vegetal de bosque muy

húmedo subtropical (bmh- st) y de acuerdo a las regiones naturales del Perú, según J Pulgar Vidal, en Rupa Rupa o Selva Alta.

3.5. Análisis del suelo

Cuadro 2. Análisis físico-químico del suelo (antes de empezar el proyecto).

Análisis físico

Elementos	Contenido (%)	Método
Arena	23	Hidrómetro
Limo	36	Hidrómetro
Arcilla	41	Hidrómetro
Textura Arcillosa		

Análisis químico

Elementos	Contenido	Método
pH	4,4	Potenciómetro
CO ₃ Ca	0,0	Gasovolumétrico
M. O. (%)	3,0	Wakley and Black
N. Total	0,14	M.O. x 0.045
P (ppm)	5,0	Olsen Modificado
K ₂ O. (Kg/ha)	180	Acido Sulfúrico
Ca + Mg (meq/100gr)	2,4	Jerseno
Al + H (meq/100gr)	8,1	Yuan
Al ⁺³	6,6	Yuan
C.I.C	10,5	Suma de cationes
% Sat. de Al	66,75	Titulación del cloruro

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva-Tingo María.

El análisis físico-químico nos muestra que el suelo experimental presenta una textura fina (arcillosa), con un pH fuertemente ácido y con un contenido medio de materia orgánica; asimismo presenta un contenido medio de nitrógeno total y un bajo contenido de fósforo disponible; potasio disponible

bajo, resultando poseer un complejo de cambio con 66,75% de saturación de aluminio.

3.6. Componentes en estudio

3.6.1 Material genético

- **Semillas de Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*)**. Se utilizarán semillas procedentes del caserío Venenillo, Tingo María.

3.6.2 Niveles de Silicato de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$). (A)

- $a_0 = 0.00$ Kg. de Silicato de Calcio / Hoyo.
- $a_1 = 0.25$ Kg. de Silicato de Calcio / Hoyo.
- $a_2 = 0.50$ Kg. de Silicato de Calcio / Hoyo.
- $a_3 = 0.75$ Kg. de Silicato de Calcio / Hoyo.
- $a_4 = 1.00$ Kg. de Silicato de Calcio / Hoyo.

3.7. Tratamiento en estudio

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos

Tratamiento.	Clave	Descripción
T ₀	A ₀ b ₁	Pino chuncho con 0.00 Kg. de Silicato de Calcio / Hoyo.
T ₁	A ₁ b ₁	Pino chuncho con 0.25 Kg. de Silicato de Calcio / Hoyo.
T ₂	A ₂ b ₁	Pino chuncho con 0.50 Kg. de Silicato de Calcio / Hoyo.
T ₃	A ₃ b ₁	Pino chuncho con 0.75 Kg. de Silicato de Calcio / Hoyo.
T ₄	A ₄ b ₁	Pino chuncho con 1.00 Kg. de Silicato de Calcio / Hoyo.

3.8. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completo al azar, con un sub-muestreo y con cuatro repeticiones. Se estudiaron cinco tratamientos.

Cuadro 4. Esquema del análisis de variancia

F.V.	G.L.	
Bloques	$(r - 1)$	= 2
Tratamientos	$(t - 1)$	= 4
Error Experimental	$(r - 1)(t - 1)$	= 8
Total	$rt - 1$	= 14

3.9. Disposición experimental

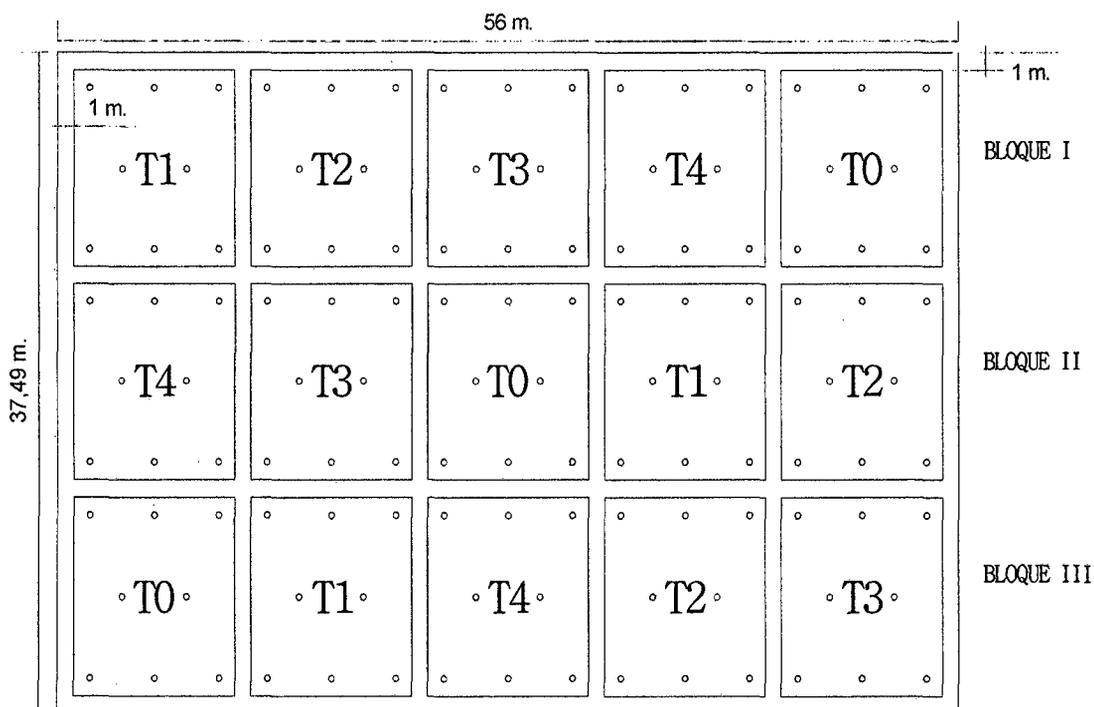


Figura 2. Croquis de la parcela experimental.

El campo experimental tuvo las siguientes características:

3.9.1 Dimensiones del Terreno

- Largo: 56 metros.
- Ancho: 37.49 metros.
- Área total: 2099.5 m².

3.9.2 Bloques

- Número de Bloques: 3
- Largo: 56 metros.
- Ancho: 11.16 metros.
- Área total: 624.96 m².

3.9.3 Tratamientos (Unidad experimental)

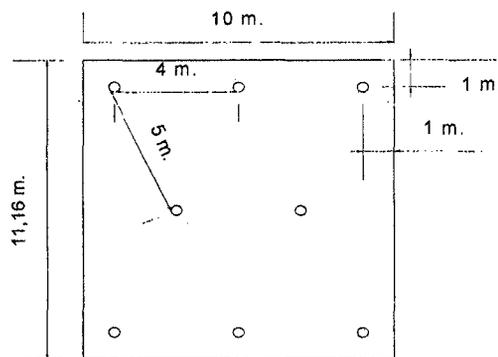


Figura 3. Croquis de la unidad experimental.

- Número de parcelas por Bloque: 5
- Largo: 10 metros
- Ancho: 11.16 Metros
- Área total de la Parcela: 111.6 m².

3.9.4 Semillas de Pino chuncho (*Schizolobium amazonicum*)

- Número de semillas por hoyo : 2 unidades
- Número de semillas por tratamiento : 16 unidades
- Número de semillas por experimento : 240 unidades
- Número de plantas en el experimento : 120 plantas.

3.9.5 Distanciamiento de siembra

- Entre plantas : 4 m.
- Entre hileras : 5 m.
- Sistema : Tresbolillo a
- Curva de nivel

3.9.6 Dimensión del hoyo

- Cantidad de hoyos en experimento : 120
- Profundidad : 0,20 m.
- Ancho : 0,10 m.
- Largo : 0,10 m.

3.10. Observaciones registradas

- Porcentaje de germinación.
- Crecimiento de altura total.
- Diámetro basal.
- Número de hojas.

3.11. Determinación de las observaciones

3.11.1. Porcentaje de germinación

Consistió en evaluar el número de semillas germinadas en base al total de hoyos por tratamiento, la misma que se realizó después de los 5 días de efectuada el sembrado en campo definitivo.

3.11.2. Crecimiento de altura total.

Se registró en cm, desde la superficie del suelo, hasta la base del pedúnculo de la última hoja superior.

3.11.3. Diámetro basal.

Se determinó a la altura del cuello radicular de la planta mediante el empleo del vernier (pie de rey).

3.11.4. Número de hojas.

Se determinó contando el número hojas que tenían al momento de realizar la evaluación.

3.12. Procedimiento de campo

3.12.1. Control de maleza

Las malezas presentes como “rabo de zorro” y “macorilla”, fueron controlados manualmente, mediante el uso de machete y otras herramientas.

3.12.2. Demarcación de campo

Se utilizó; cordel de nylon, estacas de madera, machete, wincha de 30 m y cal; se demarcó el área de acuerdo al croquis de campo. Se realizó la eliminación total de la presencia de vegetales para poder marcar los hoyos donde se realizó la siembra.

3.12.3. Poceado del campo

Se realizó utilizando una sacabocado o poseadora semi circular, abriéndose pozos de 10 cm de diámetro por 20 cm de profundidad, la tierra superficial se colocó el lado derecho del hoyo y la tierra de la parte inferior al lado izquierdo.

3.12.4. Obtención del silicato de calcio especial (Ca (OH)5 SiO₂)

Fue adquirido de la ciudad de Huánuco, un total de 60 kilogramos para todo el proyecto.

3.12.5. Procedencia de las semillas de Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*).

Las semillas que se manipularon en este trabajo de investigación, provino del valle del Bolsón Cuchara – caserío Venenillo, Tingo María – Leoncio Prado, Huánuco, las mismas que fueron arboles semilleros de altura aproximadamente 20 metros de altura y diámetros de 50 cm seleccionados para su colección de forma manual.

3.12.6. Aplicación de Dosis

Silicato de calcio especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$), se aplicó en forma localizada, aplicándose una parte de la dosis en el fondo del pozo y la otra parte en la tercera parte superior del hoyo, de acuerdo a los tratamientos en estudio.

3.12.7. Sembrado

Se realizó el sembrado a través del método directo con semillas en campo definitivo, con sistema de tresbolillo, para lo cual se utilizó dos semillas seleccionadas (método manual), por hoyo la cual brotó dos plantas definiendo solo a uno, se realizó hoyos de 10 cm de diámetro por 20 cm de profundidad.

3.12.8. Análisis de caracterización química del silicato de calcio

Cuadro 5: Caracterización química del silicato de calcio

NOMBRE COMERCIAL: SILICATO DE CALCIO

GRUPO: Calizas, Carbonatos.

DUREZA: Baja, fácil de rayar y manipular.

DENSIDAD: Ligera.

BRILLO: Opaca.

TIPO BASICO: Roca sedimentaria y metamórfica.

FORMULACIÓN QUÍMICA: $\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$

TEXTURA: Fina.

COLOR: Blanco grisáceo.

PROPIEDADES: Alcalina y Drenable

Fuente: Distribuidor "WARE" productos químicos – Huánuco.

IV. RESULTADOS

4.1. Porcentaje de germinación.

Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 4, muestra que el mayor porcentaje de germinación correspondió al tratamiento T0 y T1 con el 100% (24 plantas germinadas respectivamente) seguido de T4, T3 y T2 con 91.7% (22 plantas), 87.5% (21 plantas) y 79.2% (19 plantas), respectivamente, de semillas de del Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*), además, se pudo registrar que la mayor cantidad de mortandad se produjo con el tratamiento T2, con 0.5 Kg de Silicato de calcio especial, donde se obtuvo 20.8% (5 hoyos) de semillas no germinadas.

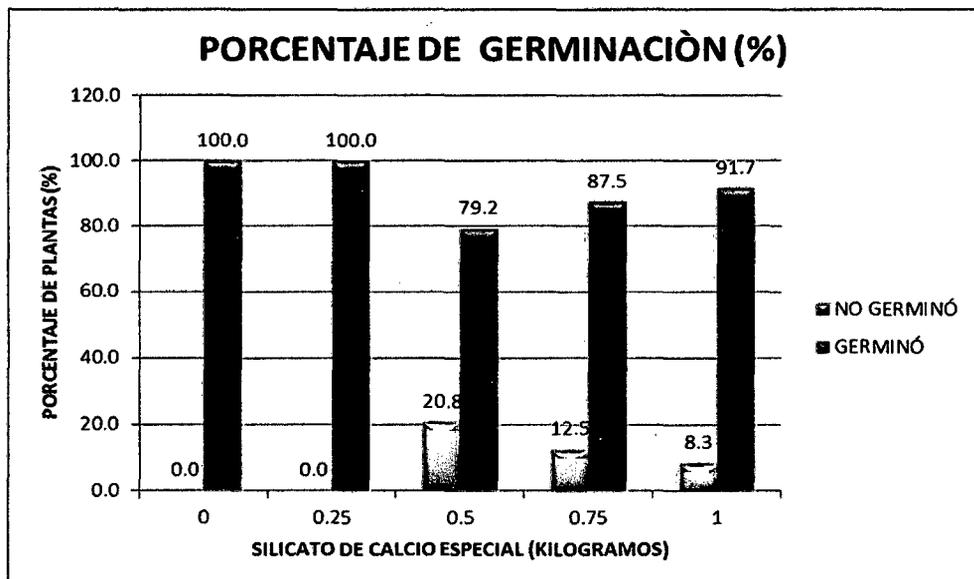


Figura 4. Porcentaje de germinación de Pino Chuncho, bajo el efecto de dosis Silicato de calcio especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$).

4.2. Crecimiento de altura total.

Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 5 y cuadro 7, donde se muestra que los tratamientos T₄ y T₃, alcanzaron mejores alturas con; 64.4 cm y 48.9 cm; seguido del T₂, T₁ y T₀ con 47.1; 30.4 y 32.7 cm, respectivamente.

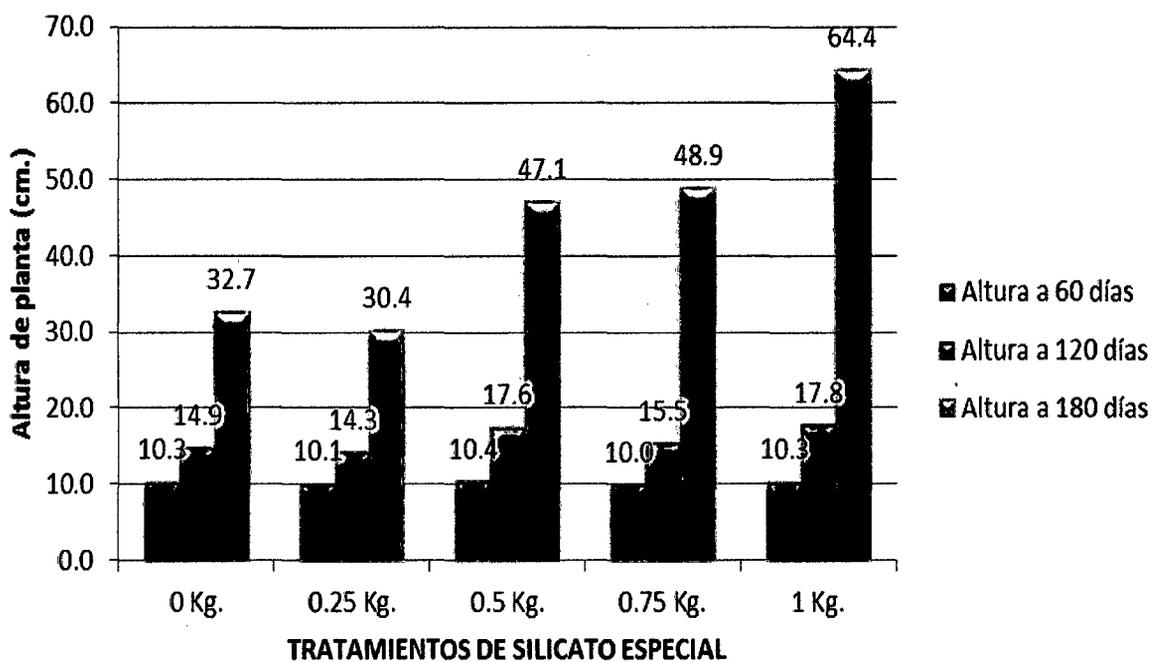


Figura 5. Promedio de altura de planta Pino Chuncho, bajo el efecto de dosis Silicato de calcio especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$) a los 60, 120 y 180 días de evaluación.

Cuadro 6. Análisis de variancia para el efecto de la aplicación de Silicato de calcio especial en la altura de la planta de Pino Chuncho.

FACTOR	G. L.	ALTURA TOTAL (cm)					
		60 días		120-días		180 días	
		C.M.	Fc.	C.M.	Fc.	C.M.	Fc.
Bloque	2	4,92	0,3 N.S	51,01	2,83 N.S	73,65	1,62 N.S
Tratamientos	4	46,22	2,84 N.S	149,76	8,32 **	338,2	7,45 **
Error	8	16,25		17,99		45,38	
Total	14						
C. V. (%)		36,97		20,62		21,82	

Del presente cuadro se puede interpretar lo siguiente:

- Que para la fuente de variación de bloques no se ha encontrado diferencias significativas, lo cual indica que los 3 bloques son homogéneos.
- Los tratamientos en estudio presentan diferencias significativas entre ellos, lo cual nos indica que se debe realizar una prueba de Duncan para detectar significativamente los mejores tratamientos.

Cuadro 7. Prueba de Duncan (95%), para el efecto de los niveles Silicato de calcio especial en la altura de la planta de Pino Chuncho.

Tratamiento	Test:Duncan Alfa:=0,05; gl: 8					
	Altura a 60 días		Altura a 120 días		Altura a 180 días	
	Error: 10,2463		Error: 14,9949		Error: 64,3797	
	Medias	n	Medias	n	Medias	n
4	10.30	3 a	17.73	3 a	64.27	3 a
3	10.00	3 a b	16.03	3 a b	49.33	3 a b
2	10.40	3 a b	11.60	3 b	31.32	3 b
1	10.10	3 a b	14.52	3 b c	30.50	3 b c
0	10.30	3 b	14.54	3 c	32.53	3 c

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

El cuadro 7, presenta lo siguiente:

- a. El tratamiento empleado con 1 Kg de silicato de calcio especial por hoyo, ha contribuido significativamente para la mejor altura con 64.4 cm, el tratamiento de 0.75 Kg de Silicato de calcio especial, estadísticamente no difiere del mejor tratamiento, pero en conjunto superan significativamente a los demás.
- b. El testigo sin aplicación de silicato de calcio especial es el tratamiento estadísticamente más desfavorable para la altura de la planta; tal como se muestra en el Figura 5.
- c. La ganancia de altura de la planta de Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*), por efecto de los diferentes tratamientos, a medida que aumenta el numero de días transcurridos, es efectivo para incrementos de altura de planta, para todos los tratamientos en estudio.

4.3. Diámetro basal.

Los resultados obtenidos se muestran en el Figura 6 y en el Cuadro 9, donde se muestra que los tratamientos T₄ y T₂, alcanzaron mejores diámetros del tallo con 1.4 y 0.8 cm correspondientemente; seguidos de T₃, T₁ y T₀, con 0.7, 0.7 y 0.6 cm respectivamente.

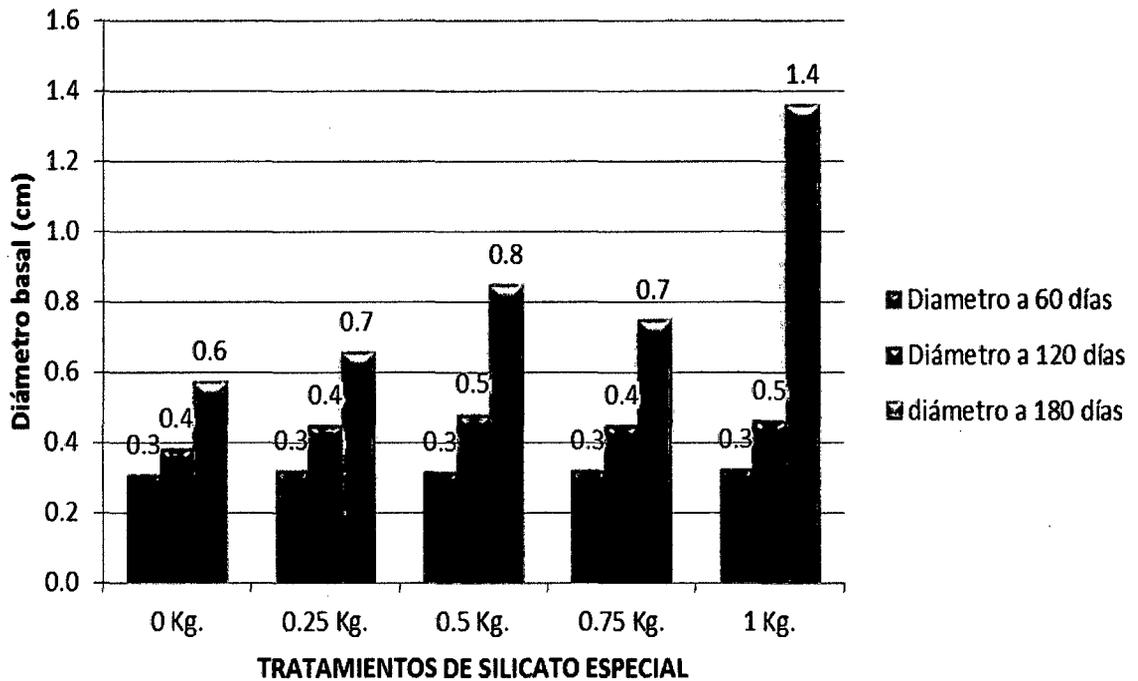


Figura 6. Promedio del diámetro de planta Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*), bajo el efecto de dosis de Silicato de calcio especial a los 60, 120 y 180 días de evaluación.

Cuadro 8. Análisis de Variancia para el efecto de la aplicación de Silicato de calcio en el Diámetro de la planta de (*Schizolobium amazonicum*).

FACTOR	G. L.	DIAMETRO (cm)					
		60 días		120 días		180 días	
		C.M.	Fc.	C.M.	Fc.	C.M.	Fc.
Bloque	2	4,80E-03	0,08 N.S	0,75	30,03 **	0,11	0,64 N.S
Tratamientos	4	0,07	1,03 N.S	0,11	4,57 *	0,46	2,59 N.S
Error	8	0,06		0,02		0,18	
Total	14						
C. V. (%)		26,67		9,09		15	

El presente cuadro presenta lo siguiente:

- a. Para bloques no existen diferencias significativas, lo cual indica que entre las repeticiones son estadísticamente homogéneos.
- b. Los tratamientos en estudio, presentan diferencias significativas entre ellos, lo cual indica que se debe realizar una prueba Duncan para detectar los mejores tratamientos.

Cuadro 9. Prueba de Duncan (95%), para el efecto de los niveles de Silicato de calcio en el Diámetro de la planta de (*Schizolobium amazonicum*)

Tratamiento	Test:Duncan Alfa:=0,05; gl: 8					
	Diámetro a 60 días		Diámetro a 120 días		Diámetro a 180 días	
	Error: 0,0637		Error: 0,0248		Error: 0,1780	
	Medias	n	Medias	n	Medias	n
4	0.32	3 a	0.46	3 a	1.36	3 a
2	0.32	3 a	0.45	3 a	0.75	3 a b
3	0.31	3 a	0.32	3 a	0.56	3 a b
1	0.32	3 a	0.45	3 a b	0.66	3 a b
0	0.31	3 a	0.38	3 b	0.57	3 b

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Del cuadro 9, se puede interpretar lo siguiente:

- a. Que el tratamiento con 1,0 Kg de Silicato de calcio por hoyo, ha contribuido significativamente para el mejor diámetro del tallo en 1.4 cm, el tratamiento con 0.75 Kg de Silicato de calcio, estadísticamente no difiere del mejor tratamiento; pero en conjunto superan significativamente a los demás.
- b. El testigo sin aplicación de Silicato de calcio es el tratamiento estadísticamente más desfavorable para el diámetro del tallo de la planta con 0.6 cm; tal como se presenta en el Figura 6.

c. La ganancia del diámetro de la planta de Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*), por efecto de los diferentes tratamientos, a medida que aumenta el número de días transcurridos, es efectivo para incrementos del diámetro de planta, para todos los tratamientos en estudio.

4.4. Número de hojas.

Los resultados obtenidos se presentan en el Figura 7 y en el cuadro 11, donde se muestra que los tratamientos T₄, T₃ y T₂, alcanzaron mayor número de hojas con 6,5 y 5 hojas respectivamente; seguido del T₁, y T₀ con 3 y 4 hojas, respectivamente.

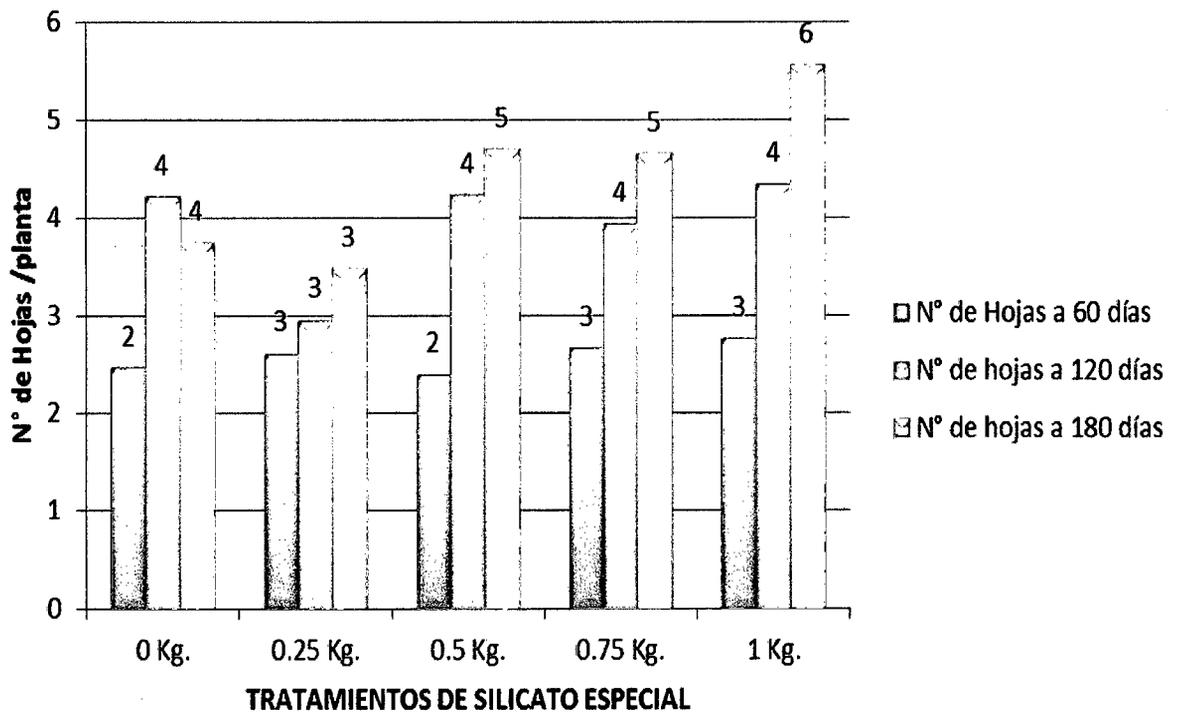


Figura 7. Promedio de número de hojas de planta Pino Chuncho bajo el efecto de dosis de Silicato de calcio a los 60, 120 y 180 días de evaluación.

Cuadro 10. Análisis de Variancia para el efecto de la aplicación de Silicato de calcio en número de hojas de la planta de *Schizolobium amazonicum*).

FACTOR	G. L.	NÚMERO DE HOJAS (cm)					
		60 días		120 días		180 días	
		C.M.	Fc.	C.M.	Fc.	C.M.	Fc.
Bloque	2	0,05	1,01 N.S	15,33	27,62 **	0,62	1,50 N.S
Tratamientos	4	0,15	3,09 N.S	0,67	1,20 N.S	0,5	1,21 N.S
Error	8	0,05		0,55		0,41	
Total	14						
C. V. (%)		16,78		18,79		15,13	

Del presente cuadro se puede interpretar lo siguiente:

- Que para la fuente de variación de bloques no se ha encontrado diferencias significativas, lo cual indica que los 3 bloques son homogéneos.
- Los tratamientos en estudio presentan diferencias significativas entre ellos, lo cual nos indica que se debe realizar una prueba de Duncan para detectar significativamente los mejores tratamientos.

Cuadro 11. Prueba de Duncan (95%), para el efecto de los niveles de Silicato de calcio en el número de hojas de la planta de *Schizolobium amazonicum*).

Tratamiento	Test:Duncan Alfa:=0,05; gl: 8					
	Hojas a 60 días		Hojas a 120 días		Hojas a 180 días	
	Error: 0,0490		Error: 0,5550		Error: 0,4100	
	Medias	n	Medias	n	Medias	n
4	2.78	3 a	4.52	3 a	5.76	3 a
2	2.64	3 a	3.87	3 a	4.60	3 a
3	2.32	3 a b	2.74	3 a	3.07	3 a
1	2.60	3 a b	2.99	3 a	3.53	3 a
0	2.46	3 b	4.13	3 a	3.70	3 a

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Del cuadro 11, se puede interpretar lo siguiente:

- a. Que el tratamiento con 1,0 Kg de Silicato de calcio especial por hoyo, ha contribuido significativamente para el mayor número de hojas con 6 hojas; el tratamiento con 0.75 Kg de Silicato de calcio especial, estadísticamente no difiere del mejor tratamiento; pero en conjunto superan significativamente a los demás.
- b. El testigo sin aplicación de Silicato de calcio especial es el tratamiento estadísticamente más desfavorable para el número de hojas con 4 hojas; tal como se presenta en el Figura 7.
- c. El incremento de número de hojas; de la planta de Pino Chuncho (*Schizolobiun amazonicum*), por efecto de los diferentes tratamientos, a medida que aumenta el numero de días transcurridos, es efectivo para incrementos de número de hojas de la planta, para todos los tratamientos en estudio.

4.5. Tasa de incremento bimestral de la altura, diámetro y número de hojas de Pino Chuncho (*Schizolobiun amazonicum*)

Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 12, donde se muestra que los tratamientos T₄ y T₃, alcanzaron mejores tasas de incrementos de alturas en el último bimestre con 46.61 y 33.47 cm/mes respectivamente; asimismo, para el diámetro en los tratamientos T₂ y T₁ con 29.57 y 16.1 cm/mes.

La mejor tasa de incremento de la cantidad de número de hojas se ha alcanzado en los tratamientos T₄ y T₃, con 1.0 hojas/mes.

Cuadro 12. Promedio bimestral de incrementos de altura, diámetro y número de hojas de Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*) por tratamiento.

Tratamiento	TASA DE INCREMENTO					
	(cm /mes)				(hojas/mes)	
	Alt. 60-120 días	Alt. 120-180 días	Diam 60-120 días	Diam 120-180 días	Num.hojas 60-120 días	Num.hojas 120-180 días
T0	4.52	17.81	0.07	0.19	1.75	0.47
T1	4.16	16.10	0.13	0.21	0.34	0.52
T2	7.20	29.57	0.16	0.37	1.84	0.46
T3	5.52	33.47	0.13	0.30	1.26	0.71
T4	7.52	46.61	0.14	0.90	1.57	1.22

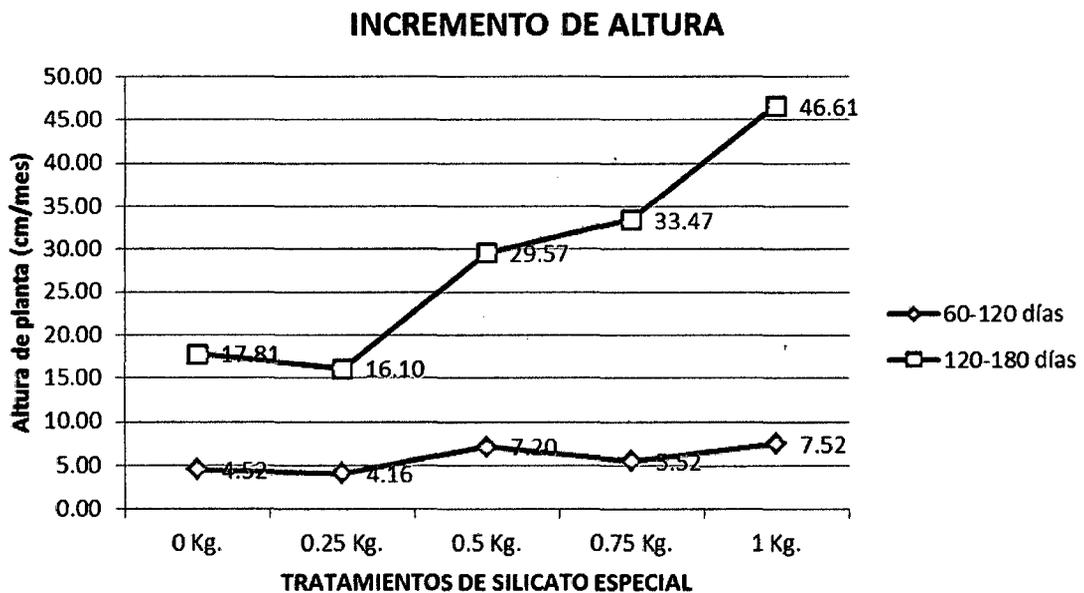


Figura 8. Curva de crecimiento bimestral en altura de planta de Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*), por efectos de dosis de Silicato de calcio.

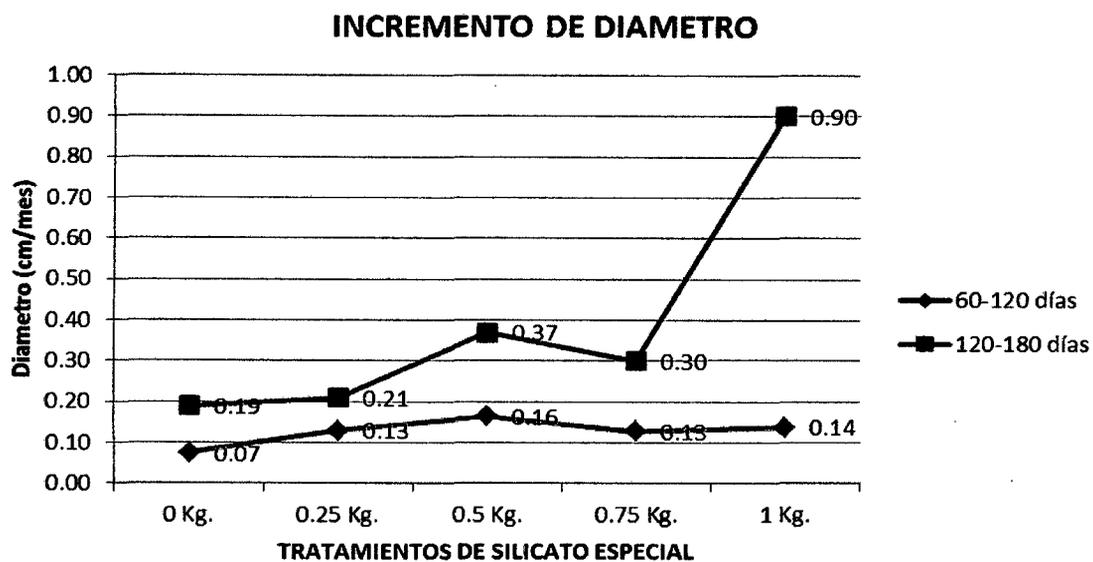


Figura 9. Curva de crecimiento bimestral en diámetro de planta Pino Chuncho bajo el efecto de dosis de Silicato de calcio.

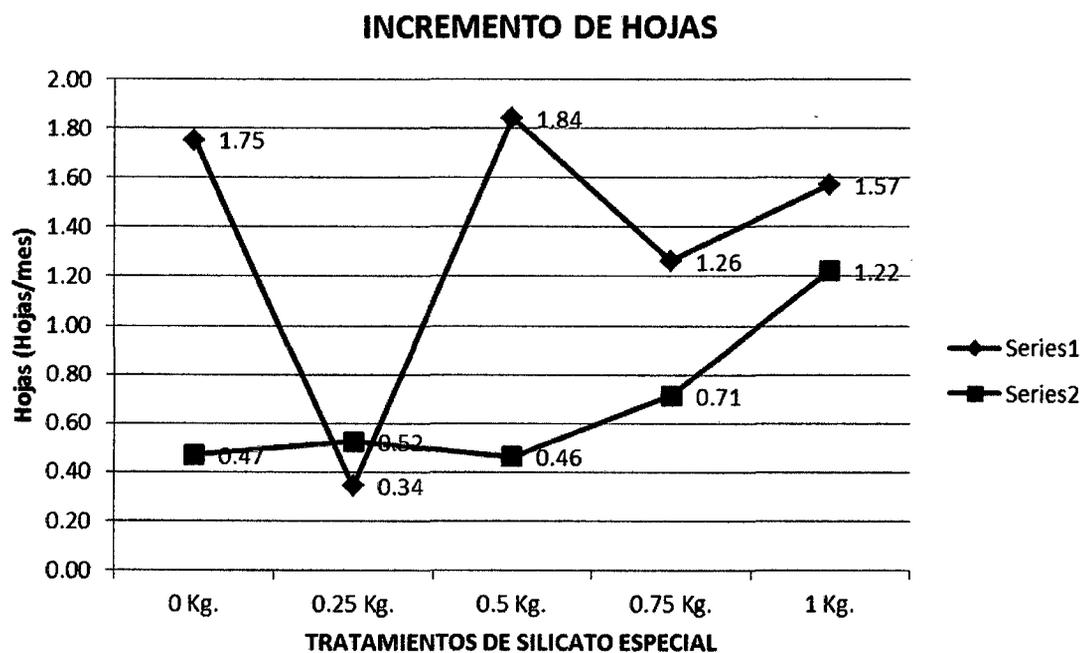


Figura 10. Curva de incremento bimestral en número de hojas de planta de Pino Chuncho bajo el efecto de dosis de Silicato de calcio.

V. DISCUSIÓN

5.1. Para el porcentaje de germinación

Según el Figura 5, los resultados obtenidos que presentan mayor porcentaje de germinación favoreció al tratamiento T0 y T1 con el 100% (24 plantas germinadas respectivamente) seguido de T4, T3 y T2 con 91.7% (22 plantas), 87.5% (21 plantas) y 79.2% (19 plantas), respectivamente, de semillas de del Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*), además, se pudo registrar que la mayor cantidad de mortandad se produjo con el tratamiento T2, con 0.5 Kg de Silicato de calcio especial, donde se obtuvo 20.8% (5 hoyos) de semillas no germinadas, ya que para las dos primeras fases de la germinación (hidratación, latencia) no es determinante la influencia Silicato de calcio especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$), sino la humedad existente; de lo mencionado, el investigador MOLISCH (1982), indica que para que una semilla germine es preciso que concurra una serie de factores internos y externos. Entre estos últimos están: el agua, el oxígeno, una determinada temperatura, eventualmente luz, acción del frío y determinados estímulos químicos. En tanto que la semilla se conserva seca no germina, en cuánto tiene ocasión de absorber una cierta cantidad de agua, hincha y germina, suponiendo que concurren los restantes factores internos y externos de la germinación.

Reynel et. al. (2003), Menciona que en la especie *Schizolobium amazonicum*, es exitosa la propagación por semilla, la germinación se inicia a los 6 días de la siembra y finaliza a los 45 días, su poder germinativo es de 70 – 90% y alcanza los 20 – 30 cm de alto a los 60 días de la siembra, manifiesta que el pH está relacionado con el grado de alcalinidad y acidez del suelo y que es muy importante para el desarrollo de las plantas.

5.2. Para la altura y diámetro de la planta por efectos de dosis de silicato de calcio especial

De acuerdo a los cuadros N° 07 y 09 de las pruebas de significación de Duncan (95%), para la altura y diámetro de la planta de Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*), los mayores crecimientos registrados en función de estos dos parámetros, se ven estimulados por dosis de 1.0 y 0.75 Kg de silicato de calcio especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$) respectivamente; tales resultados encontrados son en parte explicados por el efecto inmediato y beneficioso que presenta la utilización de ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$), con la neutralización de la acidez del suelo, mejorando la textura del suelo, etc, de lo mencionado el investigador (BRYDSON, R, 1993) menciona, que los silicatos forman materiales basados en la repetición de la unidad tetraédrica SiO_4^{4-} . La unidad SiO_4^{4-} tiene cargas negativas que generalmente son compensadas por la presencia de iones de metales **alcalinos** o **alcalinotérreos**, así como de otros metales como el aluminio, lo que contribuye a la alcalinización del suelo ácido.

Con respecto al análisis físico – químico del suelo experimental podemos decir que ha influido directamente en el crecimiento de la planta el

silicato de calcio especial en el campo; podemos indicar que el suelo en estudio se encuentra degradado por la acción de una inadecuada conducción del cultivo de la coca (*Erythroxylon coca*) durante los años de 1966 a 1982; y la predominancia de malezas que poco o nada han contribuido en mejorar el suelo: *Andropogon bicornis* "rabo de zorro" y en menor presencia las "macorillas" (1983 a 2015).

Además, es favorecido por las condiciones climáticas de la zona, que presenta una abundante precipitación pluvial; por estas razones los investigadores BRAY (1953) y KAMPRATH (1967), mencionan que el origen de los suelos degradados es debido a condiciones climáticas de abundante precipitación pluvial. Por este motivo se lixivian gran cantidad de bases intercambiables del suelo: Ca, Mg, K, Na; con la consecuente acidificación progresiva de los suelos tropicales.

El potencial de hidrogeno del suelo experimental es de reacción fuertemente ácido (4,40), por lo tanto el ión aluminio intercambiable se presentó soluble y asimilable hacia la planta de El Pino Chuncho; esto es afirmado por FASSBENDER (1975), quién menciona que la mayor solubilidad del aluminio (Al^{+3}) está alrededor de $pH=4,5$, en ésta condición el ión puede ser tóxico; pero por efecto del silicato de calcio especial ($Ca(OH)_5SiO_2$) la toxicidad no afecta.

La textura arcillosa del suelo también ha influido positivamente en el crecimiento de la planta de El Pino Chuncho, principalmente en el sistema radicular, lo cual posiblemente ha permitido su adecuado desarrollo; al respecto ESTRADA y CUMMING (1978), refieren que en los suelos ácidos el aluminio

activo es absorbido por las arcillas, que se encuentran en equilibrio con los de la solución suelo, de donde pueden ser absorbidos produciendo problemas de toxicidad en las plantas.

El elemento fósforo disponible es importante para el desarrollo radicular de la planta, se presentó en un contenido bajo (5,00 ppm de P), debido al efecto de la acidez del suelo; sobre esto SANCHEZ y THOMÁS (1967), mencionan que el elemento que se ve más afectado bajo condiciones de fuerte acidez de los suelos es el fósforo, al formar compuestos insolubles principalmente con Al, y en menor escala con Fe, Mn, Zn. La atracción del fósforo por el Al se comprobó en maíz, porque se precipitó en los espacios intercelulares. Así también los investigadores ANGLADETTE (1969) y DELVIN (1975) indican que el fósforo se encuentra en fuertes concentraciones en los tejidos meristemáticos y en zonas activas de crecimiento y en zonas activas de crecimiento de la planta, para ser trasladados a las hojas o tallos y partes reproductivas para su conversión en el llenado de frutos y/o granos.

Estas características físicas y químicas desfavorables del suelo experimental para el crecimiento de la planta de pino chuncho, se vieron, en cierto grado corregido por el efecto beneficioso que tiene el silicato de calcio especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$); en la zona de influencia que tiene el producto.

Los investigadores FINNGERMAN (1969) y HUMUVERD (1988), mencionan que entre las propiedades físicas del suelo, haciéndolo cada vez más permeable al aire y al agua; dá el cuerpo a las arenas mulle, a las arcillas es capaz de retener hasta 1,5 veces su peso en agua; mejora la capacidad de

oxido – reducción, dando lugar a la formación de cargas negativas, las cuales constituyen el asiento de las propiedades de capacidad de cationes de cambio, favoreciendo la retención de los cationes nutritivos esenciales de la planta, su pH neutro permite aplicarlo en cualquier dosis sin correr el riesgo de quemar los cultivos. El poseer una relación C/N cercanos a 11 – 12 ideal para la mineralización del nitrógeno.

Finalmente de acuerdo al análisis del suelo que nos muestra un bajo contenido de fósforo, nitrógeno y potasio, debe ser superada en el tiempo con el aporte de biomasa por parte de la especie instalada que se desarrollara exitosamente; lo cual es mencionada por BRYDSON, R, quién informa que los silicatos forman materiales basados en la repetición de la unidad tetraédrica SiO_4 , que tiene cargas negativas que generalmente son compensadas por la presencia de iones de metales alcalinos o alcalinotérreos, así como de otros metales como el aluminio, lo que contribuye a la alcalinización del suelo ácido.

VI. CONCLUSIONES

1. El efecto del Silicato de calcio especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$), en la germinación, no presentó mayor influencia ya que para la realización de este proceso fisiológico no es determinante este insumo, para completar las fases de este proceso es importante la disponibilidad de agua; el mayor porcentaje de germinación se obtuvo en el tratamiento T_0 y T_1 con 0.0 y 0.25 Kg de Silicato de calcio especial.
2. El efecto del Silicato de calcio especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$), en el crecimiento longitudinal y diametral en la planta de Pino chuncho, en un suelo degradado ha sido beneficioso por que este producto ha favorecido significativamente el desarrollo de la planta con 1,00 Kg de Silicato de calcio especial que después de 180 días alcanzó 64.40 cm de altitud, superando significativamente al tratamiento sin aplicación de silicato de calcio especial que tan solo alcanzó 32.70; de la misma forma el efecto se observó en el diámetro, donde con el T_4 al final de la evaluación el Pino Chuncho alcanzó 1.40 cm, superando significativamente al tratamiento sin aplicación de Silicato de calcio especial que tan solo alcanzó 0.6 cm.

3. El mejor nivel de aplicación silicato de calcio especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$) que se ha encontrado en el presente ensayo, es el tratamiento T_4 con 1,00 Kg de silicato de calcio especial por planta, produciéndose una altura y diámetro de la planta en: 64.40 y 1.40 cm, respectivamente; el nivel de silicato de calcio que se ha ubicado en el segundo lugar es el tratamiento T_3 con 0.75 Kg de silicato de calcio con 48.90 cm de altura y 0.75 cm de diámetro.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar la siembra en campo definitivo en meses de bajas precipitaciones que no sobrepasen los 170 mm mensuales, ya que la especie en estudio no soporta aniegos.
2. Para la germinación y desarrollo inicial del Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*) en Tingo María, se recomienda la incorporación de 0.75 Kg de silicato de calcio especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$), ya que solo presenta diferencia estadística con el tratamiento T4 con 1.00 Kg de silicato de calcio especial.
3. Evaluar el efecto residual de los diferentes niveles de aplicación de silicato de calcio especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$), en función de un mayor tiempo de evaluación, para poder explicar con más objetividad el efecto del silicato de calcio especial y su comportamiento en suelo degradado.
4. Realizar ensayos experimentales utilizando el Silicato de calcio especial ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$) a nivel de campo para otras especies agroforestales y ya sea con fines de reforestación u otras en suelos de reacción ácida.
5. Se recomienda realizar una análisis de suelo después de 01 año para ver el efecto del silicato de calcio especial sobre este.

VIII. ABSTRACT

The present work of investigation San Carlos carried out in the Property in the country, inside the microbasin of the river Supte, in Supte Chico's populated minor center, to the North-East of Tingo Maria's city, district Rupa Rupa, Leoncio Prado's province, region Huánuco; inside the coordinates: latitude $09^{\circ}17'45''$ south, length $75^{\circ}57'45''$ west and Altitude: 715 m.s.n.m.

The experiment understands a test, which seeks to know the effect of different levels of silicate of special calcium ($\text{Ca}(\text{OH})_5\text{SiO}_2$), in the percentage of germination, growth of total height, basal diameter and number of branches in the plantation of Pine Chuncho (*Schizolobium amazonicum*); and to find the advisable level of silicate of special calcium, to obtain an initial ideal and economic growth. For it a forest species used named Pine Chuncho (*Schizolobium amazonicum*), and levels of silicate of special calcium of 0.0, 0.25, 0.50, 0.75 and 1.00 Kg for hole respectively; the experimental used design was that of blocks I complete at random with three repetitions.

The results found in the experiment show us the effect that has the silicate of special calcium, for the growth of total height, basal diameter and number of branches they are well-known due to the fact that the grafts of Pine Chuncho, they can assimilate in direct form nourishing cations and take advantage of the

charitable effect that possesses this product. On the other hand one has thought that the best level of application of the silicate of special calcium is that of 1,0 Kg for hole, helping to reach in the growth in total height 64.40 cm, basal diameter 1.40 cm and 6 branches; the level of 0.75 being located secondly Kg by growth in total height of 48.94 cm, basal diameter 0.75 cm and 5 leaves in the plant of pine chuncho.

Key words: *Schizolobium amazonicum*, silicate of special calcium, degraded soils.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGLADETTE, A. 1969. Arroz. Madrid, Blume, 215-18p.

BRYDSON, R., Richardson, I.G., McComb, D.W. and Groves, G.W. (1993).

Parallel electron energy loss spectroscopy study of Al-substituted calcium silicate hydrate (C-S-H) phases present in hardened cement pastes, Solid State Commun.

<http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Silicato&oldid=78876661>

COLEMAN. N. T.; G. W. THOMAS. 1967. The basic chemistry of soil science of America proceedings. 12: 1-42.

DESCO. 2005. Sistemas de plantaciones en Selva; instalación y Manejo.

Lima, Perú, Ali Arte Publicaciones S.R.L. 48p

FAO. 2003. Productos forestales no madereros 13 – Evaluación de los

Recursos de productos. [En línea]: (<http://www.fao.org/documents> /, 28. May. 2006).

INIA, ICRAF. 1996. La importancia relativa de nutrientes del suelo durante el crecimiento inicial de árboles en pasturas degradadas. Programa Nacional de Agroforestería y Cultivos Tropicales. Informe. Pucallpa, Perú. p. 7.

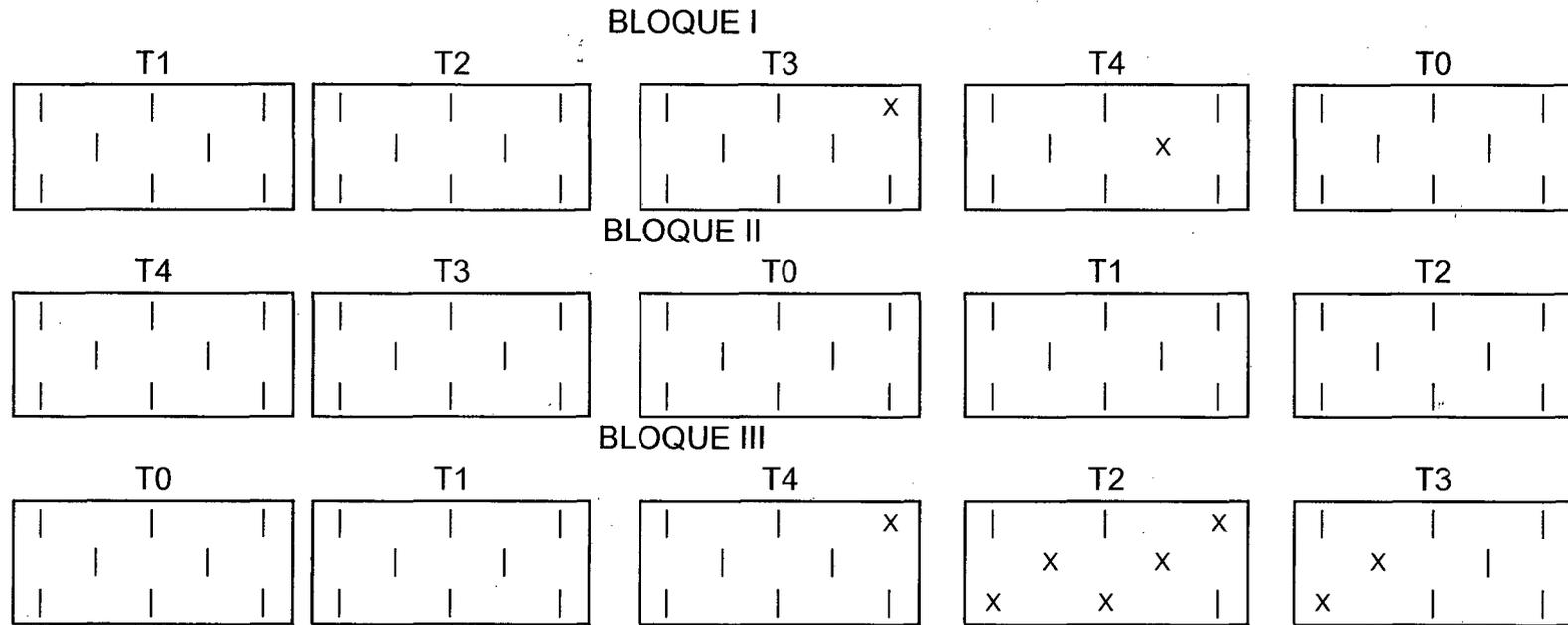
MARTÍNEZ, B. 1992. Estadística. 6 ed. Edit. Santa Fe de Bogotá, Colombia, Textos universitarios. 774 p.

REYNEL, C.; PENNINGTON, R.; PENNINGTON, T.; FLORES, C.; DAZA, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonía peruana. Lima, PE, Darwin Initiative, ICRAF. 509 p.

H. F. W. Taylor (2004). Thomas Telford, ed. Cement Chemistry (en inglés y español) (Segunda edición). p. 113.

ANEXOS

Cuadro 13: Datos de semillas de Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*), que germinaron a cinco días de la instalación en campo definitivo.



X : No Germinó

I : Germinó

Cuadro14: Datos de promedios de altura, diámetro y número de hojas de Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*) a los 60, 120 y 180 días de evolución en suelos degradados de Tingo María.

Tratamiento	BLOQUE	Altura (cm/mes)			Diámetro (cm/mes)			Número de hojas (hojas/mes)		
		60 días	120 días	180 días	60 días	120 días	180 días	60 días	120 días	180 días
0	1	11.1	18.1	34.1	0.3	0.4	0.6	2.8	5.3	4.6
1	1	10.3	14.7	30.3	0.3	0.5	0.7	3.0	3.1	3.3
2	1	10.4	16.2	45.8	0.3	0.4	0.8	2.6	3.6	4.2
3	1	10.6	19.2	52.6	0.3	0.5	0.8	3.0	4.6	5.2
4	1	10.3	16.3	62.4	0.3	0.4	1.3	2.7	3.7	4.9
0	2	9.8	11.5	31.2	0.3	0.4	0.6	2.4	3.4	3.4
1	2	9.4	12.0	29.4	0.3	0.4	0.6	2.4	2.5	3.1
2	2	10.9	18.6	48.1	0.3	0.5	0.9	2.4	4.6	5.0
3	2	9.6	12.9	46.9	0.3	0.4	0.7	2.8	4.0	4.6
4	2	10.8	19.3	66.4	0.3	0.5	1.4	2.6	4.5	5.8
0	3	10.1	14.0	32.3	0.3	0.4	0.6	2.3	3.7	3.1
1	3	10.8	16.8	31.8	0.3	0.5	0.7	2.4	3.3	4.2
2	3	9.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0
3	3	9.7	16.0	48.5	0.3	0.5	0.8	2.2	3.0	4.0
4	3	9.9	17.7	64.0	0.3	0.5	1.4	3.0	5.3	6.7

Cuadro 15: Datos de la tasa de Incremento bimestral de la Altura, diámetro y número de hojas de Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*) a los 60, 120 y 180 días de evolución en suelos degradados de Tingo María.

Tratamiento	Bloque	Altura (cm/mes)		Diámetro (cm/mes)		Número de hojas (hojas/mes)	
		60-120 días	120-180 días	60-120 días	120-180 días	60-120 días	120-180 días
0	1	7.0	16.0	0.08	0.19	3	-1
1	1	4.5	15.6	0.13	0.21	0	0
2	1	5.8	29.7	0.12	0.37	1	1
3	1	8.6	33.4	0.17	0.30	2	1
4	1	6.0	46.1	0.12	0.90	1	1
0	2	1.8	19.7	0.09	0.19	1	0
1	2	2.6	17.4	0.12	0.21	0	1
2	2	7.8	29.5	0.19	0.37	2	0
3	2	3.3	34.0	0.10	0.30	1	1
4	2	8.5	47.1	0.14	0.90	2	1
0	3	3.9	18.3	0.05	0.19	1	-1
1	3	6.1	15.0	0.15	0.21	1	1
2	3	-9.0	0.0	-0.31	0.00	-2	0
3	3	6.3	32.5	0.14	0.30	1	1
4	3	7.8	46.3	0.16	0.90	2	1



Figura 10. Limpieza del terreno.



Figura 11. Alineamiento de terreno



Figura 12. Adición de humus a los hoyos.



Figura 13. Sembrado de material vegetativo.



Figura 14. Material vegetativo en brote.



Figura 15. Material vegetativo en brote.



Figura 16. Actividad de evaluación.



Figura 17. Evaluación final.