

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSTGRADO



PROGRAMA DE MAESTRÍA

SECCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS

**EFFECTO DEL ENCALADO EN EL CRECIMIENTO DE LA  
VALERIANA PILOSA R&P EN HUANICO, CAJAMARCA**

Para optar el Grado Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

Presentado por:

Maestría: JAVIER NAZAR CIPRIANO

Asesor: Dr. EDIN ALVA PLASENCIA

Cajamarca - Perú

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSTGRADO



PROGRAMA DE MAESTRÍA

SECCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS

**EFFECTO DEL ENCALADO EN EL CRECIMIENTO DE LA  
VALERIANA PILOSA R&P EN HUANICO, CAJAMARCA**

Maestría: JAVIER NAZAR CIPRIANO

### **Comité Científico**

Dr. Edin Alva Plasencia  
Asesor

Dr. Juan Chávez Rabanal  
Miembro de Comité Científico

M.Cs. Flor García Acosta  
Miembro de Comité Científico

M.Cs. Atilio Cadenillas Martínez  
Miembro de Comité Científico

Cajamarca - Perú

2015

COPYRIGHT © 2015 by  
**NAZAR CIPRIANO JAVIER**  
Todos los derechos reservados

A:

A Dios, por fortalecer mi espíritu e iluminar mi mente.

A mis padres y hermanos, que en todo momento me apoyaron y confiaron en mí para  
la realización de la presente tesis.

## CONTENIDO

Ítem	Página
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	vii
LISTA DE ABREVIACIONES.....	ix
GLOSARIO.....	x
RESUMEN .....	xii
Capítulo	
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Antecedentes .....	3
2.2. Bases Teóricas.....	4
2.2.1. Biodiversidad .....	4
2.2.2. Aspectos generales sobre la valeriana.....	5
2.2.3. Acidez de los suelos.....	13
2.2.4. Origen y causas de la acidificación de los suelos .....	13
2.2.5. Efectos tóxicos del aluminio y manganeso en los cultivos.....	15
2.2.6. Metodología para la recuperación de suelos .....	19
2.2.7. El encalado y la acidez del suelo .....	20
2.2.8. La adición de cal .....	21
2.2.9. El sobreencalado .....	24

III. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS .....	26
3.1. Definición operacional de variables.....	26
3.2. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos .....	27
3.3. Tipo de investigación .....	27
3.4. Unidad de análisis y muestra .....	28
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.....	28
IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....	29
4.1. Descripción del ámbito de estudio .....	29
4.2. Equipos y materiales en campo.....	30
4.3. Metodología y fases a la ejecución en campo.....	31
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
5.1. Altura de planta .....	37
5.2. Número de hojas .....	41
5.3. Longitud de raíz .....	44
5.4. Materia seca .....	47
5.5. Evaluación de análisis de suelos .....	49
VI. CONCLUSIONES .....	60
VII. RECOMENDACIONES .....	61
VIII. LISTA DE REFERENCIAS.....	62
ANEXOS .....	66

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Figuras	Página
1. Esquema de la lixiviación de los cationes de intercambio .....	14
2. Reacciones del encalado en suelos ácidos .....	21
3. Ubicación del ámbito de estudio .....	29
4. Croquis de distribución de los tratamientos en campo.....	31
5. Altura de plantas por los días de evaluación.....	39
6. Promedio en número de hojas .....	43
7. Promedio en longitud de raíces por el método de duncan al 5% .....	45
8. Contenido de materia seca en cada tratamiento .....	48
9. Promedio de pH en el suelo .....	49
10. Promedio de materia orgánica en el suelo en cada tratamiento .....	51
11. Promedio de fósforo en el suelo en cada tratamiento .....	52
12. Promedio de potasio en el suelo en cada tratamiento .....	54
13. Promedios de calcio y magnesio en el suelo en cada tratamiento.....	55
14. Promedios de aluminio en el suelo en cada tratamiento .....	57
15. Promedios de porcentaje de acidez cambiante en el suelo en cada tratamiento ....	58
Tablas	
1. Matriz de operacionalización de variables .....	26
2. Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos por variable.....	27
3. Tipificación de la investigación .....	27
4. Análisis de cal .....	31

5. Análisis de varianza para el diseño de bloque completamente al azar .....	32
6. Descripción de los tratamientos en estudio .....	32
7. Análisis físico químico del suelo .....	33
8. Análisis de la varianza para altura de planta .....	37
9. Prueba de significación en altura de planta .....	39
10. Análisis de varianza para número de hojas .....	41
11. Prueba de significación en número de hojas .....	42
12. Análisis de varianza para longitud de raíz .....	44
13. Análisis de varianza para materia seca.....	47
14. Promedio de análisis de suelos para cada tratamiento .....	50

## LISTA DE ABREVIACIONES

Al:	Aluminio
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	Óxido de Aluminio
Al (OH) <sub>3</sub> :	Hidróxido de Aluminio
Ca <sup>2+</sup> :	Calcio
CaO:	Oxido de Calcio
CaCO <sub>3</sub> :	Carbonato de Calcio
CICE:	Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva
CO:	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub> :	Dióxido de Carbono
DBCA:	Diseño de Bloques Completamente al Azar
EEBI:	Estación Experimental Baños del Inca
Fe:	Hierro
INIA:	Instituto Nacional de Investigación Agraria
K:	Potasio
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> :	Ión Amonio
M.O.:	Materia Orgánica
Mn:	Manganeso
Mg:	Magnesio
N:	Nitrógeno
P:	Fósforo

## GLOSARIO

**Acidez actual.** Se expresa por la concentración de iones  $H^+$  actualmente disociados en la solución suelo y se expresa por el pH (Zavaleta 1992).

**Acidez total o potencial.** Corresponde a los iones  $H^+$  de cambio adsorbidos (o al  $Al^{3+}$  que libera iones  $H^+$ ) que se disocian progresivamente en la solución suelo (Zavaleta 1992).

**Acido.** Un ácido es una sustancia que tiende a dar protones (iones hidrógeno) a alguna otra sustancia (Werner y Tisdale 1993).

**Acidez del suelo.** Se entiende por acidez del suelo la condición del mismo en la cual existe una acumulación de elementos tóxicos (Al, Fe y Mn), a menudo asociada a una fertilidad natural baja (deficiencia de fosforo, cationes y elementos menores) (Molina 1998).

**Diversidad biológica o biodiversidad.** Es un componente de los ecosistemas terrestres, generado por procesos de hibridación con otras especies relacionadas fitogenéticamente y por procesos coevolutivos con otros organismos, principalmente animales y por la interacción con los elementos del ambiente (luz, aire, etc.) (Sánchez 1997).

**Endemismo.** Es un instrumento importante para determinar y examinar los objetivos y prioridades de una estrategia para la conservación de la diversidad biológica (León et al. 2006).

**Efecto floculante.** Es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado (Bohn 1993).

**Farmacognosia.** Es la ciencia farmacéutica que se ocupa del estudio de las drogas y las sustancias medicamentosas de origen natural; bien sea vegetal, microbiano (hongos, bacterias) y animal (Osorio 2009).

**Hidrólisis.** Es el reemplazamiento de cationes en la estructura de los silicatos primarios, por los iones de hidrógeno desde la solución suelo y llegando a la completa descomposición de los minerales (Navarro 2003).

**Ión aluminio.** Es el catión predominante en los suelos ácidos y el principal responsable de la acidez del suelo (Pérez 1986).

**Jalca.** La palabra Jalca, se refiere a una zona poco habitada en la región altoandina con temperaturas cambiantes y condiciones climáticas extremas o a una unidad fisiográfica y vegetacional del paisaje altoandina (Ruiz et al. 2007).

**Encalado.** Es una práctica para reducir problema de la acidez de los suelos. Su acción radica en que produce un desplazamiento de los iones predominantes de los suelos ácidos hacia la solución, también incorporan al suelo grupos de hidroxilo, los cuales son responsables directos de la precipitación del aluminio (A. Jackson 1967).

**Materia orgánica del suelo.** Es una acumulación de plantas muertas, principalmente descompuestas, y residuos de animales (Bohn 1993).

**Mineralización.** Corresponden a los diversos procesos que pueden contribuir a la meteorización (intemperismo) de los minerales que componen el material parental y al desarrollo del perfil del suelo (Bohn 1993).

**Nitrificación.** Es la oxidación biológica de amonio con oxígeno en nitrito, seguido por la oxidación de esos nitritos en nitratos (Navarro 2003).

**Oxido de calcio.** El óxido de cal es un polvo blanco, de manejo completamente desagradable. Es fabricado mediante la tostación de la piedra caliza en un horno, también conocido como cal viva y su fórmula es CaO (Werner y Tisdale 1993).

**Planta herbácea.** Planta no leñosa, es decir, que no tiene tejidos duros, persistentes y fibrosos, formados con base en lignina. Por lo mismo, no tiene la dureza y consistencia que se presenta en árboles y arbustos (Sánchez 1997).

**pH.** Es el logaritmo negativo de la concentración de  $H^+$  (Navarro 2003).

**Planta herbácea.** Es una planta que no presenta órganos decididamente leñosos. Los tallos de las hierbas son verdes y mueren generalmente al acabar la buena estación, siendo sustituidos por otros nuevos si la hierba es vivaz (Sánchez 1997).

**Suelos ácidos.** Los suelos ácidos contienen una cantidad considerable de cationes hidrógenos a efectos de la acidificación, el cual tiende a disminuir la disponibilidad de nutrientes (magnesio, calcio, fosforo, potasio) en los lugares donde suelen ser absorbidos por las plantas (Navarro 2003).

**EFFECTO DEL ENCALADO EN EL CRECIMIENTO DE LA *Valeriana pilosa* R & P EN HUANICO, CAJAMARCA**

**RESUMEN**

En la presente investigación, se estudió el efecto del encalado en el crecimiento de la *Valeriana pilosa* R & P en la localidad de Campo Alegre, Caserío de Huanico – Provincia y Región de Cajamarca. Se utilizó diferentes dosis de óxido de calcio en 4 tratamientos (T1, T2, T3 y T4) por cada parcela de 6 m<sup>2</sup> en un área de 120 m<sup>2</sup>. El diseño utilizado fue de bloques completamente al azar, que consta de 4 tratamientos con sus 3 respectivas repeticiones, distribuidas en 15 parcelas al azar. En cada parcela de 6m<sup>2</sup>, se ha plantado 24 hijuelos de valeriana, las cuales en toda el área se ha requerido de 360 hijuelos. El mejor resultado al finalizar las evaluaciones de las variables morfológicas tales como: altura de la planta (7.13 cm), número de hojas (6 unidades), longitud de raíces (9.95 cm) y materia seca (10.35 g), lo obtuvo el tratamiento T4 (con 4 tha<sup>-1</sup>), es decir que el óxido de calcio agregado en las parcelas de cada tratamiento (suelo) ha influido en el crecimiento de las plantas por el incremento de pH (5.65 - nivel a moderadamente ácido) y nutrientes en el suelo como los cationes cambiables (Ca, Mg, P), y asimismo ha disminuido la acidez cambiabile de 66.06 % a 6.32%.

**Palabras clave:** Valeriana, domesticación, encalad

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

Los Andes peruanos proporcionan una gran variedad de hábitats y diversidad biológica, entre los ecosistemas andinos de gran interés es la Jalca (Cano et al. 2010).

La Jalca, es una unidad fisiográfica, florística y de vegetaciones del paisaje andino, donde existe diversos recursos de flora (Sánchez y Dillon 2006); y dentro de ella se encuentra la especie de la *Valeriana pilosa* R&P, especie económicamente importante por sus raíces; la cual están consideradas como medicamentos de origen natural en la farmacognosia, y es utilizado para tratamientos terapéuticos. En Cajamarca el campesino lo usa en decocciones con leche o agua, contra el insomnio y el dolor de cabeza (Ramírez et al. 2006).

La especie *Valeriana pilosa* R&P, crece en forma lenta en suelos ácidos de la Jalca de Cajamarca, sus características morfológicas son pequeñas y actualmente no existen estudios agronómicos de la especie para su proliferación.

Asimismo, en la actualidad; el impacto ecológico y sociocultural producido por la minería, agricultura, ganadería, urbanización, degradación de los suelos y la excesiva recolección indiscriminada de la planta, son factores que ponen en riesgo a la conservación y protección de las poblaciones silvestres en la Jalca de Cajamarca.

Los diversos factores mencionados anteriormente han conllevado a desarrollar la presente investigación, con el objetivo de evaluar el efecto del encalado en el crecimiento de la *Valeriana pilosa* R&P en Huanico, Cajamarca.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

Actualmente no existen investigaciones en plantaciones de la especie *Valeriana pilosa* con enmiendas calcáreas; sin embargo, existen investigaciones de cal aplicados en diferentes cultivos las cuales se cita de la siguiente manera:

El efecto de la cal a una dosis de  $2.5 \text{ tha}^{-1}$  en un suelo ácido con pH de 3.2, influyó en el crecimiento en altura de planta (14 cm) y en longitud de raíces (26.3 cm), a comparación de los otros tratamientos que no agrego cal. Asimismo, si se quiere cultivar la planta con fines comerciales, se necesitará hacerla más eficiente desde el punto de vista productivo, por ello es necesario probar la respuesta del encalado como una forma de superar las limitantes de los suelos ácidos (Rumay 2010).

La aplicación de carbonato de calcio a un suelo ácido, aumentó progresivamente el pH, contenido de calcio y la capacidad de intercambio catiónico; de ésta misma manera disminuyó el contenido de aluminio intercambiable (hasta el nivel de 0.2 meq/100g) y el porcentaje de saturación de aluminio. Además, la aplicación del encalado, incrementó la producción de materia seca de las raíces del tomate (Pérez 1986).

El efecto de la cal con una dosis de 1.76 g por maceta, aumentó el desarrollo de las plantas de maracuyá en materia seca, diámetro y altura del tallo de la planta, llegó a medir un metro (1 m). Además, con respecto al pH del suelo aumentó y a la vez disminuyó el aluminio intercambiable (De Mello et al. 2004).

La aplicación de calcita (46.29% CaO) en dosis de 2000 kg ha<sup>-1</sup>, permitió elevar el pH de 5.9 a 6.6, el Ca de 7.1 a 9.9 meq/100 g, y el Mg de 1.2 a 1.8 meq/100 g (García et al. 2002).

El uso de la dolomita aumenta el pH de 4.18 a 4.63, a su vez disminuye el aluminio en el suelo (Acosta 1984).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Biodiversidad**

La biodiversidad o diversidad biológica es un componente de los ecosistemas terrestres, generado por procesos de hibridación con otras especies relacionadas fitogenéticamente y por procesos coevolutivos con otros organismos, principalmente animales y por la interacción con los elementos del ambiente: como la luz, temperatura, humedad y suelo (Sánchez 1997).

La mega diversidad en los andes, es un factor geológico importante de la heterogeneidad ecológica de las zonas de vida natural y de biodiversidad en la región andina. En los ecosistemas andinos existe una amplia biodiversidad vegetal silvestre (Sánchez 1997).

La Jalca, es una unidad fisiográfica, florística y vegetacional del paisaje altoandino (Sánchez y Dillon 2006). En los estudios realizados por Ramírez et al. (2006), menciona que en la Jalca de los distritos de Cajamarca existen 7 especies de valeriana y 2 especies son nuevas, dentro de ellas encontramos a la *Valeriana pilosa* R&P que

actualmente se está comercializando en los mercados de Chiclayo, Lima y Cajamarca en cantidades elevadas.

La planta de la valeriana se usa para tratamientos terapéuticos, debido a los extractos etanólicos y aceites esenciales que contiene la planta, y es comercializada con mayor frecuencia (Lizcano y Vergara 2008). Asimismo, en Argentina (*Valeriana tunuyanense*) y Chile (*Valeriana moyanoi*), encontraron nuevas especies de valeriana, la cual se encuentran conservadas y protegidas en el herbario del museo de historia natural en Santiago (Saldivia y Rojas 2006).

### **2.2.2.Aspectos generales sobre la valeriana**

El género valeriana es el más diverso de la familia valerianaceae y se encuentra ampliamente distribuido en las zonas templadas del hemisferio norte, África y Sudamérica, presentando en la región andina un importante centro de diversificación secundaria (Sánchez y Dillon 2006).

La familia valerianaceae, es reconocida en el Perú por presentar 6 géneros y 92 especies; de las cuales, 55 son endémicas (Ramírez et al., 2006; León et al. 2006).

Especies endémicas de valeriana:

- Valeriana bambusicaulis* Killip
- Valeriana sephalautha* Schltr
- Valeriana comosa* Eriksen
- Valeriana dipsacoides* Graebn
- Valeriana globiflora* Ruiz y Pav.
- Valeriana globularioides* Graebn
- Valeriana globularis* A. Gray
- Valeriana grisiana* Wedd
- Valeriana badros* Graebn
- Valeriana berrerae* Killip
- Valeriana isuetifolia* Killip
- Valeriana jobannae* Weberl
- Valeriana ledoides* Graebn
- Valeriana lyrata* Vahl
- Valeriana malvácea* Graebn
- Valeriana merxmulleri* Seitz
- Valeriana paniculata* Ruiz y Pav.
- Valeriana pardoana* Graebn
- Valeriana connota* Ruiz y Pav.
- Valeriana costata* Schmale
- Valeriana cumbemayensis* B. Eriksen
- 
- Valeriana párvula* Killip
- Valeriana pennellii* Killip
- Valeriana pinnati fida* Ruiz y Pav.
- Valeriana plectritoides* Graebn
- Valeriana plectritoides*
- Valeriana rufescens* Killip
- Valeriana serrata* Ruiz y Pav.
- Valeriana sphaerocephala* Graebn
- Valeriana sphaerophora* Graebn
- Valeriana tessendorffiana* Graebn
- Valeriana trichomanes* Graebn
- Valeriana verrucosa* Schmale
- Valeriana virgata* Ruiz y Pav.
- Valeriana pilosa* R&P

### **2.2.2.1. Condiciones naturales de la planta**

#### **a) Habitación natural**

Son típicas de la biodiversidad vegetal de las zonas de Jalca, la encontramos espaciada y dispersa dentro de las praderas y pajonales de la Jalca.

La palabra Jalca, se refiere a una zona poco habitada en la región altoandina con temperaturas cambiantes y condiciones climáticas extremas o a una unidad fisiográfica y vegetacional del paisaje altoandina. Las condiciones de crecimiento de la valeriana se encuentran junto a gramíneas y en sustrato de ichu en estado de descomposición (Ruiz et al. 2007).

#### **b) Altitud y diversidad**

La valeriana es una planta cosmopolita, es decir, que se distribuye en casi todo el mundo entre las regiones Suni o Jalca (3500 a 4000 msnm), y la Puna (4000 a 4800 msnm) (Ramírez et al. 2006), así mismo León et al. (2006), menciona que los endemismos han sido encontrados principalmente en las regiones puna húmeda y seca, mesoandina y altoandina entre los 2700 y 3200 m.s.n.m.

Al norte de la laguna Maqui Maqui en el Perú a una altitud de 3950, encontraron gran diversidad de especies de plantas, dentro de ellas se encuentra la *Valeriana pilosa* R&P (Sánchez y Dillon 2006), al mismo tiempo en la investigación de Ramírez et al. (2006), demuestra que en las jalcas de los distritos de Cajamarca (Namora, Encañada y San

Marcos) encontraron siete especies de Valeriana al estado silvestre (sobre los 3200 msnm), de las cuales, la *Valeriana pilosa* R&P es la más abundante de uso más frecuente y de mayor importancia comercial.

### **c)Características de los suelos de la jalca**

- Los suelos de las jalcas del Perú son variados debido a la complejidad de las condiciones geológicas, fisiográficas, climáticas y a las acciones antropogénicas. Estos suelos son de textura ligeramente a medianamente ácido (pH 4.5) con alto contenido de materia orgánica; sin embargo, no siempre tienen alto contenido de nitrógeno, esto se debe a las bajas temperaturas que producen disminución de las actividades microbiológicas y hacen que la materia orgánica no se descomponga adecuadamente, generando acumulación, con un incremento de la relación carbono – nitrógeno (Sánchez y Dillon 2006).
- El contenido de fósforo y potasio es variado y la reacción es ácida, con niveles variados de aluminio pero que sólo constituye limitante cuando los suelos tienen poca materia orgánica.
- La especie de la valeriana, prefiere suelos ligeramente ácidos, drenados o sub húmedos, ricos en materia orgánica y crecen en suelos turbosos, oscuros, rocosos, en áreas no intervenidas, suelos agrícolas en descanso y en áreas muy accidentadas de difícil acceso (Ruiz et al. 2007).

### **d)Pendiente**

La planta de la valeriana prefiere terrenos poco inclinados, incluyendo terrenos casi llanos de las laderas (Ruiz et al. 2007). Asimismo, la valeriana crece en lugares casi

planos y en pendientes casi inaccesible, no habiendo diferencia significativa en cuanto a tamaño y vigor de la planta por la proliferación en suelos ácidos (Ramírez y Terán 2004).

#### **2.2.2.2. Características botánicas de la *valeriana pilosa* R&P**

Características botánicas de la planta (Ramírez et al. 2006):

##### **a) Ciclo de vida**

Es una planta herbácea, perenne, de crecimiento arrosetado, debido a que sus hojas crecen en la base.

##### **b) Tamaño**

El tamaño de la planta varía de 10 hasta 60 cm de altura teniendo en cuenta la inflorescencia y los años.

##### **c) Hojas**

Las hojas son lanceoladas, enteras con vellosidades al borde de los pecíolos y en las nervaduras principales, tienen una longitud de 5 a 30 cm y un ancho de 1.5 a 3.5 cm. Las tonalidades de las hojas varían de verde claro a verde oscuro.

##### **d) Tallo**

El tallo simple o ramificado, generalmente cortó e irregular de 2 a 5 cm de diámetro, de la cual nacen las hojas y con una gran cantidad de yemas vegetativas que originan gran cantidad de hijuelos, los tallos tienen en promedio de 12 hijuelos por planta.

### **e)Fruto**

Es un aquenio (fruto seco) de 2 a 3 mm de longitud, el fructificación es más acentuada entre los meses de abril – agosto.

### **f)Inflorescencia**

Las flores, son blancas o verde liliáceas con un aroma característico de 2 a 3 mm de longitud, Su floración se inicia con la época de lluvias siendo más notable desde el mes de febrero hasta junio (Ruiz et al. 2007 y Ramírez et al. 2006).

La valeriana comprende de flores hermafroditas o unisexuales por aborto; cáliz entero, dentado o desarrollado en vilano; corola 5-mera, gibosa en la base; androceo reducido a 3 estambres fértiles, los dos restantes estériles o abortados; ovario ínfero; fruto aquenio (Saldivia y Rojas 2006).

### **g)Raíz**

La raíz es pivotante, alargada de color amarillo o morado, es la parte más importante desde el punto de vista medicinal, a veces se halla un número considerable, en estado fresco la raíz es ligeramente amarga, pero en estado seco el olor es repugnante, esta puede alcanzar hasta 30 cm de longitud, con un grosor variable aproximado de 1 a 3 cm (Ramírez et al. 2006).

### **h)Propagación**

Las semillas son cosechadas a fines de mayo y puestas a germinar a fines de junio. La propagación en el medio natural es sexual en *V. Cumbemayensis*, *V. lyrata* y *V. decusata*

y asexual en el resto de especies; en *Valeriana pilosa* R&P encontraron 3 plántulas/25 m<sup>2</sup> en propagación sexual, en promedio (Ramírez et al. 2006). Así mismo, los hijuelos de la planta crecen más rápido que las semillas.

### **2.2.2.3. Propiedades y usos de la valeriana**

El uso de la valeriana como sedante y tratamiento contra la ansiedad por más de 2000 años, los extractos de valeriana se tornaron populares en Estados Unidos y Europa a mediados de los años 1800 y siguió siendo usado por el público hasta que se reemplazó por las drogas sedativas, aun todavía sigue siendo popular en América del Norte, Europa y Japón, varios estudios han demostrado que el uso de la valeriana no tienen efectos secundarios que producen los sedantes habituales (Ruiz et al. 2007).

La especie de la *Valeriana pilosa* R&P, se encuentra dentro de la categoría de especies medicinales, cuyo valor se encuentra en las raíces de la planta que es utilizada en afecciones antiinflamatorias, sedantes y permite disminuir el stress (Sánchez y Dillon 2006).

El rizoma y las raíces de la valeriana están considerados como medicamentos de origen natural en la farmacognosia y son utilizadas en tratamientos terapéuticos, la sustancia medicinal extraída de la valeriana alcanza prevenir y curar enfermedades (Osorio 2009).

La valeriana es una especie económicamente más importante, por estar dentro de la categoría de especies medicinales, cuyo valor se encuentra en las raíces de la planta, en el

área rural de los distritos de Cajamarca, se usa las raíces frescas o secas, en casos de insomnio, nerviosismo y debilidad; principalmente, bajo la forma de decocciones con leche o agua y con menor frecuencia en infusiones, tintura y ponche; a diferencia de la ciudad, donde se usa en tintura, frecuentemente la mezclan con otras plantas y es utilizado como sedante y permite disminuir el stress. (Ramírez et al. 2006).

#### **2.2.2.4.Causas para el riesgo de la conservación y domesticación de la valeriana**

Las actividades como la minería, la urbanización poblacional, la presión de recolección, la ganadería, la quema de vegetación y la agricultura, son factores de riesgo para la conservación y/o domesticación de este recurso natural (Ramírez et al. 2006)

Varios países son pioneros en conservar y proteger las biodiversidades existentes en su territorio, por ello en Argentina (*Valeriana tunuyanense*) y Chile (*Valeriana moyanoi*) encontraron nuevas especies de valeriana, lo cual se encuentran conservados y protegidos en el herbario del museo de historia natural en Santiago (Saldivia y Rojas 2006).

#### **2.2.3.Acidez de los suelos**

La acidez del suelo, es uno de los principales problemas que se está empleando en los sistemas de clasificación de suelos, sea estimado como pH, saturación de bases, o simplemente dominancia de elementos como Al y Fe, la acidez causa necrosamiento en las raíces de la planta, que se inicia en la parte apical de la raíz y con el tiempo se acerca a la base de la planta (Alvarado y Fallas 2004).

Bajo condiciones muy ácidas, también el aluminio presente en el suelo, es una fuente productora de  $H^+$  (Navarro 2003) y las principales formas de adaptación de las plantas a los efectos adversos de la acidez del suelo se agrupan en 2 categorías: tolerancia de las especies a la acidez (Alvarado y Fallas 2004), y la utilización de enmiendas para neutralizar la acidez (Molina 1998).

Además, en los suelos ácidos existe una mayor adsorción catiónica que aniónica, ya que las cargas negativas son mucho más abundantes que las positivas esto tiene gran importancia agronómica, puesto que el complejo adsorbente permita dejar en reserva los cationes esenciales para la nutrición vegetal:  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  y diversos oligoelementos. Si este almacenamiento de reserva no tuviera lugar, las lluvias de invierno podrían originar suelos estériles (Navarro 2003).

#### 2.2.4. Origen y causas de la acidificación de los suelos

La acidez aparece normalmente en suelos localizados en regiones de alta pluviometría, los cuales están sometidos a un continuo y amplio lavado de los cationes intercambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio) desde el suelo. El continuo lavado va provocando la aparición de una acidez que viene incrementada, al mismo tiempo por la segregación de la raíces y por los compuestos ácidos que se originan en la degradación de la materia orgánica por los microorganismos (Navarro 2003).

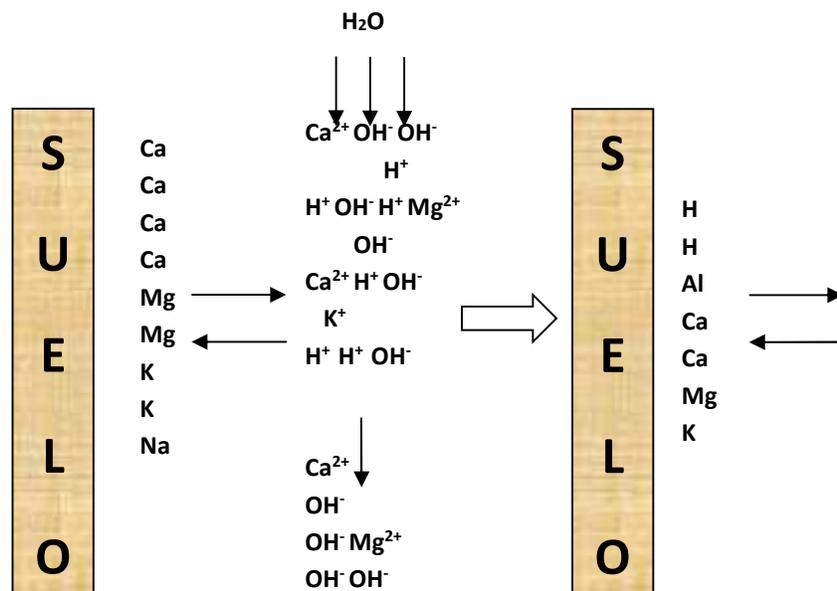


Figura 1. Esquema de la lixiviación de los cationes de intercambio.  
Fuente: (Bernier y Alfaro 2006).

El agua que pasa a través de los poros del suelo arrastra a los cationes de intercambio, especialmente los que se encuentran menos fuertemente ligados a la arcilla (potasio y sodio), dejando lugar a cationes de mayor fuerza iónica como aluminio (Al) e hidrogeno (H). El movimiento de cationes a capas inferiores del suelo (lixiviación) contribuye a la acidificación debido a que por la presencia de aniones (iones de carga negativa) se forman pares iónicos, arrastrando los cationes con el movimiento del agua (Bernier y Alfaro 2006).

El aluminio ( $Al^{3+}$ ) presente en el suelo, es una fuente productora de  $H^+$  y parece dominar la situación en condiciones muy ácidas ( $pH < 5$ ), pero a medida que el pH se eleva al nivel normal de los suelos agrícolas, los  $H^+$  adsorbidos se consideran los más importantes en el proceso de acidificación (Navarro 2003).

Hoy en día la mayor parte de los científicos, reconocen que el  $Al^{3+}$  como el  $H^+$ , junto con la pérdida de cationes básicos tales como: el calcio, magnesio, sodio y el potasio, está implicado con el desarrollo de suelos ácidos (Werner y Tisdale 1993).

#### **2.2.5.Efectos tóxicos del aluminio y manganeso en los cultivos**

Los problemas de crecimiento de cultivos en relación con la penetración deficiente de las raíces en los subsuelos ácidos, con frecuencia se asocian con las altas concentraciones de aluminio o manganeso solubles, estos iones son tóxicos para la mayoría de los cultivos (Bohn et al. 1993).

### **2.2.5.1. El aluminio en las plantas**

El ión aluminio, es el catión predominante en los suelos ácidos y el principal responsable de la acidez del suelo, se recomienda que la cantidad de cal ( $\text{CaCO}_3$ ), debería ser añadida a los suelos ácidos en cantidades equivalentes para lograr la neutralización del Al intercambiable (Pérez 1986). El aluminio obstaculiza la translocación de nutrientes a la parte aérea, los cuales se manifiestan como deficiencias nutricionales principalmente de P, Ca y Mg (Zapata 2004).

Los altos niveles de saturación de aluminio en el suelo reducen el crecimiento de las raíces, inhibiendo su elongación y penetración en el suelo, consecuentemente reduciendo la absorción de agua y nutrientes (Zapata 2004). El aluminio influye en el crecimiento longitudinal de la raíz principal, la que se reduce y favorece el crecimiento y proliferación de las raíces laterales, que, con el tiempo, también acaban inhibidos en su crecimiento. En conjunto el sistema radicular presenta un color pardusco, con raíces cortas, engrosadas y muy ramificadas (Alam et al. 1979).

#### **➤ Efectos tóxicos del aluminio en las plantas**

El principal efecto de la toxicidad del aluminio e hidrogeno, es la restricción del desarrollo radical, por lo cual la planta reduce el volumen de suelo que puede explorar, disminuyendo de este modo la absorción de nutrientes, de agua y reduciendo la producción de materia seca total (Gallardo et al. 2005).

Cuando el aluminio e hidrógeno se acumulan en el suelo en cantidades elevadas, puede afectar negativamente el crecimiento de las plantas poco tolerantes a su presencia. El exceso de aluminio e hidrogeno en la solución del suelo interfiere en la división celular, reduciendo el crecimiento de las raíces (Molina 1998).

El aluminio se acumula en la raíz impidiendo la absorción del agua y nutrientes en forma libre, así como el traslado del potasio y calcio a la parte aérea de la planta (Gallardo et al. 2005), la toxicidad del aluminio y del manganeso, así como la deficiencia del calcio, magnesio y fósforo son las responsables del bajo rendimiento (Molina 1998).

Efectos del aluminio en las plantas (Navarro 2003):

- Afecta directamente al proceso metabólico (fisiología) durante la división celular, afecta la figura mitótica debido a la sensibilidad de los mecanismos.
- Raíces cortas, gruesa y poco ramificadas, pardas, pierde turgidez, (abortadas).
- Altera la nutrición normal.
- Hojas pequeñas extremadamente cortas.
- Follaje oscuro.
- Coloración purpura (deficiencia de fósforo).
- Precipita al fósforo o lo fija.

#### **2.2.5.2. Razones de baja fertilidad de los suelos ácidos**

Estimación de baja fertilidad en suelos ácidos:

**Toxicidad de aluminio.** - Cuando el aluminio se acumula en el suelo en cantidad elevada, puede afectar negativamente el crecimiento de las plantas poco tolerantes a su presencia. El exceso de aluminio en la solución del suelo interfiere en la división celular, reduciendo el crecimiento de las raíces (Molina 1998).

**Deficiencia de calcio y/o magnesio.** - Los suelos ácidos tienen una cantidad de cationes intercambiables baja, por lo que la disponibilidad de elementos como el calcio o el magnesio no es suficiente para lograr el crecimiento óptimo de la mayoría de los cultivos. La presencia de alto contenido de aluminio en la solución del suelo inhibe la absorción de calcio y magnesio por las raíces de las plantas (Molina 1998).

**Toxicidad de manganeso.** - En Australia, se menciona como problema la toxicidad de Mn cuando el pH del suelo disminuye; en suelos ácidos con problemas de mal drenaje, la toxicidad de Mn suele ser común, afectándose negativamente el crecimiento de las plantas (Molina 1998). El aumento de la dosis de cal produce una disminución de la concentración de magnesio en la planta (Díaz y Marcano 1995).

**Retención de fósforo.** - La presencia de cantidades altas de aluminio y hierro intercambiables aunadas a un aumento en la cantidad de carga positiva en las micelas de cambio de suelos ácidos, hace que la disponibilidad del fósforo adicionado como fertilizante a estos suelos disminuya temporalmente. Este fenómeno se llama como retención del fósforo, y se refiere a que el fósforo se retiene en el suelo con una fuerza mayor a la que tienen las plantas para absorberlo. En este suelo ácido tropical, el aluminio y el hierro están presentes en los minerales arcillosos, se libera a la solución del

suelo cuando el pH es menor de 5.3, y tiene una reacción con el fósforo para formar fosfato de aluminio y hierro que son insolubles, que disminuyen la disponibilidad del elemento para las plantas (Molina 1998).

**Toxicidad de hidrógeno.** - La presencia de cantidades tóxicas de iones  $H^+$  en los suelos orgánicos en materia orgánica, también pueden constituirse en una causa de infertilidad del suelo (Molina 1998).

### **2.2.6. Metodología para la recuperación de suelos**

El crecimiento normal de las plantas libera  $CO_2$ , a través del proceso de la respiración durante la noche y estas son (Ministerio de Agricultura 2003):

- El proceso de oxidación en el suelo libera los iones de hidrógeno ( $H^+$ ).
- El proceso normal de asimilación de nutrientes del suelo por las raíces de las plantas libera los iones de  $H^+$  y también disminuye los nutrientes básicos ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$ ) en el suelo, por la absorción de los mismos.

Por lo tanto, los procesos de edafización con las intervenciones humanas causan la degradación completa de los suelos en términos químicos y físicos. Para la recuperación de estos suelos ya no existe la posibilidad de sistemas naturales; es necesario iniciar su recuperación a través de aplicación de algunas enmiendas para corregir el problema de acidez, toxicidad de aluminio y escasez de los nutrientes esenciales (Ministerio de Agricultura 2003).

### **2.2.6.1. Proceso de recuperación**

Los suelos ácidos en el Perú, la mejor forma de bajar los niveles de aluminio es aplicar dolomita y cal por lo que contienen calcio, magnesio y algunos micronutrientes (Ministerio de Agricultura 2003).

Los siguientes numerales son las reglas generales que se aplican a todos los sistemas en todos los ámbitos:

- Cuando el pH es 5.0 o menor, se necesita aplicar entre 2 a 4  $\text{tha}^{-1}$  de cal o dolomita.
- La aplicación de las enmiendas de cal y dolomita en grandes cantidades una sola vez satisface las necesidades de los nutrientes y corrige los problemas de acidez y toxicidad de aluminio.

### **2.2.7. El encalado y la acidez del suelo**

El encalado es la aplicación masiva de sales básicas con el objeto de neutralizar la acidez del suelo. La acción neutralizante de los materiales de encalado no se debe en forma directa al Ca y el Mg, si no a las bases químicas a las cuales están ligados estos cationes:  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$  y  $\text{SiO}_3^{2-}$ . Los cationes reemplazan a los iones ácidos de las posiciones intercambiables y los ponen en solución: además las sales básicas se disocian y generan cationes y  $\text{OH}^-$ . Posteriormente los iones ácidos en solución pueden entrar en contacto con la cal y el agua del suelo (Molina 1998).

Los  $\text{OH}^-$  generados por los carbonatos, hidróxidos y silicatos son los que neutralizan la acidez del suelo al propiciar la precipitación del Al como  $\text{Al}(\text{OH})_3$  y la formación del

agua. Las principales reacciones del encalado en el suelo se incluyen en la Figura 2: de la misma se deduce a que el Ca no interviene en la neutralización de la acidez, sino más bien es el anión  $\text{CO}_3^{2-}$  el que al hidrolizarse produce iones  $\text{OH}^-$  que neutralizan los iones  $\text{H}^+$  provenientes de las hidrólisis del Al y precipitan al mismo Al (Molina 1998).

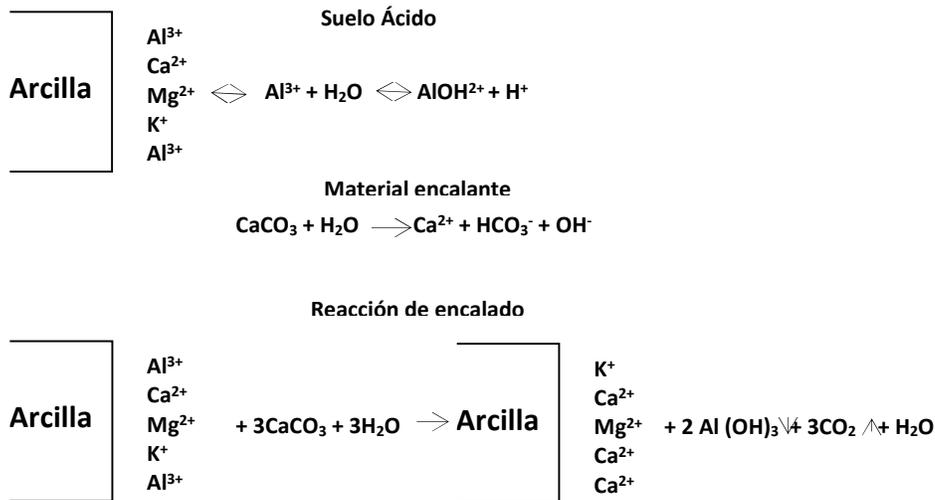


Figura 2. Reacción del encalado en suelos ácidos.  
Fuente: (Molina 1998).

El proceso inverso también puede ocurrir, debido a que los iones básicos como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^+$  pueden ser removidos del suelo por la absorción de las plantas o la lixiviación, siendo reemplazados por  $\text{Al}^{3+}$ . A medida que ocurre este proceso, se incrementa la actividad del  $\text{H}^+$  y se reduce el pH del suelo. La acidificación progresiva del suelo es favorecida cuando se utilizan dosis altas de fertilizantes nitrogenados amoniacales (Molina 1998).

### **2.2.8.La adición de cal**

La adición de cal, es la adición al suelo de algún compuesto conteniendo calcio, o calcio y magnesio, que es capaz de reducir la acidez, correctamente la cal se refiere tan sólo al óxido cálcico. Los productos que se utilizan como alcalinizantes o correctivos de la acidez del suelo son principalmente: carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de Ca y/o Mg. Debido a su diferente naturaleza química, estos materiales presentan una capacidad de neutralización variable (Werner y Tisdale 1993).

#### **2.2.8.1.Óxido de calcio**

El óxido de cal es un polvo blanco, de manejo completamente desagradable. Es fabricado mediante la tostación de la piedra caliza en un horno. El dióxido de carbono es eliminado, quedando óxido cálcico. El óxido cálcico es la más eficaz de todos los materiales para la adición de cal (Werner y Tisdale 1993).

#### **2.2.8.2.Uso de la cal en la agricultura**

La cal tiene los siguientes usos en la agricultura (Werner y Tisdale 1993; Bohn et al. 1993):

- La aplicación de cal a la mayor parte de los suelos produce un aumento directo en el crecimiento de las plantas.
- La adición de cal a los suelos ácidos inactivará al hierro y al aluminio, aumentando así el nivel de fósforo disponible para las plantas.

- La estructura de los suelos de textura fina puede ser mejorada por una adecuada adición de cal.
- Agregar cal a los suelos ácidos puede incrementar o disminuir el aprovechamiento del potasio.
- La capacidad de intercambio catiónico del suelo, aumentada con la adición de cal, retiene cantidades mayores de potasio dentro de la zona de las raíces y también la conserva durante un tiempo más largo.

### **2.2.8.3.Efectos de la aplicación de cal**

El encalado de los suelos ácidos produce efectos beneficiosos tanto en aspectos químicos como físicos y estos son (Bernier y Alfaro 2006):

**a) Toxicidad de aluminio;** el mayor efecto beneficioso del encalado es la reducción en la solubilidad del aluminio y del manganeso, los que son tóxicos para la mayoría de los cultivos.

**b) Disponibilidad de fósforo;** la aplicación de cal no produce liberación de fósforo de formas retenidas o fijadas en el suelo, o de formas insolubles. Sin embargo, favorece la disponibilidad del fósforo aplicado después del encalado. La cal bloquea algunos sitios reactivos del complejo coloidal, impidiendo que éstos atraigan los iones fosfatados que están en la solución del suelo y los retengan o fijen. De este modo queda más fósforo disponible para ser absorbido por las plantas.

**c) Fijación de nitrógeno;** por lo general, la acidez restringe la actividad de la mayoría de los microorganismos del suelo. El encalado mejora las condiciones adecuadas para el desarrollo de la actividad microbiana.

La fijación biológica de nitrógeno, es uno de los procesos que se ven favorecidos por el encalado. En forma paralela, al mejorar las condiciones de acidez del suelo se favorece toda la actividad de las bacterias responsables de la mineralización de la materia orgánica, favoreciendo la nitrificación del nitrógeno orgánico y la mineralización de formas orgánicas de azufre, a formas minerales capaces de ser absorbidos por las raíces de las plantas y de esa manera se restaurará la materia orgánica (Castañón y Latournerie 2004; Bernier y Alfaro 2006).

**d) Propiedades físicas de suelos;** el encalado mejora las propiedades físicas del suelo, en especial en su estructura, debido al efecto floculante de la cal y de los óxidos e hidróxidos de hierro (Fe) y aluminio (Al). Un efecto indirecto del encalado en las propiedades físicas del suelo, es a través de favorecer el incremento de la población, tamaño y actividad de las lombrices del suelo. El incremento de la actividad de las lombrices afecta la estructura del suelo aumentando la presencia de macroporos. En general, el encalado mejora la respuesta de los cultivos y praderas a la aplicación de fertilizantes debido a las adecuadas condiciones físicas y químicas que promueven el desarrollo radicular, favoreciendo la absorción de agua y de nutrientes (Bernier y Alfaro 2006).

### 2.2.9.El sobreencalado

Se entiende por sobreencalado a la utilización de dosis mayores de cal de las necesarias para neutralizar el Al intercambiable. Un encalado excesivo puede resultar más perjudicial que la propia deficiencia de cal. En las áreas sobre encaladas, las plantas manifiestan un crecimiento deprimido y una coloración amarillenta.

En general, puede aceptarse que el pH de los suelos ácidos no debe elevarse por encima de 7.0 (Molina 1998). Asimismo, menciona las consecuencias del sobreencalado y estas son:

- Reducción del rendimiento por afectarse otras funciones de los suelos y de la planta

- Disminución de la disponibilidad de algunos nutrimentos:

  - Fósforo: debido a que se favorece la formación de fosfatos insolubles de Ca.

  - Boro: las condiciones básicas favorecen el fenómeno de adsorción de Boro en suelos con capacidad de sorción de aniones.

  - Zinc: disminuye su solubilidad cuando sus pH se acercan a niveles 6-7.

  - Manganeso: en pH superiores a 6.2 el Mn tiende a precipitar en presencia de óxidos de Fe y Al.

- Deterioro de la estructura física del suelo. Al subir el pH, el Fe se transforma, su efecto agregante disminuye, por lo tanto, se transforman agregados más pequeños, que reducen las tasas de infiltración y pueden favorecer la erosión. Esto también puede deberse a un aumento de la actividad microbiana que degrada los agentes cementantes de tipo orgánico.

- Reducción en la infiltración del agua.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

#### 3.1. Definición operacional de variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Indicadores	Índices/Ítems
		<b>Dosis de cal</b>	
Encalado (óxido de calcio)	Es una práctica para reducir el problema de la acidez de los suelos.	0	t ha <sup>-1</sup>
		1	“
		2	“
		3	“
		4	“
Morfología de la planta de valeriana	La valeriana, es una planta herbácea, perenne, de crecimiento arrosetado, debido a las hojas basales. Es cosmopolita y se distribuye en casi todo el mundo, entre las regiones Suni o Jalca y la Puna (Ruiz et al. 2007).	Altura de planta	cm
		Número de hojas.	N°
		Longitud de raíz	cm
		Materia seca	g

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 2. Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos por variable

Variables	Indicadores	Recolección de datos		
		Técnica	Instrumento	Fuente
Morfología de la planta de valeriana	Altura de planta	Medición	Regla	Plantas de valeriana
	Número de hojas.	Conteo	Observación directa	“
	Longitud de raíz	Medición	Regla	“
	Materia seca	Peso seco	Balanza analítica	“

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Tipo de investigación

Tabla 3. Tipificación de la investigación

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estratégica o enfoque teórico metodológico	Cuantitativa
Objetivos (alcances)	Descriptiva/explicativa
Fuente de datos	Primaria
Control en el diseño de la prueba	Experimental
Temporalidad	Transversal
Contexto donde se realizará	Campo
Intervención disciplinaria	Multidisciplinaria

Fuente: (Hernández et al. 2010).

### **3.4. Unidad de análisis y muestra**

#### **1.Unidad de análisis**

La unidad de análisis del presente trabajo, es la especie de la *Valeriana pilosa* R&P.

#### **2.Muestra**

En cada parcela experimental de 6 m<sup>2</sup> se ha plantado 24 hijuelos de valeriana en las 15 parcelas instaladas, asimismo se ha requirió de 360 hijuelos.

### **3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos**

En la interpretación de los datos se utilizó el programa INFOSTAT y el Excel.

## CAPÍTULO IV

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. Descripción del ámbito de estudio

La investigación se realizó en un lote de la localidad de Campo Alegre del caserío de Huanico - distrito de Namora - provincia y región de Cajamarca, ubicada a latitud  $07^{\circ}07'S$ , longitud  $78^{\circ}00'W$ , altitud: 3620 m.; con temperaturas entre 13 a 17 °C, y cuyo propietario es el **señor Edgardo, VALENCIA MEDINA**. El acceso al caserío de Huanico, es por trocha carrozable que parte a la altura de la mano izquierda de la ciudad de Namora en dirección hacia la Provincia de Cajabamba. La distancia al campo experimental es de 63 km, que dista desde Cajamarca – Huanico – Campo Alegre.

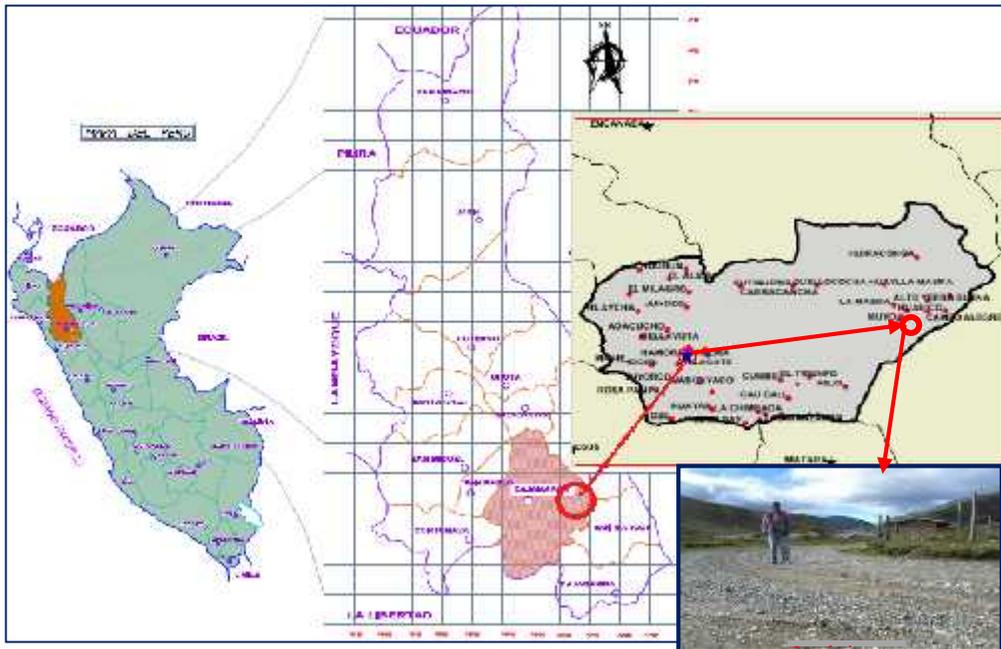


Figura 3. Ubicación del ámbito de estudio.

## **4.2. Equipos y materiales en campo**

- Balanza electrónica.
- GPS.
- Cal.
- Estacas.
- Wincha (30 m).
- Rafia (20 m).
- Estacas (40 cm).
- Bolsas de plástico.
- Letreros elaborados.
- Herramientas de labranza (Pico, azadón, pala y machete).
- Tijera de podar.
- Alambre para cerco.
- Postes para cerco.

### **4.2.1. Materiales de escritorio y otros**

- Cuaderno de campo
- Plumón indeleble
- Croquis de la parcelación
- Cámara fotográfica
- .Computadora

## 4.2.2. Componentes en estudio

### 4.2.2.1. Material vegetativo

- Se utilizó hijuelos de las plantas adultas de la especie de *Valeriana pilosa* R&P.

### 4.2.2.2. Material encalante

El material encalante utilizado fue la Cal (Óxido de calcio), con un contenido de 75.4% de CaO y 24.6% de impurezas (Ver tabla 4).

Tabla 4. Análisis de cal

Material encalante	CaO (%)
Cal	75.4

Fuente: (Laboratorio INIA 2012).

## 4.3. Metodología y fases a la ejecución en campo

### 4.3.1. Diseño experimental

El diseño del experimento fue el DBCA (Diseño de bloques completamente al azar) que consta de 3 bloques. El área experimental de 120 m<sup>2</sup>, se ha dividido en 3 bloques de 36 m<sup>2</sup>, cada bloque está conformado por 5 parcelas con una dimensión de 6 m<sup>2</sup> (2 m x 3 m) y dentro de ellas se encuentran distribuidos al azar los 5 tratamientos. Para la realización de este trabajo se utilizaron estacas, Wincha y rafia; en la figura 4. Muestra el croquis de la distribución de los tratamientos:

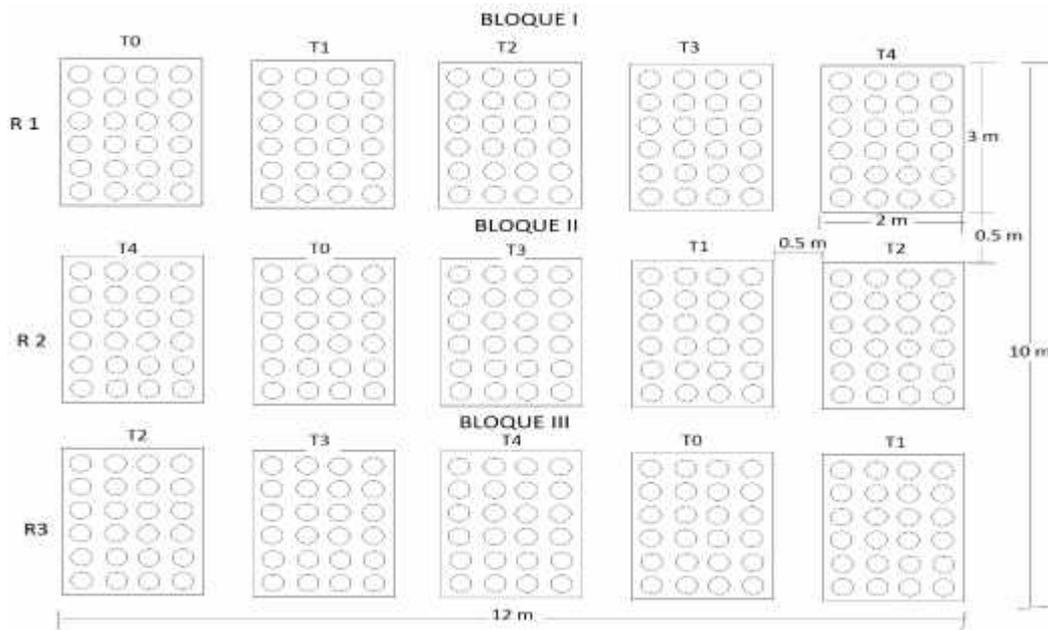


Figura 4. Croquis de distribución de los tratamientos en campo.

#### 4.3.2. Esquema de análisis de varianza (ANVA)

Tabla 5. Análisis de varianza para el diseño de bloque completamente al azar

FUENTES DE VARIABILIDAD	GRADOS LIBERTAD
Tratamiento	$t - 1$
Bloques	$b - 1$
Error experimental	$(t - 1)(b - 1)$
Total	$tb - 1$

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.3. Tratamiento en estudio

Tabla 6. Descripción de los tratamientos en estudio

N°	Descripción	Tratamiento	tha <sup>-1</sup>	Dosis de cal Kg/parcela de 6 m <sup>2</sup> /trat.
1	T0	0		0
2	T1	1		0.6
3	T2	2		1.2
4	T3	3		1.8
5	T4	4		2.4

Fuente: Elaboración propia.

Para la obtención de las dosis de cal por tratamiento, se determinó por el método cuadrado (consiste en la multiplicación del área de las medidas de las parcelas por tratamiento).

#### 4.3.4. Fase de campo

En esta fase se describe las diversas actividades ejecutadas en la investigación:

##### a) Delimitación del área del experimento:

Consistió en la demarcación del área de 120 m<sup>2</sup> (12 m x 10 m) con estacas de madera y wincha de 20 m, ejecutado el 02 de mayo del 2012.

##### b) Limpieza del área, muestreo de suelo y diseño del experimento:

- Se ha delimitado el área experimental y se procedió a la limpieza del terreno, cuya actividad consistió en el deshierbo de las malezas en toda el área de los 120 m<sup>2</sup>.
- Después de haber realizado la limpieza se ha tomado muestras de suelos en forma de Zic Zac en toda el área demarcada, luego se extrajo aproximadamente 1 kg de suelo para su análisis respectivo.

Tabla 7. Análisis físico químico del suelo

Número de muestra	DOSIS kg	Textura	pH	M.O. %	N %	K ppm	P ppm	Cambiables			CICe	% Ac. Cam.
								1meq/100 g				
								Ca	Mg	Al		
Inicial Testigo	0	Fo. Ar.	3.95	3.11	0.25	110.11	5.44	3.24	0.32	6.93	10.49	66.06

Fo.Ar = Franco Arcilloso

Fuente: Tecnología y desarrollo agrícola J.D. S.R.L.

### c) Aplicación de cal

La actividad fue realizado al día siguiente de la delimitación, limpieza y muestreo de suelo, consistiendo de la siguiente manera:

- 1) Tratamiento 0 = “Testigo sin cal”; 2); Tratamiento 1tha<sup>-1</sup> = 0.6 kg; 3); Tratamiento 2 tha<sup>-1</sup> = 1.2 kg; 4); Tratamiento 3 tha<sup>-1</sup>= 1.8 kg; 5); Tratamiento 4 tha<sup>-1</sup>= 2.4 kg. Para el pesado de las dosis de cal, se utilizó una balanza y seguidamente se procedió a pesar con bolsas de plástico conforme a lo establecido o requerido por tratamiento.
- Una vez limpio el terreno y dividido los bloques, se realizó el arado manualmente con el azadón a las 15 parcelas, luego se aplicó la cal al voleo en el suelo por parcela de cada tratamiento en los 3 bloques, posteriormente se removió la tierra hasta que la mezcla de ambos haya quedado uniforme.
- Después de la aplicación de la cal, se dejó por un lapso de 3 meses y 11 días de incubación, para que la cal se hidrolice con las aguas de lluvia y reaccione o se solubilice con las partículas del suelo, de esa manera ejercerá su acción neutralizante e incrementará el pH del suelo y disminuirá el efecto tóxico del Aluminio.

### d) Plantación de hijuelos y cercado del área

Actividad realizada el día 15 y 16 de agosto del 2012.

- En las plantaciones de los 360 hijuelos de la *Valeriana pilosa* R&P en las 15 parcelas de 6 m<sup>2</sup>, se procedió a utilizar las herramientas necesarias como azadón, machete, pico y barreta; para la realización de los hoyos a una profundidad de 10 cm. Posteriormente se ha seleccionado los hijuelos con características uniformes en tamaño y vigor, luego se ha procedido a plantar los hijuelos a una distancia entre plantas de 0.5 m.
- Después de estas actividades, se procedió al cercado del área de 120 m<sup>2</sup> para prevenir destrozo o perjuicio por animales y/o personas.

#### **e) Evaluación morfológica de las plantas por tratamiento con sus respectivas repeticiones**

Para este proceso, se ha considerado 6 plantas al azar por tratamiento, luego cada planta fue identificada con pequeñas estacas para su previa evaluación en la medición de altura de la planta y el conteo de número de hojas. Actividad realizada a los 60; 90; 120 y 150 días, lo cual inició el 30 de noviembre del año 2012 y culminó el 28 de febrero del 2013.

Los datos obtenidos fueron anotados en el cuaderno de campo y luego se procedió a procesar los datos en el software INFOSTAT, y de este mismo modo se realizó la interpretación por variable.

Asimismo, en esta etapa, se considerado los siguientes parámetros a evaluar:

- **Medición en altura de planta.** Consistió en la medición de la altura de la planta con una regla de 30 cm desde el nivel del suelo hasta el extremo de la hoja más grande y extendida.
- **Conteo de número de hojas.** El conteo, fue realizado a cada planta por tratamiento con sus respectivas repeticiones.

#### **4.3.5. Fase de gabinete**

En esta fase, se consideró las 6 plantas evaluadas anteriormente, para ello: se ha extraído íntegramente las plantas de cada parcela con barreta y pico, seguidamente se identificó los tratamientos y luego fueron lavadas las plantas con agua.

Actividades realizadas:

##### **a) Medición de longitud de raíces**

En esta actividad se procedió a medir las raíces de la planta con una regla por cada tratamiento y sus respectivas repeticiones.

##### **b) Materia seca**

Se envolvió con papel periódico las plantas evaluadas anteriormente, se identificaron con etiquetas las plantas de cada tratamiento y sus repeticiones, luego fueron llevadas al laboratorio de pastos y forrajes de la Universidad Nacional de Cajamarca y posteriormente se colocó a estufa, a una temperatura de 30 °C por un lapso de 48 horas. Luego se procedió a pesar en una balanza analítica la materia seca de cada tratamiento y seguidamente fueron promediados los datos obtenidos. En esta actividad se obtuvo 25 muestras de producción en materia seca.

##### **c) Análisis de suelo**

Se tomó 4 muestras de suelos de los 4 tratamientos que fueron encalados y cuyos procedimientos fueron los siguientes:

- Se extrajo muestras de suelos en forma de zic zac por tratamiento y sus repeticiones; luego se mezclarán las sub-muestras de las repeticiones y finalmente

se tuvo una muestra de 1 kg de suelo por tratamiento, de las cuales se obtuvo 4 muestras de suelos.

-Las muestras de suelos, fueron llevadas al laboratorio de Tecnología y desarrollo agrícola J.D. S.R.L., ver tabla 14 (resultados).

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. Altura de planta

Tabla 8. Análisis de la varianza para altura de planta

Tratamiento	ANVA			
	60 días	90 días	120 días	150 días
C.V.	3.45	3.30	4.13	2.61
R <sup>2</sup>	0.99	0.99	0.99	0.99
F-trat.	217.17 **	380.73 **	141.59 **	170.03 **
F-bloq.	3.28 n.s.	3.58 n.s.	2.24 n.s.	4.26 *

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los resultados del análisis de varianza en la tabla 8, nos indica lo siguiente:

El coeficiente de variabilidad en las cuatro evaluaciones en altura de planta (días: 60, 90, 120 y 150), indican que el material experimental utilizado, es muy bueno para condiciones de campo y es de confiabilidad el material experimental; pero, se puede decir que a los 150 días, la altura de la planta tiende a tener mejores resultados con un 2.61 %.

Incluso, se encontró significación estadística para bloques a los 150 días, lo cual indica que existe heterogeneidad entre los bloques, es decir que la dosis de cal aplicadas al suelo están siendo investigados en diferentes condiciones y es por ello que la altura de la planta es predominante a comparación de los restos días de evaluación (60, 90 y 120 días), que no se encontró significación estadística para bloques, por lo que la cal no ha influenciado en la altura de planta (optaremos por rechazar la hipótesis planteada), es decir que hay homogeneidad entre bloques a los 60, 90 y 120 días; lo que nos estaría indicando que probablemente la homogeneidad del campo.

Además, se observa que hay alta significación estadística para los tratamientos, lo que indica que existen diferencias, entre los promedios en altura de planta para los 60, 90, 120 y 150 días de evaluación a diferentes dosis de cal aplicados al suelo.

De esta misma manera, se puede afirmar, que el proceso de la hidrólisis (contacto de la cal con el agua del suelo), ha influenciado en el incremento y acumulación de nutrientes básicos como: potasio (de 110.11 ppm a 157.39 ppm), calcio (calcio de 3.24 meq/100g a 7.81 meq/100g), fósforo (fósforo de 5.44 ppm a 9.87 ppm) y magnesio (de 0.32 de 0.78 meq/100g) que se encuentran a los 150 días; solo en altura de la planta para el tratamiento T4, asimismo estos resultados indica que las raíces de las plantas tiene la disponibilidad para absorber nutrientes esenciales para el buen crecimiento o desarrollo de la parte aérea y radicular de la planta (Molina 1998).

También, se puede observar que el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), es positivo y ascendente en las 4 evaluaciones, en la variable altura de planta (a los 60 días=0.99; 90 días=0.99; 120 días=0.99 y 150 días=0.99), por el cual se puede decir que la cal influenció en el crecimiento aéreo de la planta, en este caso es notorio a los 150 días de evaluación.

Tabla 9. Prueba de significación en altura de planta (Duncan  $\alpha=0.05$ )

Tratamiento	Altura de planta (cm)			
	60 días	90 días	120 días	150 días
T4 (4 $\text{tha}^{-1}$ )	2.81 A	4.69 A	5.89 A	7.13 A
T3 (3 $\text{tha}^{-1}$ )	2.48 B	3.35 B	4.85 B	6.38 B
T2 (2 $\text{tha}^{-1}$ )	2.20 C	2.98 C	4.38 C	5.75 C
T1 (1 $\text{tha}^{-1}$ )	2.02 D	2.36 D	3.82 D	4.82 D
T0 (Testigo)	1.15 E	1.72 E	2.60 E	4.39 E

Fuente: Elaboración propia.

En la prueba de comparaciones múltiples de Duncan al 5%, indican que existen diferencias estadísticas a los 60; 90; 120 y 150 días entre los tratamientos T4, T3, T2, T1 y T0. Siendo superior el tratamiento T4 en altura de planta, el cual alcanzo la altura más alta de 2.81cm a los 60 días y 7.13 cm a los 150 días, además presentan otras características deseables como: las hojas verdes, raíces alargadas y ramificadas (ver fotos 5 al 8).

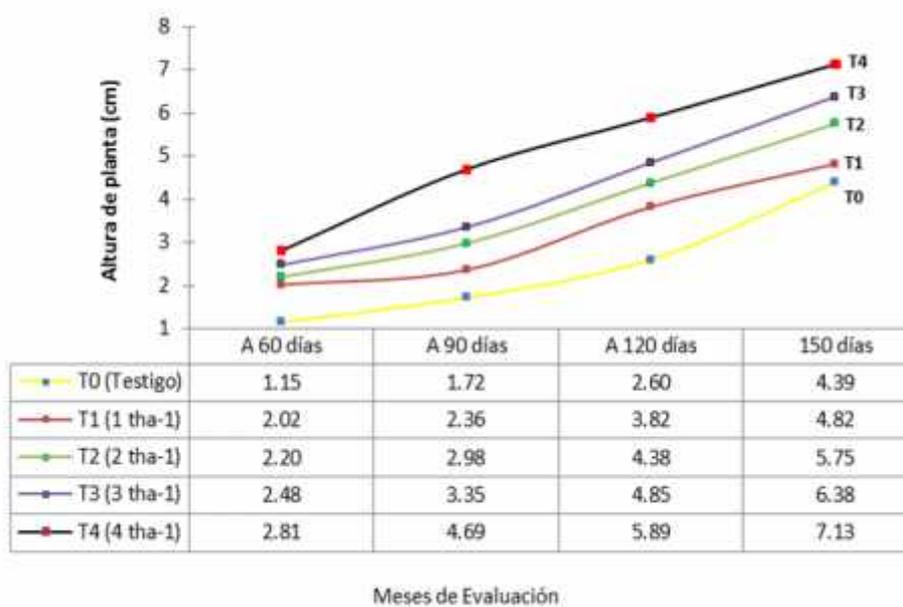


Figura 5. Altura de plantas por los días de evaluación.

En la tabla 14, se observa el incremento ascendente de pH, materia orgánica, nitrógeno, potasio, fósforo y bases cambiabiles para los diversos tratamientos con diferentes dosis de cal aplicados al suelo. Pero el mejor resultado lo obtuvo el tratamiento T4 a los 150 días, debido a la mayor acumulación de los nutrientes básicos en el suelo, además se puede afirmar que el ión hidrógeno fue reemplazado por el catión calcio con un incrementado de 3.24 a 7.81 meq/100g de suelo; los cuales han influido en el crecimiento a la parte aérea y el buen funcionamiento de los ápices radicales de la planta (Molina 1998). Así mismo, la acidez cambiabiles de 66.06%, ha disminuido a

6.32% para el tratamiento T4 a una dosis de 4  $\text{tha}^{-1}$ , a comparación del T0, T1, T2 y T3 que presentan altos porcentajes de acidez cambiante (de 66.06% a 10.61 %), debido a que el óxido de calcio reacciona con el agua y forma el hidróxido de calcio, el cual se disocia en calcio y en moléculas de hidroxilo ( $2\text{OH}^-$ ), y es la encargada de neutralizar las cargas positivas del hidrogeno aumentando el pH del suelo. Además, cabe señalar que para disminuir la acidez del suelo y obtener mejores resultados en el crecimiento de las plantas; se debe aplicar óxido de calcio al suelo en épocas de invierno; lo cual este material enalante permite disminuir la acidez del suelo y a su vez también influye en el crecimiento de la planta, debido a que las actividades microbianas tienden a desarrollarse adecuadamente a las condiciones físicas y químicas en el suelo (Rumay 2010).

## 5.2. Número de hojas

Tabla 10. Análisis de varianza para número de hojas

Tratamiento	ANAVA			
	60 días	90 días	120 días	150 días
C.V.	27.87	7.90	11.45	6.68
R <sup>2</sup>	0.36	0.82	0.90	0.94
F-trat.	1.00 n.s.	8.50 **	16.46 **	29.00 **
F-bloq.	0.29 n.s.	1.00 n.s.	2.15 n.s.	2.67 n.s.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los resultados del análisis de varianza en la tabla 10, nos indica lo siguiente:

- A los 60 días, no se encontró significación estadística en bloques y en los promedios de los números de hojas por cada tratamiento, por lo que probablemente el óxido de calcio no fue disociado en el proceso de la hidrolisis, es decir que aún existe la predominancia de la acidez cambiante en el suelo; lo cual estos inhiben a las raíces de las plantas en la absorción de agua y nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.

-A los 90, 120 y 150 días, no se encontró significación estadística para bloques, por lo que se optará a rechazar la hipótesis, es decir que hay homogeneidad entre bloques. Desde luego esto no es lo que se busca, pero nos estaría indicando que probablemente la disposición de los bloques en el campo no fueron los correctos. A pesar de lo indicado, el coeficiente de variabilidad de 7.9% (90 días), 11.45% (120 días) y 6.68 % (150 días), señalan que las condiciones de campo aun son aceptables, quizá por lo que las hojas lanceoladas crecen conforme se desarrolle el tallo, teniendo en cuenta la inflorescencia y los años de crecimiento de la planta que alcanza una altura aproximadamente de 10 a 60 cm (Ruiz et al. 2007).

-Sin embargo, para el F calculado de los promedios en número de hojas, se puede observar que existe significación estadística, lo que indica que existen diferencias entre los promedios en número de hojas de las plantas por cada tratamiento; lo cual esto nos señala que a pesar que los bloques sean homogéneos, las dosis de cal aplicados al suelo en los tratamientos T1, T2, T3 y T4 evaluados a los 90, 120 y 150 días; ha influenciado en el crecimiento de la planta, por lo optaremos por aceptar la hipótesis.

Tabla 11. Prueba de significación en número de hojas

Tratamiento	Número de hojas			
	60 días	90 días	120 días	150 días
T4 (4 tha <sup>-1</sup> )	2 A	4 A	5 A	6 A
T3 (3 tha <sup>-1</sup> )	2 A	3 B	4 B	5 B
T2 (2 tha <sup>-1</sup> )	1 A	3 B	3 C	4 C
T1 (1 tha <sup>-1</sup> )	1 A	3 B	3 C	4 C
T0 (Testigo)	1 A	3 B	3 C	4 C

Fuente: Elaboración propia.

En la prueba de comparaciones múltiples de Duncan al 5%, indican que:

-A los 60 días, no existen diferencias significativas para el promedio de la variable en número de hojas para los tratamientos T4, T3, T2, T1 y T0. Pero a los 90 días, el número de hojas es superior a los 60 días; las cuales el T4 (4 hojas) superó al T3, T2, T1 y T0.

-El número de hojas a los 120 días superó a los 90 días; los cuales el tratamiento T4 es superior al T3, T2, T1 y T0, pero el T3 superó a T2, T1 y T0, finalmente se puede decir que no existe diferencias estadísticas entre los últimos tratamientos.

-A los 150 días, el número de hojas es superior a los 120 días; es decir que el tratamiento T4 superó a los tratamientos T3, T2, T1 y T0.

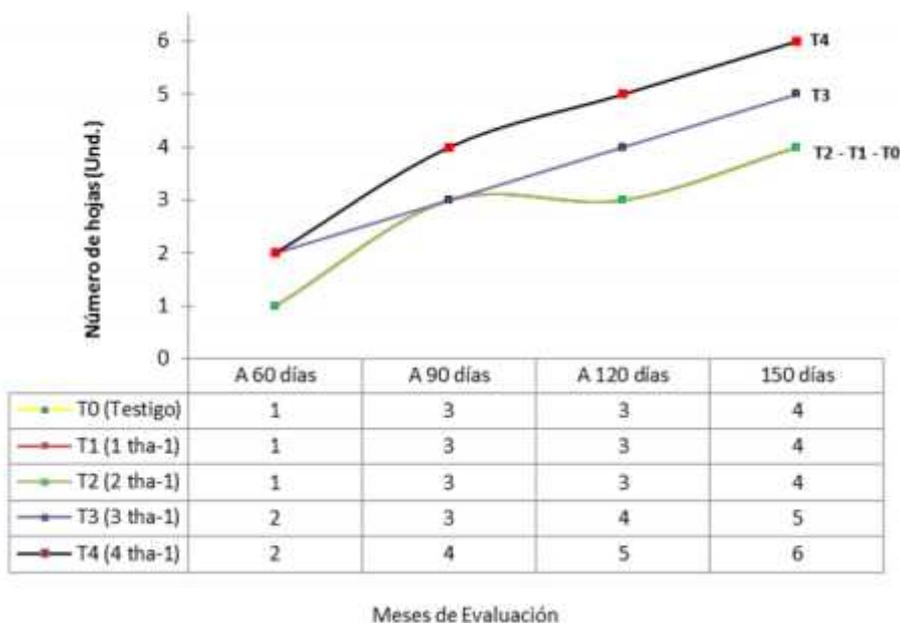


Figura 6. Promedio en número de hojas.

En el figura 6, se observa que el tratamiento T4 es superior en número de hojas a los 150 días, a comparación de los restos tratamientos y evaluaciones, lo cual nos indicaría que al utilizar la dosis de  $4 \text{ tha}^{-1}$ , la acidez cambiante (aluminio e hidrógeno) del suelo disminuye y los nutrientes esenciales como el calcio, magnesio, fósforo y potasio;

estarían disponibles para las plantas, por ello las raíces tienen la facilidad de absorber agua y nutrientes en forma libre, así como el traslado del fósforo y el calcio a la parte aérea de la planta (Gallardo et al. 2005).

Además, en la tabla 14, se observa que para el tratamiento T4, el contenido de fósforo tiende a incrementarse de 5.44 a 9.87 ppm (ver tabla 14), debido a que la cal atrajo a los iones fosfatados que están en la solución del suelo; de este modo queda más fósforo disponible para ser absorbido por las plantas (Bernier y Alfaro 2006); las cuales van a favorecer en el incremento de la expansión foliar de las plantas.

Sin embargo, para los tratamientos T0, T1, T2 y T3 el número de hoja es menor a comparación del T4, debido a la proliferación de la acidez cambiante (hidrógeno y aluminio) en el suelo, es decir que aún existen deficiencias en calcio, magnesio y fósforo (ver tabla 14), y además el exceso de aluminio en la solución del suelo interfiere en la división celular, reduciendo el crecimiento de las raíces (Molina 1998). Igualmente, los iones hidrógenos liberados por las raíces de las plantas, también disminuyen los nutrientes básicos (potasio, calcio y magnesio), en el suelo por la absorción de los mismos.

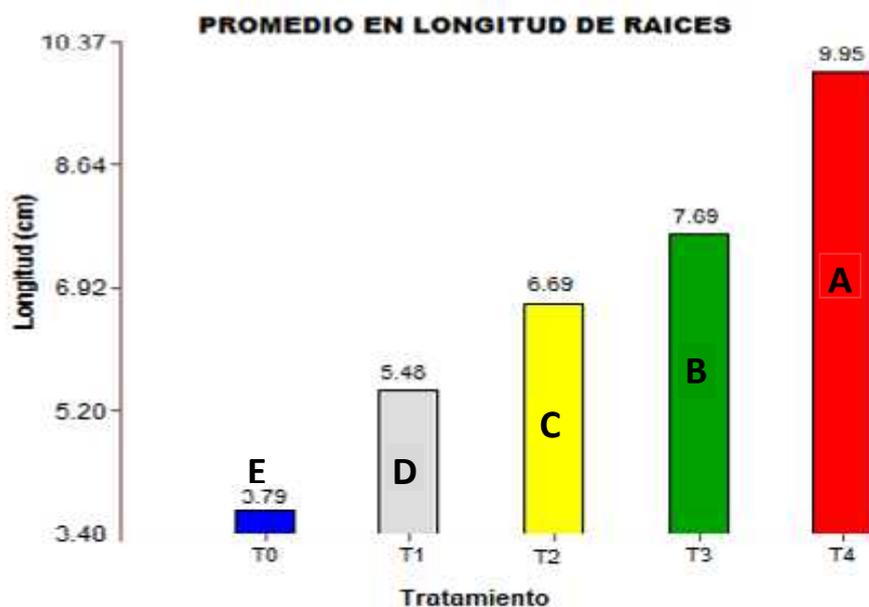
### 5.3. Longitud de raíz

Tabla 12. Análisis de varianza para longitud de raíz

F.V.	SC	CM	F
Modelo	64.45	10.74	316.10
Tratamiento	64.32	16.08	473.25 **
bloque	0.12	0.06	1.81 n.s.
Error	0.27	0.03	
Total	64.72		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 12 del análisis de varianza, no se encontró significación estadística para bloques, es decir que hay homogeneidad entre bloques, pero además se observa que existe alta significación estadística para el promedio de la longitud de las raíces, lo cual nos indica que existe diferencias entre los promedios en longitud de raíces por cada tratamiento en longitud de raíces. Respecto a lo indicado anteriormente, el promedio de la longitud de las raíces enmarcan a la confiabilidad del coeficiente de variabilidad de 2.74%, es decir que el material experimental utilizado es muy bueno para condiciones de campo, por lo que el óxido de calcio ha influenciado en el crecimiento por la absorción de nutrientes esenciales que requiere la planta (Bernier y Alfaro 2006).



Fig

En la prueba de comparaciones múltiples de Duncan al 5%, indican que existen diferencias estadísticas entre los promedios de los tratamientos T4, T3, T2, T1 y T0. Asimismo, siendo superior estadísticamente el tratamiento T4, el cual superó a los tratamientos T3, T2, T1 y T0 en longitud de raíces de 3.79 cm a 9.95 cm. Cabe señalar que estos resultados son por la disminución de la acidez cambiante (aluminio e

hidrógeno) y por la disponibilidad de los nutrientes esenciales como el calcio, fósforo, potasio y magnesio.

Sin embargo, para los tratamientos T0, T1, T2 y T3, el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas no proliferan, debido a que el aluminio e hidrógeno restringe el desarrollo radical, por lo cual la planta reduce el volumen de suelo que puede explorar, disminuyendo de este modo la absorción de nutrientes, agua y reduciendo la producción de materia seca total (Gallardo et al. 2005). Asimismo, el sistema radicular de las plantas presenta un color pardusco con raíces cortas, engrosadas y muy ramificadas, es decir que estas características reducen la longitud de la raíz principal de la planta (Alam et al. 1979); las cuales se puede observar en las fotos de los mencionados tratamientos (Ver foto del 5 al 8).

Además también en la figura 7, se puede observar a que el tratamiento T4 (9.95 cm) es superior en longitud de raíz de los tratamientos: T3 (7.69 cm), T2 (6.69 cm) y T1 (5.48 cm), siendo el testigo T0 (3.79 cm) el que obtuvo el menor promedio en longitud de raíces; por el cual, se puede decir que al aplicar el encalado al suelo, mejora la respuesta de los cultivo, debido a las adecuadas condiciones físicas y químicas que promueven el desarrollo radicular, favoreciendo la absorción de agua y de nutrientes (Bernier y Alfaro 2006) y asimismo Rumay (2010), afirma que al aplicar cal a una dosis de  $2.5 \text{ tha}^{-1}$  en un suelo ácido con pH de 3.2; influye en el crecimiento aéreo y radicular de la *Valeriana Pilosa R&P*.

#### **5.4. Materia seca**

Tabla 13. Análisis de varianza para materia seca

F.V.	SC	CM	F
Modelo	97.83	16.30	125.72
Tratamiento	97.52	24.38	188.00 **
bloque	0.30	0.15	1.17 n.s.
Error	1.04	0.13	
Total	98.86		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 13 del análisis de varianza, no se encontró significación estadística para bloques, por lo que se optará por rechazar la hipótesis planteada, es decir que hay homogeneidad entre bloques; lo cual nos estaría indicando que probablemente la disposición de los bloques en el campo no fueron los correctos.

Sin embargo, se observa también que hay significación estadística para el promedio de materia seca por cada tratamiento, lo que indica que existen diferencias entre promedios de materia seca. Igualmente, el coeficiente de variabilidad para el promedio de materia seca es de 5.56%, es decir que las condiciones de campo son buenas y es el fundamento aun para la confiabilidad de los resultados del experimento.

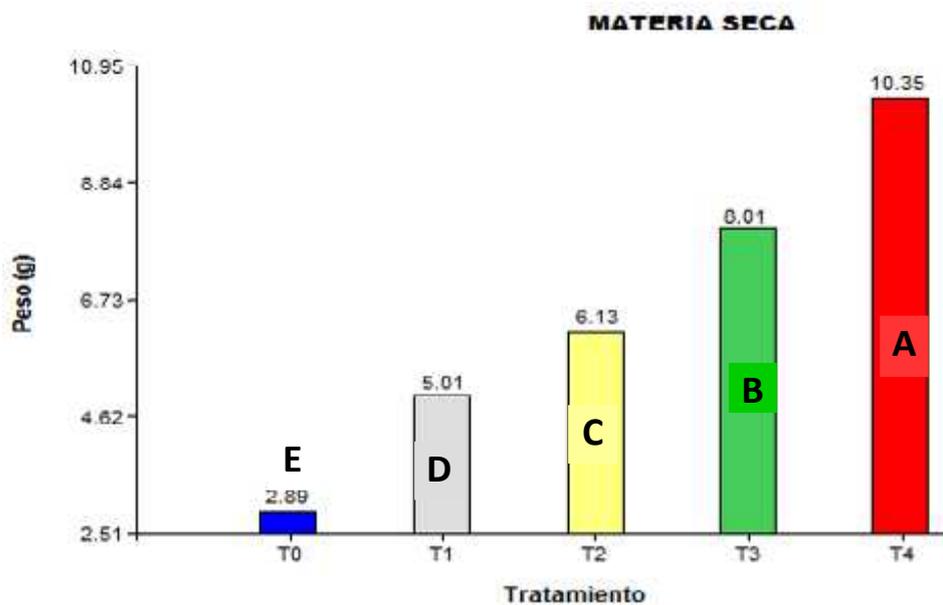


Figura 8. Contenido de materia seca en cada tratamiento.

El tratamiento T4 (10.35g), aportó mayor producción en materia seca y es superior a los demás tratamientos: T3 (8.01g), T2 (6.13 g) y T1 (5.01 g), asimismo siendo el testigo T0 (2.89g), el que obtuvo el menor promedio en producción de materia seca; debido al efecto de la toxicidad del aluminio e hidrogeno que restringe el desarrollo radical de la planta, reduciendo el volumen del suelo, disminuyendo de este modo la absorción de nutrientes, agua y reduce la producción de materia seca (Gallardo et al. 2005).

Asimismo Pérez (1986), afirma que al aplicar oxido de calcio en suelos ácidos, incrementa la producción de materia seca en función del pH en el suelo, lo cual se puede observar en tabla 14; que el pH para el T4 tiende a cambiar el nivel de extremadamente ácido (3.95 Testigo) a moderadamente ácido (5.65), y la producción de materia seca es superior a los restos tratamientos, los que alcanzaron 10.35g para el tratamiento T4, 8.01g para el T3, 6.13g para el T2, 5.02g para T1 y 2.89g para el T0.

### 5.5. Evaluación de análisis de suelos

Para la interpretación de los niveles del análisis físico y químico del suelo, fueron clasificados según el laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

Tabla 14. Promedio de análisis de suelos para cada tratamiento

Número de muestra	DOSIS kg	Textura	Ph	M.O. %	N %	K Ppm	P ppm	Cationes cambiables	CIce	% Ac. Cam.
-------------------	----------	---------	----	--------	-----	-------	-------	---------------------	------	------------

		1meq/100 g												
												Ca	Mg	Al
Inicial	Testigo	0	Fr.Ar.	3.95	3.11	0.20	110.11	5.44	3.24	0.32	6.93	10.49	66.06	
	T1	0.6	Fr.Ar.	5.03	3.23	0.21	138.08	8.18	6.13	0.61	2.24	8.98	24.94	
	T2	1.2	Fr.Ar.	5.06	3.54	0.22	140.22	8.44	6.28	0.63	2.14	9.05	23.65	
Final	T3	1.8	Fr.Ar.	5.45	3.95	0.22	157.39	9.80	7.76	0.75	1.01	9.52	10.61	
	T4	2.4	Fr.Ar.	5.65	4.02	0.25	158.13	9.87	7.81	0.78	0.58	9.17	6.32	

Fuente: Tecnología y desarrollo agrícola J.D. S.R.L. – niveles físicos químicos UNAS.

En la tabla 14, se observa que los promedios de cada tratamiento incrementaron en pH, materia orgánica, fósforo, potasio, bases cambiables (calcio y magnesio), y asimismo disminuye la acidez del suelo.

### 5.5.1. Análisis de pH

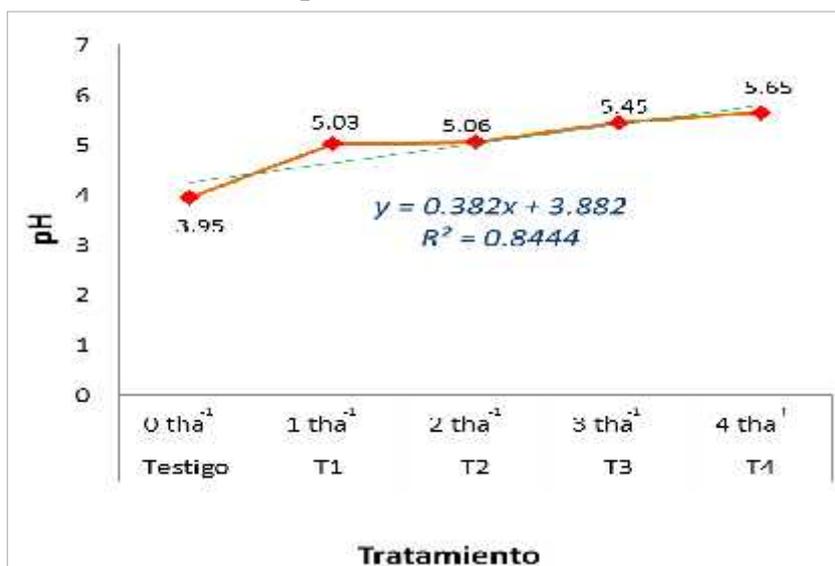


Figura 9. Promedios de pH en el suelo.

La clasificación del pH, en los diversos tratamientos presentaron los siguientes resultados:

El nivel de pH para el testigo T0 (sin cal), es de extremadamente ácido (3.95), a comparación de los tratamientos T1, T2 y T3; que obtuvieron el nivel de fuertemente ácido de 5.03 a 5.45. Sin embargo, el mejor resultado lo obtuvo el T4 con 5.65; el cual nos indica que el nivel de pH ascendió a moderadamente ácido, debido a que el proceso de la hidrólisis (disolución del óxido de calcio en el suelo) incrementa a los iones

hidroxilo, por el cual se eleva el pH, y a la vez disminuye la acidez del suelo (Gallardo et al. 2005).

Para el testigo (T0) y los tratamientos T1, T2 y T3, el nivel de pH no tiende a incrementarse, por la que aún existe una intensa alteración de minerales como el aluminio y la estructura del suelo es inestable por la baja actividad microbiana. Así mismo, en las fotografías 5, 6, 7 y 8, se puede observar que las raíces de las plantas son cortas, engrosadas y muy ramificadas; es decir que el pH es el responsable del bajo crecimiento de la planta en la libre disponibilidad y absorción de nutrientes por las raíces .

Sin embargo, para el tratamiento T4, en la tabla 14, se observa que el pH asciende a 5.65 con un nivel de moderadamente ácido, debido a la dosis de 4  $\text{tha}^{-1}$ ; el cual ha influenciado en el incremento del calcio proveniente de la disolución del óxido de calcio con el agua al ponerse en contacto en el suelo (Gallardo et al. 2005).

### 5.5.2. Análisis de materia orgánica

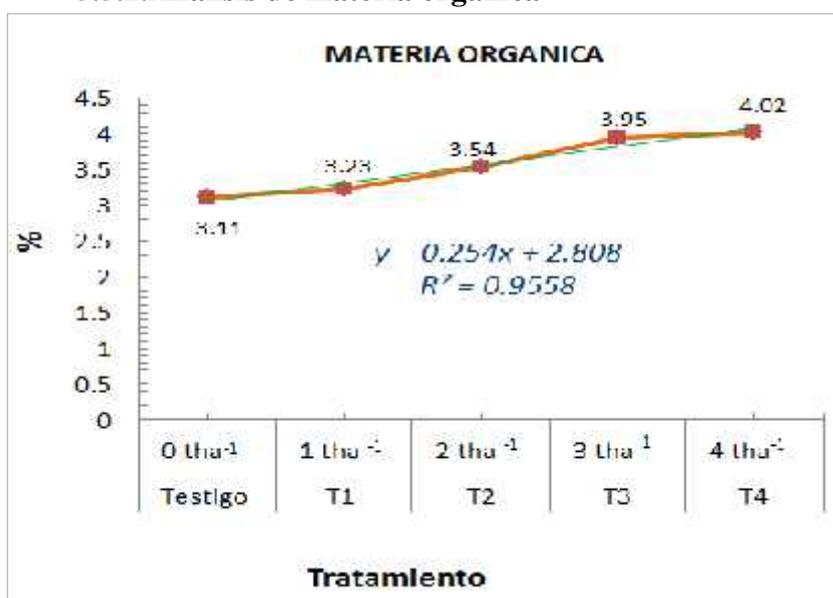


Figura 10. Promedios de materia orgánica en el suelo en cada tratamiento.

El testigo T0 (sin cal), fue el que obtuvo el menor promedio en 3.11 % en contenido de materia orgánica, y un 3.23 %, 3.54%, 3.95% (nivel bajo) a 4.02 % (nivel medio) respectivamente ascendieron los resultados de materia orgánica para los tratamientos T1, T2, T3 y T4; este incremento va en función del pH, la hidrólisis y la mineralización en descomposición de la materia orgánica.

El bajo contenido de materia orgánica para el testigo T0, es debido a que el suelo aún presenta acidez cambiante (ver tabla 14), asimismo estos suelos probablemente han estado sometidos a un continuo y amplio lavado de los cationes intercambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio) por las altas precipitaciones (Navarro 2003), que va provocando la aparición de la acidez, al mismo tiempo la segregación de la raíces de las plantas, y los compuestos ácidos originan la degradación de la materia orgánica por los microorganismos.

Además, otro factor como la altitud de 3620 m.s.n.m. en la zona del experimento, ha implicado la tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo para el testigo (T0). En el caso de los tratamientos T1, T2, T3 y T4, el promedio de la materia orgánica tiende a incrementarse por la aplicación de diferentes dosis de óxido de calcio, el cual favorece a la actividad de las bacterias responsables de la mineralización de la materia orgánica; es decir va favoreciendo a la nitrificación del nitrógeno orgánico, y de esa manera son absorbidos por las raíces de las plantas (Bernier y Alfaro 2006; Castañón y Latournerie 2004).

Por ello, podemos afirmar que el mejor resultado en materia orgánica, lo obtuvo el tratamiento T4, debido a la aplicación de  $4 \text{ tha}^{-1}$  de óxido de calcio.

### 5.5.3. Análisis de fósforo

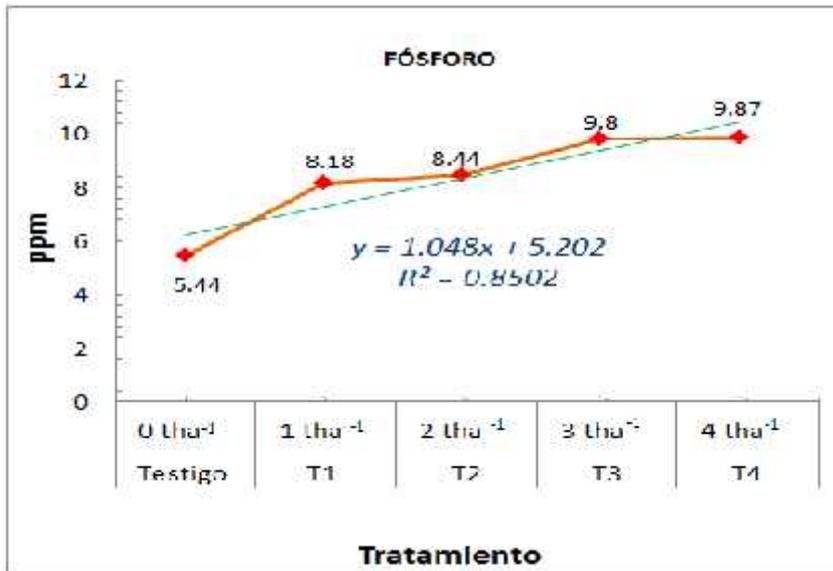


Figura 11. Promedios de fósforo en el suelo en cada tratamiento.

En la figura 11, se observa que el testigo T0 (sin cal), fue el que obtuvo el menor promedio en fósforo (5.44 ppm) a comparación de los tratamientos T1, T2, T3 y T4; los cuales incrementaron de 8.18 ppm a 9.87 ppm (nivel bajo). Asimismo el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es positivo y confiable, porque el 0.8502 está próximo a uno (1), es decir, al incrementar la dosis de óxido de calcio al suelo, el contenido de fósforo aumenta.

De esa manera, se puede afirmar que la adición del óxido de calcio en suelos ácidos; inactivará al hierro y aluminio, aumentando así el nivel de fósforo disponible para las plantas en forma de ión fosfato monoácido e ión fosfato diácido (Bohn et al. 1993).

La aplicación del óxido de calcio en un suelo ácido no produce liberación de fósforo de formas retenidas o fijadas en el suelo o de formas insolubles (Bernier y Alfaro 2006). Sin embargo, el óxido de calcio incrementa la disponibilidad del fósforo aplicado después del encalado, lo cual esto hace que el óxido de calcio bloquea algunos sitios reactivos del complejo coloidal impidiendo que éstos atraigan los iones fosfatados que están en la solución del suelo y los retengan o fijen, y de esta manera quedará más fósforo disponible para ser absorbido por las plantas.

#### 5.5.4. Análisis de potasio

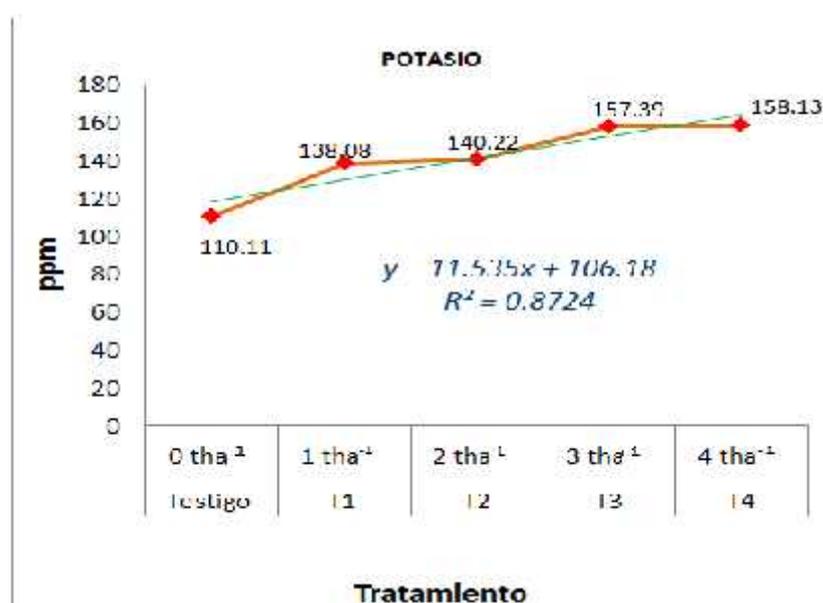
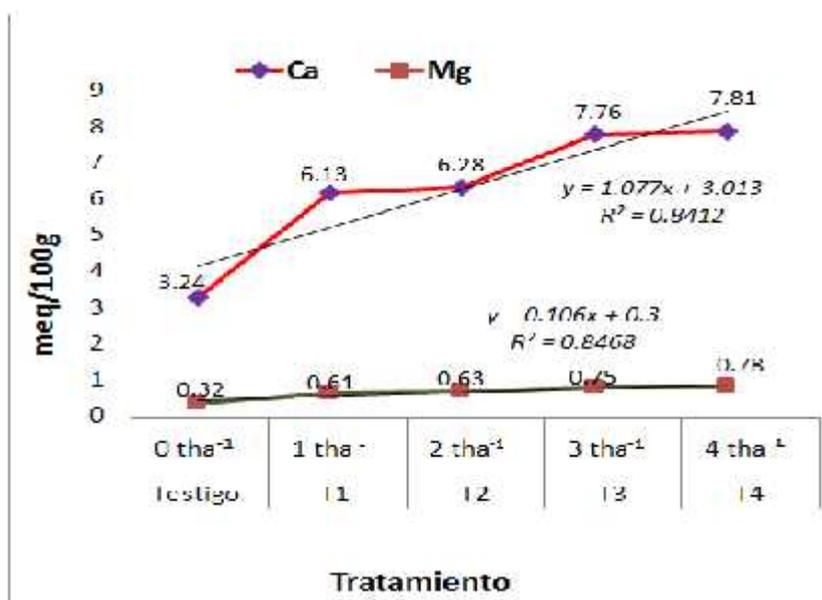


Figura 12. Promedios de potasio en el suelo en cada tratamiento.

El potasio, es absorbido por las plantas en forma de catión  $K^+$ , las plantas extraen grandes cantidades de potasio del suelo para su crecimiento, se puede decir, que en la investigación realizada: la aplicación del óxido de calcio ha influenciado en la liberación del potasio intercambiable localizado en las partículas del suelo; por ello el tratamiento testigo (sin cal), fue el que obtuvo el menor promedio en potasio de 110.11 ppm, sin embargo, el promedio de potasio para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 (aplicación de óxido de calcio en distintas dosis) fueron incrementándose por la liberación del potasio intercambiable de 138.08 ppm a 158.13 ppm (aún el nivel es muy bajo).

Al incrementarse el contenido de potasio en el suelo; favorece en el crecimiento vegetativo, la fructificación, maduración y la calidad de los frutos; los cuales se pueden observar en las plantas para el tratamiento T4 (ver foto 9) y además presenta el mejor resultado en el promedio del contenido de potasio a 158.13 ppm. Asimismo el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es positivo y confiable, porque el 0.8724 está próximo a uno (1), es decir, al incrementar la dosis de óxido de calcio al suelo, el contenido de potasio aumenta.



### 5.5.5. Análisis

de calcio

y

## **magnesio**

Figura 13. Promedios de calcio y magnesio en el suelo en cada tratamiento.

En la figura 13, se observa que los valores de calcio a diferentes dosis de cal tienden a incrementarse de 3.24 meq/100g (testigo sin aplicación de óxido de calcio) a 7.81 meq/100g, y el magnesio de 0.32 meq/100g a 0.78 meq/100g para el tratamiento T4. El aumento de estos cationes cambiables, es a consecuencia del desplazamiento de los cationes por efecto de la aplicación del óxido de calcio al suelo; los cuales reemplazan a los iones ácidos de las posiciones intercambiables y los ponen en solución al entrar en contacto el óxido de calcio con el agua en el suelo, y las bases cambiables como el aluminio e hidrógeno disminuyen.

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es positivo y confiable para el calcio y magnesio, porque están próximos a uno (1), es decir, al incrementar la dosis de óxido de calcio al suelo, el contenido de calcio aumenta y como también el magnesio en el suelo, es más disponible para las plantas.

Asimismo, los suelos de textura franco arcillosos contienen más calcio que los suelos arenosos por el intercambio catiónico, el cual mantienen adheridos al calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) intercambiable en la superficie de los coloides de cargas negativas (ver tabla 14).

Por ello, se observa que en el tratamiento T4, las plantas absorben los cationes cambiables como el calcio y el magnesio, los cuales estimulan en el desarrollo de las raíces y hojas, a comparación de los otros tratamientos que no presentan un buen desarrollo en longitud de raíces y número de hojas. Sin embargo, el bajo contenido de magnesio en los tratamientos T0, T1, T2 y T3 es debido al bajo pH y a la poca cantidad de óxido de calcio agregado en el suelo (Díaz y Marcano 1995).

### 5.5.6. Análisis de aluminio

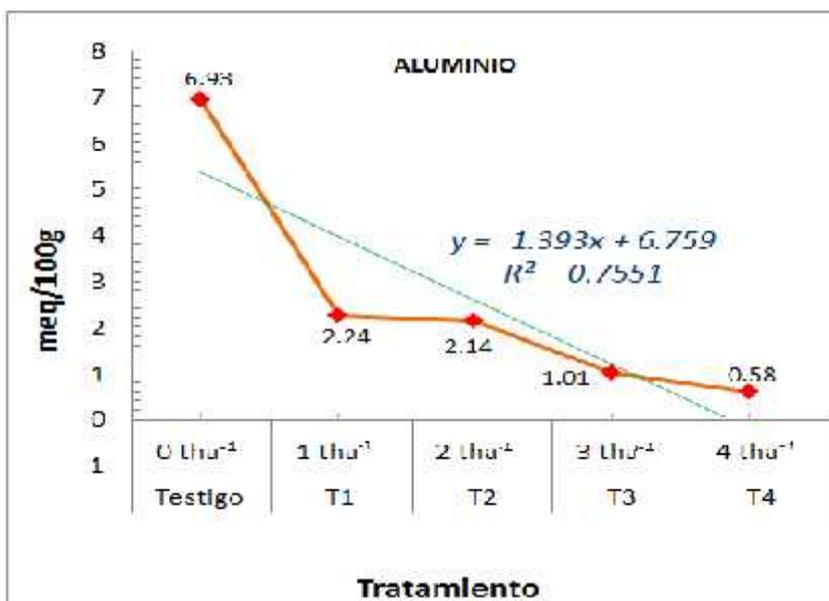


Figura 14. Promedios de aluminio en el suelo en cada tratamiento.

Hoy en día, la mayor parte de los científicos, reconocen que el aluminio ( $Al^{3+}$ ), hidrógeno ( $H^+$ ) y junto con la pérdida de cationes básicos tales como: el calcio, magnesio, sodio y el potasio, influye en el desarrollo de los suelos ácidos (Werner y Tisdale 1993).

Por ello, la aplicación del óxido de calcio en los suelos ácidos, van a disminuir la toxicidad del aluminio a medida que el pH aumenta, la cual esto se puede observar en el figura 14 y en la tabla 14, además el contenido de aluminio tuvo una disminución apreciable de 6.93 meq/100g (testigo) a 0.58 meq/100g para el tratamiento T4 a una dosis de 2.4 kg de óxido de calcio.

Estos resultados, es debido a la utilización del óxido de calcio (Bernier y Alfaro 2006), lo cual va a disminuir la solubilidad del aluminio y del manganeso; los que son tóxicos para la mayoría de los cultivos. Asimismo el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es positivo y confiable, porque el 0.7551 está próximo a uno (1), es decir, al incrementar la dosis de óxido de calcio, el contenido de aluminio disminuye por la reacción de agua, que es asociado como ion hidroxilo que formará hidróxido de aluminio, el cual es menos soluble y menos disponible para las plantas.

### 5.5.7. Análisis de acidez cambiante

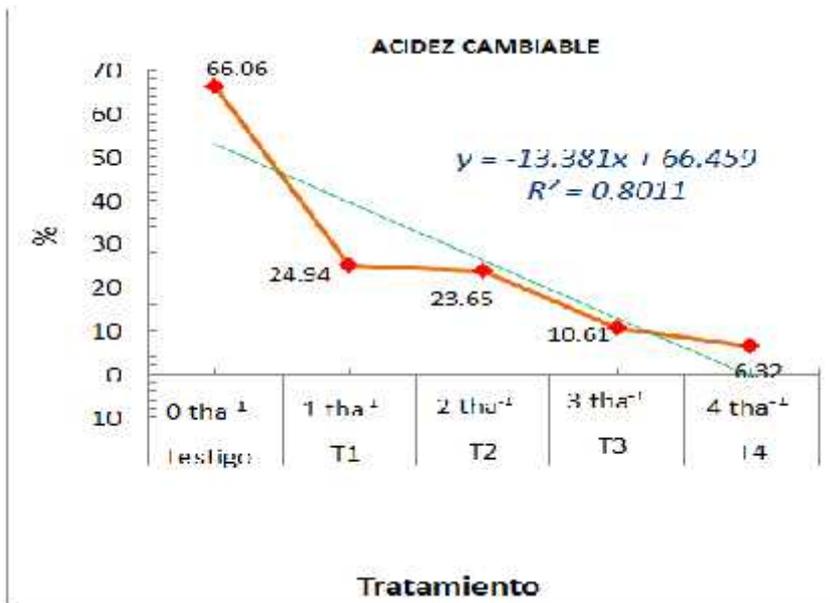


Figura 15.  
Promedios de

porcentaje de acidez cambiante en el suelo en cada tratamiento.

La especie de la *Valeriana pilosa*, crecen en suelos ácidos (Ruiz et al. 2007) y no presenta diferencia significativa en cuanto a tamaño y vigor de la planta por la proliferación de los suelos ácidos (Ramírez y Terán 2004), lo cual estas características son presenciadas en la muestra inicial para el T0 (testigo sin aplicación de óxido de calcio); con un 66.06% de acidez cambiante en el suelo, es decir que aún existe la predominancia del aluminio e hidrógeno en el suelo, debido a que los suelos continúan a un nivel de fuertemente ácidos ( $\text{pH} < 5.4$ ).

Sin embargo, al agregar diferentes dosis de óxido de calcio al suelo, como es en el caso de los tratamientos T1, T2, T3 y T4, el porcentaje de acidez cambiante del suelo ha disminuido progresivamente; los cuales registraron los siguientes valores: 24.94%, 23.65%; 10.61 y 6.32%, es decir que el encalado ha mejorado las propiedades físicas y químicas del suelo, debido al efecto floculante de la cal y de los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio (Bernier y Alfaro 2006). Asimismo las plantas de la valeriana tuvieron mejores resultados en las variables morfológicas como en: altura de planta, número de

hojas, longitud de raíces y materia seca. Además el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es positivo y confiable, porque el 0.8011 está próximo a uno (1), es decir, al incrementar la dosis de óxido de calcio, el contenido de la acidez cambiante disminuye por el aumento del pH.

Pero el mejor resultado lo obtuvo el tratamiento T4 (2.4 kg de óxido de calcio) en un 6.32 % en acidez cambiante, es decir que las propiedades químicas del suelo han incrementado (ver tabla 14), los cuales estas propiedades han favorecido en el crecimiento de la planta: tales como en el desarrollo radicular y aéreo, debido a la absorción de agua y de nutrientes esenciales realizados por las raíces de las plantas (Bernier y Alfaro 2006), cabe señalar que dichos resultados probablemente sea el punto óptimo para el desarrollo de la planta; por lo tanto se aprueba la hipótesis, es decir que el óxido de calcio aplicado a un suelo ácido, ha influenciado en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la *Valeriana pilosa* R&P.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES**

De acuerdo a los objetivos y resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se concluye que:

1. La dosis de mayor influencia en el crecimiento de la valeriana lo obtuvo el tratamiento T4 con  $4 \text{ t ha}^{-1}$  de óxido de calcio aplicado en el suelo.
  
2. En el tratamiento T4, las plantas de la valeriana mostraron mejores resultados en las variables morfológicas tales como: altura de la planta (7.13 cm), número de hojas (6 unidades), longitud de raíces (9.95 cm) y materia seca (10.35 g), debido al efecto del encalado (óxido de calcio) que ha incrementado los nutrientes en el suelo para una mayor disponibilidad de absorción por las plantas.
  
3. El encalado ha incrementado las propiedades químicas del suelo para los tratamientos T1, T2, T3 y T4, tales como: pH, potasio, fósforo, cationes intercambiables (calcio y magnesio) y al mismo tiempo ha disminuido la acidez cambiante de 66.06 a 6.32 % para el tratamiento T4.

## **CAPÍTULO VII**

### **RECOMENDACIONES**

De acuerdo a lo realizado, podemos recomendar:

1. Es necesario investigar el efecto del encalado en diferentes suelos de la jalca a largo plazo y además se deberá realizarse estudios biológicos y fitopatológicos que afectan a la planta.
2. Al realizar una incorporación de óxido de calcio, se debe tener en cuenta; que el suelo este húmedo, para que de esta forma el óxido de calcio pueda reaccionar más rápidamente en el suelo.
3. Utilizar enmiendas calcáreas como el óxido de calcio, cal agrícola, dolomita, etc. para disminuir la acidez de los suelos ácidos.

## CAPÍTULO VIII

### LISTA DE REFERENCIAS

- Acosta, R. 1984. Evaluación del efecto de enmiendas controladoras de la acidez y fuentes de fósforo en suelos ácidos. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Programa Académico de Agronomía Pág. 79.
- Alam A. 1979. Efecto del aluminio compuesto en nutrientes y rendimiento de en granos de avena. *Journal Nutrición de plantas*: 1: 365 - 375.
- Alvarado, A y Fallas, J. 2004. La saturación de acidez y el encalado sobre el crecimiento de la teca (*Tectona Grandis* L.F.) en suelos ácidos de Costa Rica 28 (1): 81 – 87.
- Bernier, R y Alfaro, M. 2006. Acidez de los suelos y efectos del encalado. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín 15. Santiago de Chile, Chile. Pág. 44.
- Bohn, H; McNeal, B y O'Connor, G. 1993. Química del suelo, 1. ed. Editorial limusa. México. 356 pág.
- Cano, A; Mendoza, W; Castillo, S; Morales, M; La Torre, M; Aponte, H; Delgado, A; Valencia, N y Vega, N. 2010. Flora y vegetación de suelos crioturbados y habitats asociados em La cordillera Blanca, Ancash, Perú. *Rev.perú biol* 17 (1): Lima abr. 2010.
- Castañón, G y Latournerie, L. 2004. Fitotecnia. Comportamiento de Familias S1 de Maíz en Distintos pH del Suelo. *Bragantia, Campinas* 63(1): 63-72.

- De Mello, R; Natale, W; De Medeiros, M y Braghirolli, L. 2004. Efecto de la aplicación de la piedra caliza en el desarrollo y en la producción de materia seca de la fruta de la pasión (maracuyá). Rev. Bras. Frutic 26(1).
- Díaz y Marcano. 1995. Efecto de tres dosis de cal agrícola sobre el crecimiento y producción de dos cultivares de yuca (*Munihot Cranstz*) en la localidad de el Molino, Edo. Lara. Bioagro 7(3): 80 – 84.
- Gallardo, F; Pino, M; M, A; B, F. 2005. Efecto del aluminio en la producción de materia seca y en la actividad nitrato reductasa de dos variedades de trigo, creciendo en soluciones nutritivas. Departamento de Ciencias Químicas, Universidad de La Frontera. Temuco – Chile 5 (1): 30 – 36.
- García, F; Micucci, F; Rubio, G; Matías, R; Daverede, I. 2002. Encalado. Fertilización de forrajes en la región pampeana. Instituto de la Potasa y el Fósforo – INPOFOS. Buenos Aires, Argentina. Pág. 1-3.
- Hernández, R; Fernández, C; Baptista, P. 2010. Metodología de la investigación, 5. Ed. McGraw-Hill, México D.F. 613 pág.
- León, B; Roque, J; Ulloa, C; Pitman, N; Jorgensen, P y Cano, A. 2006. El libro rojo de las plantas endémicas del Perú. Lima Perú,, Facultad de Ciencias Biológicas no. 13: 663 – 668.
- Lizcano, A y Vergara, J. 2008. Evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos etanólicos y/o aceites esenciales de las especies vegetales *Valeriana pilosa*, *Hesperomeles ferruginea*, *Myrcianthes rhopaloides* y *Passiflora manicata* frente a microorganismos patógenos y fitopatógenos. (En línea). Consultado 18 de Octubre del 2011. Disponible en [www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis151.pdf](http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis151.pdf).
- Ministerio de Agricultura. 2003. Proamazonia. Formulación de una metodología para la recuperación de suelos degradados en zonas de cultivo de coca. (En

línea). Lima – Perú. Consultado 29 de Octubre del 2011. Disponible en [www.devida.gop.pe.pdf](http://www.devida.gop.pe.pdf).

Molina, E. 1998. Acidez de suelo y encalado. Centro de Investigaciones Agronómicas. (En línea). Universidad de Costa Rica – Costa Rica. Consultado 18 de Octubre del 2011. Disponible en [http://www.agrotriunfo.com/pdf/acidez\\_de\\_suelo\\_encalado.pdf](http://www.agrotriunfo.com/pdf/acidez_de_suelo_encalado.pdf).

Navarro, G. 2003. Química Agrícola; El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal, 2. ed. Ediciones Mundi prensa. España. 486 pág.

Osorio, E. 2009. Aspectos básicos de farmacognosia. (En línea). Universidad de Antioquia. Consultado 18 de Octubre del 2011. Disponible en [www.slideshare.net/elmou/farmacognosia](http://www.slideshare.net/elmou/farmacognosia).

Pérez, R. 1986. Efectos del encalado en la neutralización del aluminio intercambiable y sobre el crecimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum*). Agronomía Tropical 36(1-3): 89 – 110.

Ramírez, J; Terán, R; Sánchez, I y Seminario, J. 2006. Etnobotánica de la «valeriana» (*Valeriana* spp.) en la Jalca de Cajamarca, Perú; Programa de Raíces y Tubérculos Andinos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cajamarca. Arnaldoa 13(2): 370 – 381.

Ramírez, J y Terán, R. 2004. Etnobotánica de la Valeriana (*Valeriana* spp) en zonas altas de Cajamarca. Tesis Ing. Agro. 140 p.

Ruiz, C; Villar, C; Saucedo, A y Retamozo, M. 2007. Manual; Plan de manejo de la Valeriana. Impresión y diseño servicios generales la feria. Cajamarca Perú. Pág. 27.

Rumay, L. 2010. Ensayo de cinco formas de manejo de Valeriana (*Valeriana pilosa* R & P.) en Huanico, Cajamarca. Tesis Ing. Agrónomo. Cajamarca. Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. Pág. 51.

Saldivia, P y Rojas, G. 2006. Valeriana moyanoi sp. (Valerianaceae), nuevo registró para la flora de Chile. Gayana Bot. 63 (2): 183 – 186.

Sánchez, I. 1997. Biodiversidad vegetal en los andes. Raíces andinas – contribuciones al conocimiento y a la capacitación set.: 39, 48 pág.

Sánchez, I y Dillon, N. 2006. Jalcas. Botánica económica de los andes centrales La Paz. : 77 - 99 pág.

Werner, N y Tisdale, S. 1993. Fertilidad de los suelos y fertilizantes, 1. Reimpresión. Editorial limusa. México. Pág. 737.

Zapata, R. 2004. Química de la acidez del suelo, 1. ed. Editorial Mundi prensa. España. 179 pág.

... 2008. Manual para Análisis físicos químicos de suelos. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. Pag. 150.

# **ANEXOS**

## DATOS DE EVALUACIONES MORFOLÓGICAS DE LA VALERIANA

### Anexo 1. Datos para altura de planta

Tratamientos	Bloque	Dosis de cal	Evaluaciones en días			
			60	90	120	150
T0	1	Testigo = 0 tha <sup>-1</sup>	1.27	2.35	3.55	4.74
	2		1.20	2.30	3.43	4.32
	3		1.10	2.09	3.12	4.12
T1	1	0.6 kg = 1 tha <sup>-1</sup>	2.02	3.08	4.20	5.00
	2		2.00	3.00	4.09	4.67
	3		1.87	3.30	4.19	4.80
T2	1	1.2 kg = 2 tha <sup>-1</sup>	2.20	3.33	4.62	5.81
	2		2.25	3.34	4.52	5.79
	3		2.15	3.15	4.61	5.66
T3	1	1.8 kg = 3 tha <sup>-1</sup>	2.43	3.68	4.81	6.44
	2		2.56	3.55	4.87	6.56
	3		2.52	3.31	4.86	6.15
T4	1	2.4 kg = 4 tha <sup>-1</sup>	2.67	3.99	5.22	7.20
	2		2.78	3.89	5.67	7.11
	3		2.95	4.67	5.90	7.09

### Anexo 2. Datos para número de hojas

Tratamientos	Bloque	Dosis de cal	Evaluaciones en días			
			60	90	120	150
T0	1	Testigo = 0 tha <sup>-1</sup>	1	3	3	4
	2		2	3	3	4
	3		1	3	4	4
T1	1	0.6 kg = 1 tha <sup>-1</sup>	2	3	4	4
	2		1	3	4	4
	3		2	3	3	4
T2	1	1.2 kg = 2 tha <sup>-1</sup>	2	3	4	5
	2		2	3	3	4
	3		1	3	4	4
T3	1	1.8 kg = 3 tha <sup>-1</sup>	2	3	3	4
	2		2	3	4	5
	3		2	4	4	5
T4	1	2.4 kg = 4 tha <sup>-1</sup>	2	4	5	6
	2		2	4	5	6
	3		2	4	5	6

### Anexo 3. Datos para longitud de raíces

Tratamientos	Bloque	Dosis de cal	Longitud de raíces (cm)
T0	1	Testigo = 0 $\text{tha}^{-1}$	4.22
	2		4.20
	3		3.97
T1	1	0.6 kg = 1 $\text{tha}^{-1}$	6.00
	2		5.70
	3		5.17
T2	1	1.2 kg = 2 $\text{tha}^{-1}$	6.76
	2		6.57
	3		7.01
T3	1	1.8 kg = 3 $\text{tha}^{-1}$	6.40
	2		7.86
	3		7.70
T4	1	2.4 kg = 4 $\text{tha}^{-1}$	9.75
	2		9.65
	3		9.81

### Anexo 4. Datos para materia seca

Tratamientos	Bloque	Dosis de cal	Longitud de raíces (cm)
T0	1	Testigo = 0 $\text{tha}^{-1}$	2.54
	2		2.71
	3		3.00
T1	1	0.6 kg = 1 $\text{tha}^{-1}$	4.76
	2		4.47
	3		5.04
T2	1	1.2 kg = 2 $\text{tha}^{-1}$	5.40
	2		6.01
	3		5.36
T3	1	1.8 kg = 3 $\text{tha}^{-1}$	6.58
	2		6.88
	3		7.02
T4	1	2.4 kg = 4 $\text{tha}^{-1}$	8.95
	2		9.68
	3		11.72

## NIVELES DE FERTILIDAD DEL ANÁLISIS QUIMICO FISICO DE SUELO

### Anexo 5. Niveles de pH

Descripción	Rango
Extremadamente ácido	Menor de 4.5
Fuertemente ácido	4.6 – 5.4
Moderadamente ácido	5.5 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Moderadamente alcalino	7.4 – 8.5
Fuertemente alcalino	Mayor de 8.5

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

### Anexo 6. Niveles de contenido de materia orgánica

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

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

### Anexo 7. Niveles de contenido de fósforo

Nivel	Contenido de fósforo (ppm)
Muy bajo	Menos de 5
Bajo	5.1 – 15
Normal	15.1 – 30
Alto	30.1 - 40

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

### Anexo 8. Niveles de contenido de potasio

Nivel	Contenido de potasio (ppm)
Muy bajo	Menos de 300
Bajo	300 – 600
Normal	Más de 600

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

## FOTOGRAFÍAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA Y EVALUACIONES



Foto 1. Vista panorámica de la Localidad de Campo Alegre.

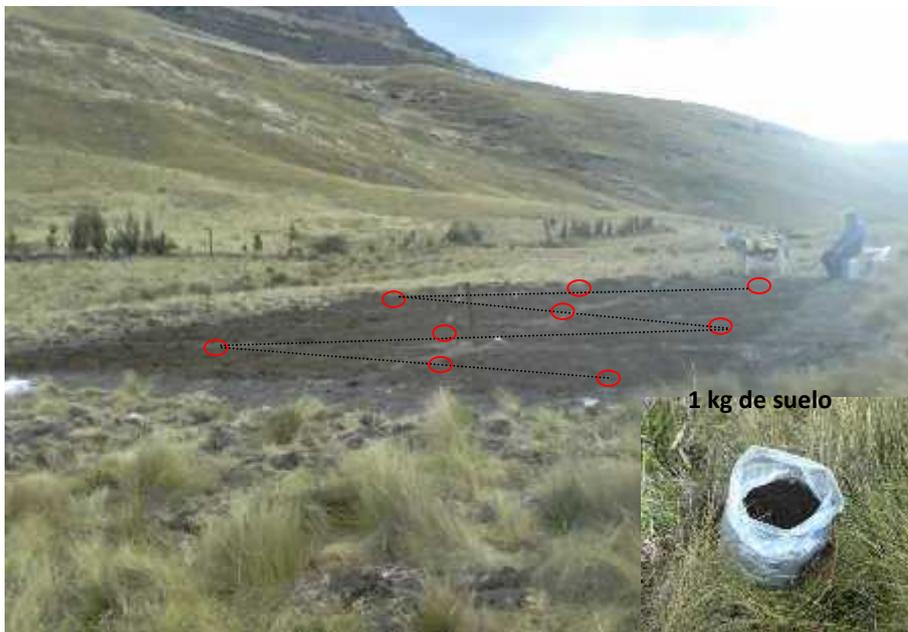


Foto 2. Limpieza del terreno y toma de muestra de suelo.



Foto 3. Vista panorámico de la parcela.



Foto 4. Mediciones de las plantas por tratamientos y repeticiones.



Foto 5. Testigo 0  $\text{tha}^{-1}$  raíz y tallos pequeños.



Foto 6. Tratamiento 1= 1  $\text{tha}^{-1}$ .



Foto 7. Tratamiento2 = 2  $\text{tha}^{-1}$ .



3



Foto 8. Tratamiento = 3  $\text{tha}^{-1}$ .

Foto 9. Tratamiento 4 = 4  $\text{tha}^{-1}$ .



Foto 10. Materia seca por tratamiento y repeticiones.