

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO EN CIENCIAS DE LA CONSERVACIÓN DE**  
**SUELOS Y AGUA**



**EFFECTO DE LA DOLOMITA EN EL CRECIMIENTO DEL *Theobroma cacao L.*  
(CLON CCN – 51) EN UN SUELO ÁCIDO BAJO CONDICIONES DE VIVERO,  
EN TINGO MARÍA.**

**TESIS**

Para optar el título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES – MENCIÓN  
CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

**JAVIER NAZAR CIPRIANO**

**PRÓMOCIÓN 2008 – II**

Tingo María – Perú

Diciembre, 2010

1081  
1082

1083  
1084  
1085



F04

N32

Nazar Cipriano, Javier

Efecto de la Dolomita en el crecimiento del Theobroma cacao L. ( CLON CCN-51) en un Suelo Ácido bajo condiciones de Vivero en Tingo María. Tingo María 2010.

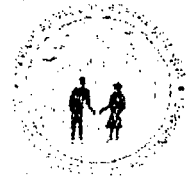
64 h.; 17 cuadros; 20 fgrs.; 16 ref.; 30 cm.

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

THEOBROMA CACAO L. / EFECTO DE LA DOLOMITA / VARIABLES /  
RECUPERACION DE SUELOS ÁCIDOS / ANÁLISIS DE VARIANZA  
TINGO MARÍA / RUPA RUPA/ LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

## ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 22 de febrero de 2010, a horas 07:00 p.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

### “EFECTO DE LA DOLOMITA EN EL CRECIMIENTO DEL *Theobroma cacao* L. (CLON CCN -51) EN UN SUELO ÁCIDO BAJO CONDICIONES DE VIVERO, EN TINGO MARÍA”

Presentado por el Bachiller: **JAVIER NAZAR CIPRIANO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de "BUENO".

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

Tingo María, 12 de noviembre de 2010

.....  
Ing. M.Sc. JOSE LEVANO CRISOSTOMO  
Presidente

.....  
Ing. M.Sc. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ  
Vocal



.....  
Ing. JAIME TORRES GARCIA  
Vocal

.....  
Ing. NELINO FLORIDA ROFNER  
Asesor

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme llegar al término de mi carrera y de mis metas a cumplir.

A mis padres, Florencia Cipriano Jacinto y Javier Nazar García, por su apoyo moral, dedicación invaluable y sacrificio, hicieron posible la culminación de mi formación profesional.

A mis hermanos (a):

Rosa Nazar Cipriano

Elizabeth Nazar Cipriano

Jemima Nazar Cipriano

Isaac Nazar Cipriano

Lutmink Nazar Cipriano

## **AGRADECIMIENTO**

- A Dios, quien siempre esta cuidándome y guiándome por el buen camino de la sabiduría que emprendo.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Alma Mater, en especial a los profesores y amigos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes me apoyaron en mi formación profesional.
- Al Ing. FLORIDA ROFNER Nelino, por su apoyo y colaboración como asesor del presente trabajo de investigación.
- A LAMA ISMINIO Ángelo, por su apoyo y colaboración como coasesor; quien ha contribuido durante la ejecución del presente trabajo de investigación.
- Al Ing. Jorge CERRÓN e Ing. Jordán HERRERA ARANDA, por su gran ayuda y apoyo en el procesamiento de los datos.
- Al Ing. ADRIAZOLA DEL AGUILA Jorge L., por los aportes en la investigación realizada.
- Al Ing. Paúl LAMA ISMINIO y a sus padres, por su gran apoyo en la ejecución del presente trabajo de investigación.
- A los miembros del jurado de tesis, Ing. Manrique de Lara Suarez Lucio, Ing. Jaime Torres García e Ing. José Lévano Crisóstomo por su apoyo incondicional.
- A mis amigos, Faustino Palomino Rivera, Ruddy Seminario Torres, Deysi Contreras Soria, Laura Cotrina Lobon, Jenny Huamán Huamani, Raúl Trigozo Sangama, quienes me brindaron su apoyo y afecto personal, para el logro del presente trabajo.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1 Importancia del cultivo del cacao en el Perú.....	3
2.1.1 Ecofisiología del cultivo de cacao.....	3
2.2. Germinación de la semilla de cacao.....	5
2.2.1. Conservación y transporte de las semillas.....	5
2.3. Siembra en el vivero.....	5
2.3.1. Crecimiento de la planta de cacao.....	6
2.3.2. Crecimiento de las raíces del cacao.....	6
2.4 Acidez del suelo.....	7
2.4.1 Origen de la acidez de los suelos.....	7
2.4.2 Porcentaje de saturación de Al tolerado por algunos cultivos ...	8
2.5 El aluminio en la planta.....	9
2.6 Toxicidad en la planta.....	10
2.7 Material encalante.....	11
2.7.1 El encalado en los suelos.....	11
2.7.2 Método de encalado.....	14
2.8 El encalado como prácticas mejoradora de suelos ácidos.....	14
2.8.1 Antecedentes de ensayos experimentales.....	15
2.9 Síntomas de deficiencias nutricionales del cacao.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ....	27
V. CONCLUSIONES. ....	43
VI. RECOMENDACIONES.....	44
VII. ABSTRACT.....	45
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
IX. ANEXOS .....	52

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Porcentaje de saturación de aluminio tolerado por algunos cultivos en suelos ácidos.....	9
2. Análisis físico – químico de suelo, fundo Campo Azul.....	18
3. Observaciones meteorológicas referidas al periodo de la investigación entre los meses de agosto a noviembre del 2009.....	19
4. Descripción de los tratamientos en estudio.....	22
5. Esquema de análisis estadístico (ANVA).....	26
6. Análisis de varianza en altura de la planta a los tres meses en fase de vivero.....	27
7. Prueba de Duncan con $\alpha=0.05$ para el promedio de altura de los plántones de cacao en los tres meses.....	27
8. Análisis de varianza en longitud de raíces a los tres meses en fase de vivero.....	30
9. Prueba de Duncan con $\alpha=0.05$ para el promedio en longitud de raíces de plántones de cacao en los tres meses.....	30
10. Análisis de varianza en peso seco del tallo a los tres meses de evaluación.....	33
11. Análisis de varianza en peso seco de raíces a los tres meses de evaluación.....	34
12. Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para el promedio en peso seco de raíces de los plántones de cacao en los tres meses de evaluación.....	35
13. Promedio de análisis final de suelos.....	37
14. Altura de plántones de cacao clon CCN-51 de las tres evaluaciones realizadas.....	54
15. Longitud de raíces de los plántones de cacao clon CCN-51.....	55
16. Peso seco del tallo de los plántones de cacao clon CCN-51.....	56
17. Peso seco de raíces de los plántones de cacao clon CCN-51.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Distribución de los tratamientos en el vivero.....	25
2. Promedio de alturas de los plantones de cacao. ....	28
3. Promedio de longitud de raíces de los plantones de cacao.....	31
4. Promedio en materia seca del tallo de los plantones de cacao.. ....	34
5. Promedio en materia seca de raíces de los plantones de cacao.....	35
6. Efecto de dosis de dolomita en el pH de un suelo ácido.....	39
7. Efecto de dosis de dolomita en promedio de calcio, magnesio y Al+H en un suelo ácido. ....	40
8. Efecto de dosis de dolomita en promedio de potasio y fósforo en un suelo ácido.....	41
9. Eliminación de mucilago, desinfección y siembra de la semilla Clon CCN - 51 .....	57
10. Germinación de las semillas de cacao.....	58
11. Primera medición de las plantas de cacao Clon CCN - 51 por tratamiento.....	58
12. Tercera medición de las plantas de cacao Clon CCN - 51 por tratamiento.....	59
13. Alturas de las plantas del cacao al finalizar la investigación.....	59
14. Tratamiento 1 testigo (60% de acidez) – raíz y tallos pequeños.....	60
15. Tratamiento 2 (Dolomita = 0,39 gr / Kg de suelo).....	61
16. Tratamiento 3 (Dolomita = 0,78 gr / Kg de suelo).....	61
17. Tratamiento 4 (Dolomita = 1,16 gr / Kg de suelo) .....	62
18. Tratamiento 5 (Dolomita = 1,55 gr / Kg de suelo) .....	62
19. Tratamiento 6 (Dolomita = 1,94 gr / Kg de suelo). ....	63
20. Tratamiento 7 (Dolomita = 2,33 gr / Kg de suelo) .....	63



## RESUMEN

### EFFECTO DE LA DOLOMITA EN EL CRECIMIENTO DEL *Theobroma cacao L.* (CLON CCN – 51) EN UN SUELO ÁCIDO BAJO CONDICIONES DE VIVERO, EN TINGO MARÍA

La investigación ha sido desarrollada en la región Huánuco, provincia Leoncio Prado, distrito Rupa Rupa en la localidad de Buenos Aires - Tingo María, a una altitud de 660 m.s.n.m., con una precipitación promedio anual de 3300 mm y temperatura promedio de 25 °C. Se estudió el efecto de la dolomita en el crecimiento del *Theobroma cacao L.* (Clon CCN – 51) en fase de vivero, utilizando como sustrato un suelo ácido, este estudio consistió en la aplicación de diferentes dosis de dolomita por tratamiento según el método de saturación de bases; 60% (testigo T<sub>1</sub>), 50%(T<sub>2</sub>= 0,39 gr de dolomita/planta), 40% (T<sub>3</sub>= 0,78 gr de dolomita/planta), 30% (T<sub>4</sub>= 1,16 gr de dolomita/planta), 20% (T<sub>5</sub>= 1,55 gr de dolomita/planta), 10% (T<sub>6</sub>= 1,94 gr de dolomita/planta) y 0% (T<sub>7</sub>= 2,33 gr de dolomita/planta).

Se utilizó el diseño completamente al azar (D.C.A.) evaluando las variables con análisis de varianza, separación de medias según Duncan y análisis de regresión lineal y correlación. Los resultados a los tres meses de evaluación demostraron que el T<sub>4</sub> con la aplicación de 1,16 gr de dolomita/planta obtuvo un efecto estadísticamente superior sobre el promedio de altura de planta, longitud de raíz y peso seco del tallo; el pH de extremadamente ácido pasó a fuertemente ácido y la acidez cambiante del suelo disminuyó de 60% a 23,75% en el tratamiento T<sub>7</sub> (2,33gr de dolomita/planta).

**Palabras clave:** Efecto de la dolomita, recuperación de suelos ácidos.

## I. INTRODUCCIÓN

En la provincia de Leoncio Prado existe áreas degradadas (se estima 16,000 ha) con predominancia de plantas indicadoras de suelos pobres como: Shapumba (*Pteridium* spp) y Rabo de zorro (*Andropogon* spp) y escasa actividad agropecuaria o forestal por parte de los agricultores. Durante la década de los 80's hasta 1994, estas áreas eran coccaleras (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2003).

La acidez afecta en forma muy particular y determina algunas de las características químicas y biológicas del suelo, de modo que en general, reduce el crecimiento de las plantas, disminuyendo la disponibilidad de algunos nutrientes como calcio, magnesio, potasio y fósforo; de esta manera favorece la proliferación de elementos tóxicos como el aluminio y el manganeso (MOLINA y ROJAS, 2005).

En los suelos ácidos se encuentra frecuentemente pequeñas cantidades de magnesio (Mg) en relación con el calcio (Ca), así al agregar cal agrícola a los suelos genera un desequilibrio en la relación de calcio (Ca) / magnesio (Mg), por lo tanto, se puede observar deficiencias de Mg en los cultivos, recomendando la aplicación de dolomita (JACKSON, 1967). El cultivo intensivo de cacao en suelos marginales ácidos, con saturaciones de aluminio superficiales al 45%, requieren la aplicación de enmiendas dolomíticas (ZAVALA *et al.*, 2007).

En la actualidad la variedad CCN-51, tiene gran demanda por los agricultores; por ello se investigó en fase de vivero para demostrar la influencia de la dolomita en el crecimiento de plántones de cacao bajo un suelo ácido.

Además la dolomita, es un recurso natural que se encuentra en abundancia en los alrededores de la provincia de Leoncio Prado; constituyendo un recurso alternativo para el agricultor por su bajo costo y recomendado por su alto contenido de Ca y Mg.

Los resultados obtenidos en el periodo de evaluación nos permitió demostrar la hipótesis, que la dolomita tiene efectos positivos en el crecimiento de plántones de cacao (*Theobroma cacao L.*) en un suelo ácido.

Los objetivos de la presente investigación son:

### **1.1. Objetivo general.**

- Evaluar el efecto de la dolomita en el crecimiento del cacao (*Theobroma cacao L.*) en un suelo ácido bajo condiciones de vivero, en Tingo María.

### **1.2. Objetivos específicos.**

- Determinar el efecto del nivel de dolomita en los parámetros de altura de planta, longitud de raíz y materia seca (parte aérea y radicular).

- Determinar el efecto del nivel de dolomita en la neutralización de la acidez cambiante del suelo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Importancia del cultivo del cacao en el Perú

El cacao (*Theobroma cacao L*), es una especie originaria de los bosques tropicales húmedos de América del Sur. Sus almendras constituyen el insumo básico para la industria del chocolate, cosmética, farmacéutica y otros derivados.

Los métodos para mejorar las propiedades del suelo dependen del sistema de producción que se adopte, por ejemplo el cultivo intensivo de cacao en suelos marginales, ácidos, con saturación de aluminio superiores al 45% requieren la aplicación de enmiendas dolomíticas en niveles de 50 a 100 gr por hoyo.

#### 2.1.1. Ecofisiología del cultivo de cacao clon CCN-51

##### a) Suelo

El cacao es una planta que se cultiva hasta 1400 m.s.n.m, siendo el rango optimo entre 250 – 900 m.s.n.m.; fuera de este limite las plantas sufren alteraciones fisiológicas que afectan el potencial productivo, menor rendimiento y baja rentabilidad para el agricultor.

Los suelos mas apropiados son los suelos aluviales de textura franca (franco arcilloso, franco arenoso); con una adaptabilidad a suelos en laderas con pendientes mayores a 25% en un rango de reacción del suelo entre 4,0 – 7,5 (ZAVALA *et al.*, 2007).

El suelo debe de estar óptimamente suelto, friable y porosa de agregados, que permita el libre movimiento de agua y el crecimiento de raíces (HILLEL, 1982).

### **b) Clima**

El cacao necesita para su desarrollo, una considerable cantidad de agua que oscila entre los 1500 – 2500 mm de lluvia bien distribuidas durante el año, los suelos deben presentar un buen drenaje.

### **c) Temperatura**

Las condiciones óptimas para la producción de cacao se encuentran entre 25 a 32 °C, con una humedad relativa de 70 a 80 %.

### **d) Característica del CCN-51**

- Color del fruto inmaduro : rojo.
- Tamaño del fruto : grande.
- Forma del fruto : alargado.
- Rugosidad del fruto : rugoso.
- Grosor de la cáscara del fruto: intermedia.
- Tamaño de la semilla : mediana.
- Número de semillas por fruto : 35 - 55.
- Compatibilidad : autocompatible.

### **e) Ciclo de crecimiento y desarrollo**

Durante el crecimiento y desarrollo se distinguen las siguientes fases:

**1. Vivero:** comprende hasta los tres meses si se va a trasplantarse a campo definitivo, la planta conserva su tallo joven, sin ramificarse y lignificándose ligeramente en sus 2/3 inferiores.

**2. Fase de formación del árbol:** se inicia al ser llevada la planta al campo. Alrededor de los dos años o un poco antes, de acuerdo a la precocidad del material, el tallo se ramifica (ZAVALA *et al.*, 2007).

## **2.2. Germinación de la semilla de cacao**

La madurez fisiológica de la semilla se alcanza mucho antes de que el fruto esté maduro, no requiere períodos de reposo para germinar, a veces germina en el interior del fruto. Pierde rápidamente su poder germinativo cuando se extrae de la mazorca, siendo mayor ésta pérdida mientras la humedad relativa sea menor, por sufrir de una rápida deshidratación, puede conservar su viabilidad por 10 a 13 semanas en el interior del fruto.

La germinación es epígea y ocurre entre los 2 a 6 días de colocadas a pregerminar, alrededor de los 10 a 15 días emergen los cotiledones revestidos por el tegumento de la semilla, éste se desgarran enseguida, las primeras hojas verdaderas aparecen alrededor de los 30 a 45 días (ALBITRES, 1981).

### **2.2.1. Conservación y transporte de las semillas**

Se han determinado que los factores que afectan la viabilidad de las semillas son la temperatura y la humedad, la primera debe estar comprendida entre los 18 y 30 °C. La humedad debe estar lo más cerca del 100%, ya que a contenidos menores pierde viabilidad, cuando el contenido de humedad de los cotiledones es del 25% del peso fresco, su poder germinativo permanece normal, pero cuando ésta baja a menos del 24% y 17%, la germinación se reduce a la mitad o a la quinta parte respectivamente (BAUTISTA, 1980).

## **2.3. Siembra en el vivero**

Cuando el cacao es fresco, es decir se abren las mazorcas en ese momento, las semillas tienen el mucílago, lo que dificulta la identificación de la raicilla. Por esta razón algunos proveedores de semillas las lavan y las

empacan en bolsas plásticas con agujeros, en un medio de arena o aserrín de madera blanca. A los pocos días de sacadas de las mazorcas, las semillas emiten una radícula, que debe tratarse cuidadosamente. En este caso la semilla se debe depositar con la raicilla hacia abajo, procurando no lastimarla. Si no se puede distinguir la radícula o la raicilla, debido a que los extremos son aparentemente iguales, las semillas deben colocarse horizontalmente, cubriéndolas luego con aserrín. En el vivero las semillas se siembran en tres formas: en cajas de germinación, en eras o semilleros y en macetas directamente (BROUDEAN, 1981).

### **2.3.1. Crecimiento de la planta de cacao**

Desde que germina una semilla, conforme pasa el tiempo, la planta va creciendo, sus células se dividen y multiplican y luego se alargan. Paralelamente al aumento en tamaño y número, las células sufren modificaciones en la estructura de su protoplasma, en el que aparecen organillos especializados en funciones determinadas, y al fin toda la célula aparece con una serie de estructuras cuya forma está en relación con su función.

### **2.3.2. Crecimiento de las raíces del cacao**

Luego de la germinación de la semilla, el cálculo y la radícula del cacao guardan una perfecta proporcionalidad, tanto en su crecimiento en altura y profundidad. Después de veinte días de germinada, el tallo tiene el mismo tamaño que la raíz principal. Pasados setenta días después de la germinación época en que se verifican que quedan dos cotiledones, la relación entre la altura del tallo y la profundidad de la raíz continúa constante. En este período las radículas laterales se distribuyen por toda la superficie de la raíz principal, presentándose bien ramificadas en toda su extensión. A medida que el tallo crece, la raíz también crece con la misma intensidad hasta el cuarto mes de vida, cuando el tallo toma la delantera sobre la raíz principal (BAUTISTA, 1980).

Las plantas de cacao crecen mas rápido, principalmente en el área foliar, lo cual se debe a la mayor capacidad fotosintética (MONTE, 1966).

#### **2.4. Acidez del suelo**

La acidez del suelo es uno de los principales problemas que se emplea en los sistemas de clasificación de suelos, se ha estimado como pH, saturación de bases, o simplemente dominancia de elementos como  $Al^{3+}$  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 LOARTE, 2004).

Un factor limitante en los suelos ácidos de la selva, es el alto contenido de aluminio y un bajo pH, por lo que hace indispensable realizar enmiendas o corrección del pH (OSORIO, 2006).

Los suelos bajo condiciones naturales, presentan 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 permite 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).

##### **2.4.1. Origen de la acidez de los suelos**

Los factores edáficos más limitantes de los suelos de la Amazonía Peruana son más de orden químico que físico, siendo más abundante la deficiencia de materia orgánica, N (94%), P (66%), y bajas reservas de K, Mg y otros nutrimentos (64%), el porcentaje de saturación de Al (65%) aumenta a medida que aumenta la profundidad, sucede lo contrario con el porcentaje de saturación de bases que disminuye en cuanto aumenta la profundidad (SANCHEZ, 1980).



A un pH dado, el porcentaje de saturación de bases varía con los tipos de suelos y esto depende de los minerales de arcilla presente (RAMÍREZ y SUÁREZ, 2005).

**a) Por la fijación de los cationes de cambio**

- Por efectos de lluvias o riegos, que provocan la dilución de la disolución del suelo y aportan  $H^+$  por disociación del ácido carbónico formado al disolverse el dióxido de carbono atmosférico en el agua.

- Por la absorción de cationes por el sistema radicular de la planta.

- Por la respiración de las raíces del vegetal y microorganismos del suelo que, produciendo dióxido de carbono, provocan la aparición de  $H^+$ .

- Por la actividad de microorganismos del suelo que, al descomponer la materia orgánica, originan notables cantidades de dióxido de carbono y en consecuencia de  $H^+$ , por lo cual el pH desciende.

**b) Por la reacción del suelo**

La acidez aparece normalmente en suelos localizados en regiones de alta pluviometría, los cuales están sometidos a un continuo y amplio lavado, al mismo tiempo por la segregación de las raíces y por los compuestos ácidos que se originan en la degradación de la materia orgánica por los microorganismos. Bajo condiciones muy ácidas, también el aluminio presente en el suelo es una fuente productora de  $H^+$  (NAVARRO, 2003).

**2.4.2. Porcentaje de saturación de Al tolerado por algunos cultivos**

La tolerancia a la acidez del suelo es muy variable entre cultivos, y dentro de una misma especie existen diferencias notables entre variedades. Algunos cultivos desarrollados originalmente en suelos calcáreos, como el algodón, sorgo y alfalfa, son susceptibles a niveles de 10 a 20% de saturación aluminica, mientras que otros que han crecido en ambientes más silvestres son altamente tolerantes (MOLINA, 1998).

Cuadro N° 1. Porcentaje de saturación de aluminio tolerado por algunos cultivos en suelos ácidos.

Cultivos	% de Saturación de Al tolerado			% de Sat. De Al recomendado
	Alto	Medio	Bajo	(RAS)
Arroz	x	x	x	
Maíz		40		25
Frijol negro			x	<20
Maní		40		<25
Caupí	60			<40
Papa		30		<20
Yuca	75			<60
Plátano		x		25
Coco		x		<30
Mango		x		<20
Cítricos				<30
Piña	x			<30
Cacao		x		<30
Palma aceitera		x		<15
Caña de azúcar		x		<20
Café		40		<25

FUENTE: MOLINA, 1998.

## 2.5. 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  $\text{Al}^{3+}$  intercambiable (PEREZ, 1986).

El aluminio obstaculiza la translocación de nutrientes a la parte aérea, los cuales se manifiestan como deficiencias nutricionales principalmente de P,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . Los altos niveles de saturación de aluminio en el suelo reducen el crecimiento de las raíces, inhibiendo su elongación y penetración en el suelo y 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).

## **2.6. Toxicidad en la planta**

El principal efecto de la toxicidad del  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{H}^+$ , 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).

La toxicidad del aluminio es el principal factor limitante del crecimiento de las plantas en los suelos ácidos (DONG *et al.*, 2002).

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 Al e H en la solución del suelo interfiere en la división celular, reduciendo el crecimiento de las raíces (MOLINA, 1998).

## 2.7. Material encalante

### 2.7.1. El encalado en los suelos

El encalado influye en las propiedades físicas, mejorando y favoreciendo el movimiento del agua y aire del suelo; y las propiedades biológicas, mejorando el potencial biológico y acelerando la mineralización de la materia orgánica. Entre los materiales encalantes se tiene al carbonato de calcio, hidróxido de calcio y dolomita; considerando en la actualidad a los silicatos de calcio como fuente encalante de importancia (SANCHEZ, 1980).

Para el desplazamiento de la acidez son más efectivos la cal y dolomita, ya que disminuyen significativamente el porcentaje de acidez extractable en relación a los cationes básicos. Pero esta disminución no es tan marcada ya que la mayoría de cultivos prosperan en suelos que presentan una saturación de acidez menor al 30% (OSORIO, 2006).

El encalado es una práctica muy común usada para mejorar la productividad en los suelos ácidos, reduciéndose el problema de la acidez, neutralizando los iones hidrógenos liberados por la materia orgánica y el aluminio intercambiable. Conforme aumenta el pH, proporciona elementos como el Ca y Mg, si ella es cálcica o dolomítica (COLEMAN *et al.*, 1967).

La dolomita es un material encalante que neutraliza la acidez del suelo (por cada mol de dolomita se neutralizan 4 moles de  $H^+$ ) por medio del anión carbonato ( $CO_3^{-2}$ ); y a su vez aporta  $Mg^{+2}$  y  $Ca^{+2}$ , a comparación de la cal (una mol de  $CaCO_3$ , consume 2 moles de  $H^+$ ) que tan solo aporta  $Ca^{+2}$  (ZAPATA, 2004).

La tendencia de llevar los suelos a reacciones neutras, no es recomendable en los suelos de Trópico Húmedo, por un posible desbalance nutricional con elementos como el manganeso, potasio, hierro, zinc, magnesio, cobre y boro (PEREZ, 1986).

El aumento del pH del suelo se debe a que el calcio y el magnesio proveniente de la disolución de los carbonatos, siendo el verdadero responsable de la elevación del pH el carbonato, que al hidrolizarse produce iones hidroxilo, y estos son los que elevan el pH del suelo (CORPOICA, 2003).

#### **a) Efectos de la cal sobre el suelo**

Los suelos muy ácidos no son muy productivos. Para aumentar su productividad se debe recurrir, como primer paso, al encalado por las razones que a continuación se citan:

**1.** La cal hace soluble o disponible al fósforo. Esto sucede, principalmente, porque en los suelos ácidos el fósforo es fijado por el hierro y el aluminio soluble. El encalado reduce la solubilidad de ambos y, por consiguiente, retiene menor cantidad de fósforo en aquellas formas insolubles e inobtenibles.

**2.** La cal hace más eficaz al potasio en la nutrición de la planta. Cuando es abundante, todas las plantas absorben más potasio del que necesita. La cal reduce la aspiración excesiva de potasio. Desde los puntos de vista nutricional y económico, ésta es una práctica aconsejable: desde el punto de vista nutricional cuando la cal abunda, las plantas consumen más calcio y menos potasio y, dado que las raciones animales habitualmente falta calcio y sobra potasio, es aconsejable aumentar el porcentaje de calcio en las plantas. Ahora, desde el punto de vista económico, porque la planta absorbe más calcio barato y menos potasio caro.

**3.** La cal aumenta la posibilidad de obtención de nitrógeno al apresurar la descomposición de la materia orgánica.

**4.** La cal proporciona calcio y magnesio (si la cal es dolomítica) para la nutrición de la planta. Estos son dos de los 16 elementos esenciales para el desarrollo de una planta.

5. Las bacterias benéficas del suelo son estimuladas por suministros adecuados de cal.

6. El aluminio, manganeso y el hierro perjudiciales se tornan insolubles e inofensivos, cuando un suelo se encuentra bien abastecido de calcio.

7. Un buen programa de encalado, durante un determinado periodo de dos años, mejora la condición física del suelo, pues reduce su densidad de masa, aumenta su capacidad de infiltración e incrementa la velocidad de filtración de agua.

8. Si se sigue un programa adecuado de encalado, hay disminución en la erosión del suelo. Resultado que se debe, fundamentalmente, a la mayor densidad y vigor de las plantas (después de la aplicación de cal) y a la mayor capacidad de infiltración de agua que reduce el escurrimiento e incrementa la cantidad de agua disponible para los cultivos.

#### **b) El sobreencalado**

Un encalado excesivo puede resultar más perjudicial que la propia deficiencia de cal. En presencia de un exceso de cal, la disponibilidad de hierro, fósforo, manganeso, boro, zinc y también de potasio, disminuye. 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.

El sobreencalado suelen producirse cuando el suelo exhibe una fuerte heterogeneidad espacial. Las manchas de suelos muy arenosos, con escasa capacidad de intercambio catiónico, tienden a sufrir sobreencalado si reciben el mismo tratamiento que los suelos adyacentes más pesados. En los suelos arenosos, los peligros de la cal en exceso son mas acentuados porque tienden a presentar deficiencias en elementos menores cuya disponibilidad se ve más afectada por el fenómeno (CEPEDA, 1999).

### 2.7.2. Método de encalado

#### a) Correctivos de acidez de suelos

Ensayos llevados a cabo en Brasil por (ALCARDE y RODELLA, 1996) indican, la metodología utilizada para los correctivos de acidez de los suelos, son las dosis equivalentes en carbonato de calcio y magnesio utilizando la expresión:  $\% \text{CaO} \times 1,79 + \% \text{MgO} \times 2,48 = \% E_{\text{CaCO}_3}$ ; determinado analíticamente el poder de neutralización (PN).

#### b) Saturación de bases

El método de saturación de bases neutraliza la acidez del suelo mediante las dosis en carbonato de calcio y magnesio con el uso de la dolomita (HAVLIN *et al.*, 1999).

### 2.8. El encalado como prácticas mejoradora de suelos ácidos

Conforme se aumentaron las dosis de cal aplicadas, los contenidos de Ca incrementaron apreciablemente, mientras que el  $\text{Mg}^{2+}$  intercambiable disminuyó. Por ello, al momento de recomendar la aplicación de  $\text{CaCO}_3$ , es necesario aplicar ciertas cantidades de magnesio (PEREZ, 1986).

El encalado ocasionó un aumento progresivo tanto en el pH como en el contenido de calcio y en la CIC; causó además una fuerte disminución en el contenido de  $\text{Al}^{3+}$  intercambiable y en el porcentaje de saturación de aluminio, a mayor dosis de cal mayor es la producción de materia seca (PEREZ, 1986).

La dolomita incrementa los cationes de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , a su vez este incremento de niveles disminuye el potasio extractable, esta influencia se ve reforzada por la acción que ejerce el pH, ya que cuando baja el pH se produce una disminución de potasio extractable. Por ello no podemos recomendar una dosis adecuada para mejorar el contenido de nutrientes y corrección del pH en suelos (OSORIO, 2006).

El encalado y la acidificación de los suelos agrícolas son medidas de producción, que permite aumentar la productividad de cultivos y controlar la fertilidad, por ello las investigación realizadas por (CENTURIÓN, 1987) en la estación experimental de Tingo María; concluye que los suelos de la llanura Amazónica necesitan encalado y mejoramientos orgánicos para el aumento de su productividad, y regular funciones químicas y biológicas, el encalado debe ser dirigido a modificar los posibles efectos tóxicos de aluminio intercambiable a pH bajos y al suministro de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ .

### **2.8.1. Antecedentes de ensayos experimentales**

#### **a) Dolomita como material encalante**

Cuando la especie a cultivar es poco tolerante a la acidez del suelo, sugiere el uso de enmiendas; sea a través de la adición de cenizas o cal (ALVARADO y LOARTE, 2004). La investigación llevado acabo en Tingo María por ACOSTA (1984) muestra, que el uso de la dolomita aumenta el pH de 4,18 a 4,63 y a su vez disminuye el Al en el suelo, por lo tanto (BENITES, 1984) sugiere, como una de las alternativas mas efectivas para recuperar los suelos ácidos en el Alto Huallaga.

#### **b) Fertilizantes inorgánicos y orgánicos**

El efecto de la cal (1,76 gr) en el cultivo de cacao aumentó el desarrollo de las plantas, tanto en diámetro y altura del tallo (1 m) en campo definitivo (DE MELLO *et al.*, 2004).

Empleando gallinaza en el cultivo de cacao, se ha determinado mediante el análisis de varianza a los promedios de altura de planta que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, este comportamiento se debe a que durante la época seca presentan menor crecimiento vegetativo, debido a que hay menor humedad en el suelo, disminuye la tasa de descomposición de la materia orgánica, la absorción de nutrientes por la planta y la formación de tejidos vegetativos (OROZCO, 1997).



## **2.9. Síntomas de deficiencias nutricionales del cacao**

La extracción de nutrientes por el cultivo de cacao se incrementa durante los primeros 5 años después de la siembra. En general, el potasio ( $K^+$ ) es el nutriente más absorbido por el cacao, seguido por el nitrógeno (N), calcio ( $Ca^{2+}$ ) y magnesio ( $Mg^{2+}$ )

### **2.9.1. Síntoma de deficiencia de nitrógeno**

La carencia o deficiencia de N se manifiesta en reducción de la velocidad de crecimiento de las plantas. Una planta sometida a condiciones de deficiencia detiene su crecimiento en pocas semanas y rápidamente presenta enanismo.

### **2.9.2. Síntoma de deficiencia de potasio**

Los síntomas de deficiencia de  $K^+$  aparecen inicialmente en las hojas más viejas y se acentúan con el desarrollo de brotes como consecuencia de la translocación del tejido viejo a tejido joven.

### **2.9.3. Síntoma de deficiencia de fósforo**

Cuando existe deficiencia de fósforo (P) la planta crece lentamente por falta de raíces absorbentes y las hojas, especialmente las más pequeñas no desarrollan.

### **2.9.4. Síntoma de deficiencia de magnesio**

El síntoma típico de la deficiencia de  $Mg^{2+}$ , aparece como una clorosis que comienza en las aéreas cercanas a la nervadura central de las hojas más viejas, luego de un tiempo el síntoma se difunde entre las nervaduras hacia los bordes de la hoja.

### **2.9.5. Síntoma de deficiencia de calcio**

Los síntomas aparecen en las hojas más jóvenes y la deficiencia de Ca, causa disminución de crecimiento de la raíz (ZAVALA *et al.*, 2007).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

La investigación, se desarrolló en la localidad de Buenos Aires – Tingo María, a una altitud de 600 m.s.n.m.

##### **3.1.1. Localización**

###### **a) Ubicación Política**

Localidad : Buenos Aires - Afilador.  
Provincia : Leoncio Prado.  
Departamento : Huánuco.

###### **b) Ubicación Geográfica (UTM)**

- Norte : 8969574  
- Sur : 0390875

##### **3.1.2. Características generales**

###### **a) Clima**

Tingo María se encuentra ubicado en la formación de Bosque Muy Húmedo Premontano - Tropical (bmh - PT) con temperatura media mensual de 25 °C con precipitación media anual de 3300 mm.

### 3.2. Componentes en estudio

#### 3.2.1. Material vegetativo

- Semillas de cacao, Clon CCN - 51.

#### 3.2.2. Material encalante

El material encalante utilizado es la dolomita, con un contenido de 29,82% de CaO, 20,75% MgO y 49,43% de material inerte.

### 3.3. Fases de la ejecución en la investigación

#### 3.3.1. Análisis inicial de suelo del fundo Campo Azul

El análisis físico y químico del suelo fue determinado en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Cuadro N° 2. Análisis físico – químico de suelo, fundo Campo Azul.

Componente	Contenido (%)	Interpretación	Método empleado
Arena	32,00		
Limo	44,00		
Arcilla	24,00		
Clase textural		Franco	Hidrómetro
pH	3,82	Ext. ácido	Potenciómetro
Materia orgánica	2,8	Medio	Walkley y Black
Fósforo (ppm)	51,0	Alto	Olsen modificado
Potasio (ppm)	133,0	Bajo	Acido sulfúrico 6N
C.I.C. (meq/100g suelo)	15,68	Media	
% Acidez cambiante (Al+H)	60,00		

FUENTE: Laboratorio UNALM, 2009.

### 3.3.2. Condiciones climáticas para el área de estudio

Cuadro N° 3. Observaciones meteorológicas referidas al periodo de la investigación entre los meses de agosto a noviembre del 2009.

Meses	T( °C )			HR (%)	Pp. (mm/mes)
	Máximo	Mínima	Media		
Agosto	30,39	20,24	25,32	84,90	150,00
Septiembre	30,83	20,38	25,61	80,50	177,60
Octubre	30,98	20,83	25,91	81,90	111,80
Noviembre	29,89	20,98	25,44	85,90	406,90

FUENTE: Estación meteorológica José Abelardo Quiñones (2009).

### 3.3.3. Fase en vivero

#### a) Extracción y traslado del suelo al vivero

Se utilizó muestras superficiales (0 – 20 cm) de profundidad de un suelo ácido (ex-cocal) con presencia de macorilla (*Pteridium equidinum*) y rabo de zorro (*Andropogon* spp), de esta manera se ha extraído 200 Kg de suelo, y fueron llevados en costales al vivero para su respectivo proceso de secado. Luego del secado se llevó al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía para su respectiva molienda, tamizado y su respectivo análisis de suelo.

#### b) Características del material encalante y llenado de bolsas

El material encalante utilizado fue la dolomita con 29,82% de CaO y 20,75% MgO.

La dolomita fue pesada en diferentes dosis (gramos) para cada tratamiento y en sus tres repeticiones (según el método de saturación de bases).

El llenado de las bolsas (de 6" x 10") consistió en la combinación de la dosis de dolomita con 1 Kg de suelo en un balde para cada bolsa, ha

siendo un total de 108 bolsas, los cuales fueron distribuidos en los 6 tratamientos y en sus tres repeticiones, en caso del testigo las bolsas de almacigo (18 bolsas) tan solo fueron llenadas de suelo, luego del llenado de las bolsas con diferentes dosis de dolomita, se dejó a una previa incubación durante 15 días.

### **c) Fertilización de fondo**

Se aplicó la fertilización de fondo de 200 ppm de nitrógeno (N) al 46% de urea (0,22 gr por bolsa) y 200 ppm de cloruro de potasio (KCl) al 62% (0,17 gr por bolsa); la aplicación fue en forma diluida (cada fertilizante se disolvió en 100 ml de agua para 6 bolsas, lo cual hace que 16,7 ml de fertilizante sea para cada bolsa) 24 horas antes de la siembra en los 6 tratamientos y en sus tres repeticiones por tratamiento (la fertilización se realizó un día antes de la siembra de la semilla). Esta fertilización se aplicó una sola vez en la investigación, ya que en el análisis de suelo inicial muestra un bajo contenido de potasio.

### **3.3.4. Obtención de semilla y siembra**

Para las semillas de cacao variedad Clon CCN - 51, se eligió las mazorcas maduras y bien constituidas, ubicadas en el tercio superior del tronco donde se encuentran las semillas más grandes. Después de extraídas las semillas de las mazorcas y eliminado el mucílago a través de la frotación con aserrín, se puso a orearlas bajo sombra durante 8 horas. Transcurrido este tiempo se desinfectó con ceniza y quedando aptos para ser sembrado.

Para la siembra se colocó una semilla por bolsa haciendo un total de 126 semillas a utilizar, cada tratamiento tiene 6 en posición horizontal a una profundidad aproximada de 2,5 cm y así mismo se cubrió con el suelo. Luego se dejó que germine por un periodo de 8 días.

### **3.4. Observaciones a registrar**

#### **3.4.1. Proceso de evaluación**

##### **3.4.1.1. Determinación de la altura de la planta**

Se evaluó la altura desde el suelo hasta el ápice de la planta utilizándose una regla graduada en centímetros, la evaluación fue iniciada el 15 de setiembre y culminó el 15 diciembre del 2009, realizándose 4 evaluaciones.

#### **3.4.2. Evaluación final**

##### **3.4.2.1. Longitud de la raíz**

Para este parámetro se realizó el día 17 de diciembre del 2009, consistiendo en la medición de las raíces principales de cada planta por cada tratamiento y sus repeticiones respectivas.

##### **3.4.2.2. Peso seco del tallo y raíz**

El día 17 de diciembre del 2009, se recolectó las muestras de los plantones del cacao, tanto de la raíz como de la parte aérea, posteriormente se lavó la planta y se dejó secar, luego se envolvió con papel y se llevó a estufa del laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva a 65 °C por un lapso de 48 horas; en una balanza analítica se procedió al pesado de la parte aérea como radicular de cada tratamiento para obtener el peso seco de cada uno de ellos.

#### **3.4.3. Análisis final de suelos**

Este análisis se realizó el 23 de diciembre del 2009, las muestras fueron secadas y llevadas al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva de la Facultad de Agronomía.

En estas muestras, se analizó y se determinó el pH, N, P, K, C.I.C. y M.O. por cada tratamiento y sus repeticiones respectivas.

### 3.5. Tratamiento en estudio

Se tuvo 7 tratamientos (60%, 50%, 40%, 30%, 20%, 10% y 0%) con 3 repeticiones por tratamiento para neutralizar la acidez cambiante de 60% de saturación de aluminio que presenta el suelo analizado. Para esta investigación se utilizó el método de saturación de bases mencionado por HAVLIN et al (1999).

Cuadro N° 4. Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamiento	% de acidez	Dolomita
T1	60,0	0 gr / Kg de suelo = 0Tn CaCO <sub>3</sub> /Ha
T2	50,0	0,39 gr / Kg de suelo = 0,93 Tn CaCO <sub>3</sub> /Ha
T3	40,0	0,78 gr / Kg de suelo = 1,86 Tn CaCO <sub>3</sub> /Ha
T4	30,0	1,16 gr / Kg. de suelo = 2,79 Tn CaCO <sub>3</sub> /Ha
T5	20,0	1,55 gr / Kg de suelo = 3,73 Tn CaCO <sub>3</sub> /Ha
T6	10,0	1,94 gr / Kg de suelo = 4,66 Tn CaCO <sub>3</sub> /Ha
T7	0,0	2,33 gr / Kg de suelo= 5,59 Tn CaCO <sub>3</sub> /Ha

T1: Testigo.

T2 – T7: Experimentales (Ver anexo).

### 3.6. Metodología de análisis de laboratorio

#### 3.6.1. pH

Para la determinación del pH, se empleó el método del Potenciómetro, lo cual presenta el siguiente procedimiento:

Pesar 10 gr de suelo y colocarlo en un vaso de precipitación, añadir 25 ml de agua destilada y agitar por 15 minutos. Calibrar el potenciómetro con la solución buffer 7,0 y 4,0 poner a temperatura ambiente.

Se limpia el electrodo de vidrio (sensible a los cambios de pH) con agua destilada, secar y sumergir en la muestra; tratando de que no choque al fondo. Tomar lectura cuando el agua del potenciómetro se estabiliza.

### 3.6.2. Materia orgánica (método de Walkley y Black)

Para la determinación de la materia orgánica, se emplea el método Walkley y Black, lo cual presenta el siguiente procedimiento:

Pesar 1 gr de suelo y depositarlo en un Erlenmeyer de 250 ml, agregar 10 ml de bicromato de potasio 2 N y añadir 10 ml de ácido sulfúrico Q.P 96%. Mezclar para homogenizar la solución y dejar reposar por 2 horas a más, llevar a volumen de 100 ml con agua destilada, tomar 20 ml.

De esta solución en un vaso de precipitado para titularlo; agregar 2 a 3 gotas de indicador de difenil-amina. Titular con sal de Mohr 0,2 N. El cambio de color verde oscuro a verde brillante indicará el final de la titulación; anotar el gasto de la solución de Mohr, paralelo a esto realizar un blanco (sin muestra).

#### Cálculo

$$\% \text{ M.O.} = \frac{(a - bf) 0,003 \times 1,724}{P} 100$$

a = ml de bicromato de potasio utilizado.

b = ml de sal ferrosa o sal de Mohr gastado (gasto de titulación).

0,003 = Factor del carbón.

1,724 = Factor de Van Vammelen.

p = peso de muestra de suelo.

### 3.6.3. Fósforo disponible (Método de Olsen Modificado)

Para la determinación del fósforo disponible, se emplea el método de Olsen Modificado, lo cual presenta el siguiente procedimiento:

Pesar 2 gr de suelo y colocarlo en el vaso de precipitación para luego agregar 20 ml de bicarbonato de sodio 0,5 M (pH 8,5) y carbón libre de fósforo (lavado), agitar por 10 minutos y filtrar.



Del filtrado tomar 3 ml, agregar 10 ml de molibdato de amonio, luego se procede a agregar 0,01 gr de ácido ascórbico por muestra y mezclar inmediatamente. Se torna de color azul cuando hay fósforo en la muestra y por ultimo leer en el espectrofotómetro a una banda de 660 um, después de 5 minutos.

#### **3.6.4. Capacidad de intercambio catiónico efectiva (pH < 5,5)**

Para la determinación de la CIC efectiva, se utilizó el cloruro de potasio (KCL 1 N), lo cual presenta el siguiente procedimiento:

Pesar 5 gramos de suelo y colocarlo en recipientes de agitación, añadir 50ml de cloruro de Potasio KCL 1 N y agitar por 15 minutos y filtrar.

##### **a) Determinación de las bases cambiables Ca + Mg (Método del Versenato)**

De lo obtenido del extracto de suelo, tomar 10 ml y añadir 10 ml de solución tampón complejo pH 10 y dejar reposar por espacio de 10 minutos.

Agregar 2 a 3 gotas de indicador ericromo negro y titular con EDTA 0,01 N hasta el viraje de rojo vino a azul intenso y anotar el gasto.

##### **b) Determinación de calcio**

De lo obtenido del extracto de suelo, tomar 10 ml y adicionar 2 ml de Hidróxido de sodio 6 N, luego añadir una pizca de purpurado de amonio (indicador) y titular con EDTA 0,01 N hasta el viraje de rosado a lila y anotar el gasto.

##### **c) Determinación de la acidez cambiabile Al + H (Método de Yuan)**

De lo obtenido del extracto de suelos, tomar 10 ml y agregar 3 gotas de fenolftaleina y titular con hidróxido de sodio 0,01 N hasta virar ha rosado pálido y anotar el gasto.

#### d) Determinación de aluminio

El mismo extracto que se utilizó para determinar la acidez cambiante, agregar gotas de HCl 0.01 N para decolorar el filtrado anterior y agregar 10 ml de fluoruro de sodio 4%, retitular con HCl 0,01 N hasta que vire incoloro y anotar el gasto.

### 3.7. Diseño experimental

Se empleó el diseño completamente al azar (DCA), ya que este diseño se adecua para realizar experimentos en vivero.

#### 3.7.1. Características del campo experimental

Para dicho diseño (DCA), se tuvo 7 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento.

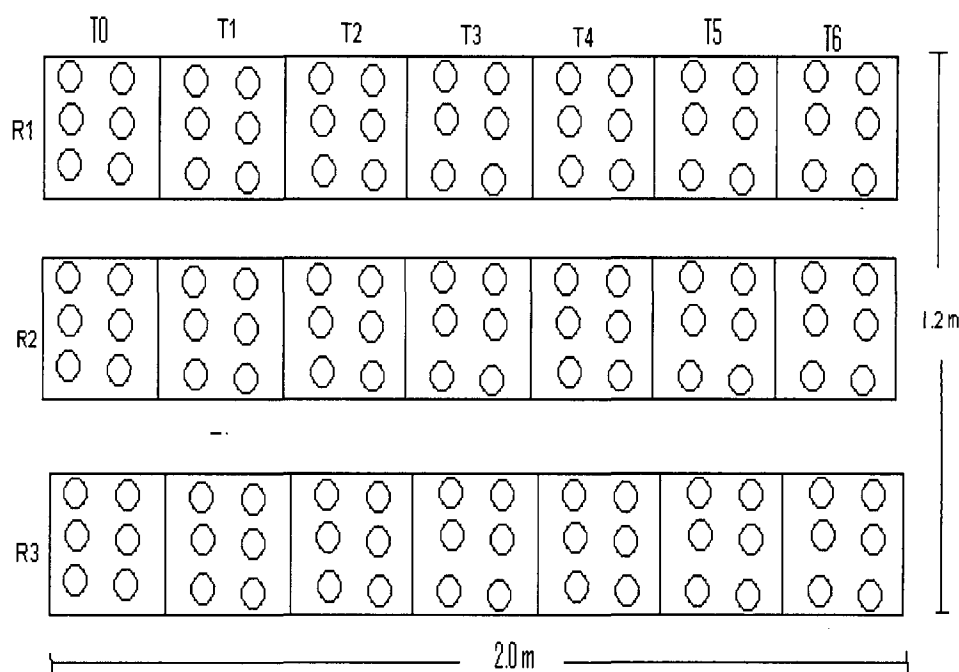


Figura N° 1. Distribución de los tratamientos en el vivero.

### 3.7.2. Esquema de análisis estadístico (ANVA)

Cuadro N° 5. Esquema de análisis estadístico (ANVA).

FUENTES DE VARIABILIDAD	GRADOS LIBERTAD
Tratamiento	T-1
Error experimental	T(r-1)
Total	Tr - 1

### 3.7.3. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij} \quad i= 1, 2, \dots, t \quad j= 1, 2, \dots, r_i$$

**Donde**

$Y_{ij}$  = Valor de una observación.

$\mu$  = Media poblacional.

$T_i$  = Efecto del encalado.

$E_{ij}$  = Error experimental,  $J = 1, 2, 3, \dots, n$ .

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Altura de planta

Cuadro N° 6. Análisis de varianza en altura de la planta a los tres meses en fase de vivero.

F. V.	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	6	244,381	40,730	*
Error Experimental	119	1400,611	11,769	
Total	125	1644,992		

Coefficiente de variación (CV): 15,91%.

Del cuadro N° 6, para la prueba realizada en el parámetro de altura de los plantones del cacao variedad Clon CCN - 51, con diferentes dosis de dolomita, presenta un 15,91% de coeficiente de variación (CV).

Cuadro N° 7. Prueba de Duncan con  $\alpha=0,05$ , promedio de altura de plantones de cacao en los tres meses.

Tratamientos	Dosis de dolomita gr/Kg de suelo.	Altura de planta (cm)	Significación
T <sub>4</sub>	1,16 gr (30% Acidez)	23,78	a
T <sub>2</sub>	0,39 gr (50% Acidez)	22,44	ab
T <sub>3</sub>	0,78 gr (40% Acidez)	21,97	ab
T <sub>6</sub>	1,94 gr (10% Acidez)	21,78	ab
T <sub>5</sub>	1,55 gr (20% Acidez)	21,50	b
T <sub>7</sub>	2,33 gr (0% Acidez)	20,50	bc
T <sub>1</sub>	0 gr (60% Acidez)	19,00	c

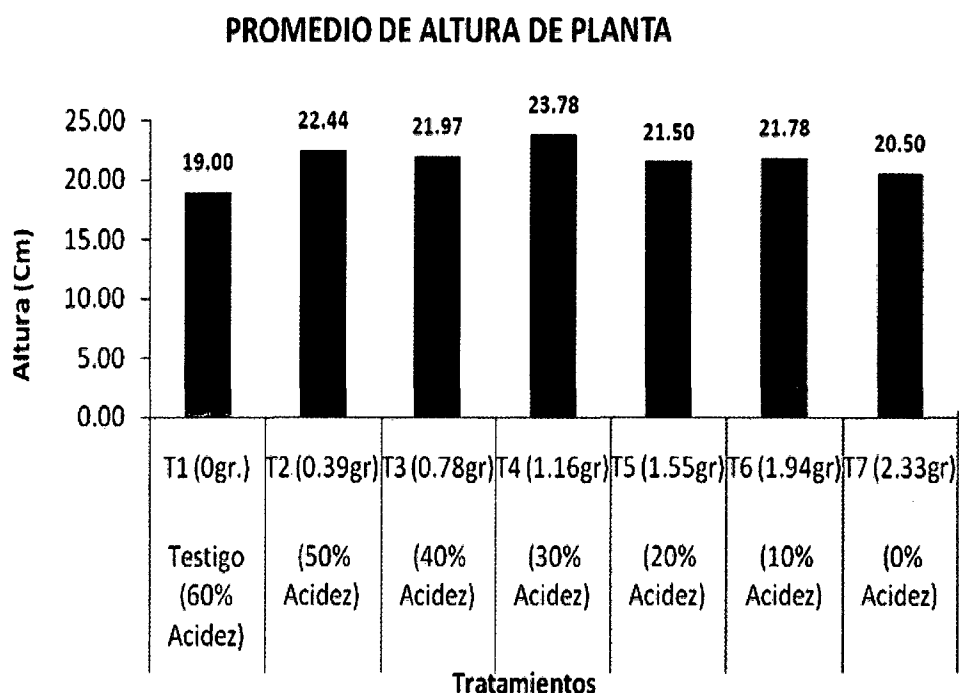


Figura N° 2. Promedio de altura de los plantones de cacao.

El Cuadro N° 7, muestra que los tratamientos T<sub>4</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, y T<sub>6</sub> (21,78 cm a 23,78 cm) son los que superan en altura a T<sub>5</sub> y T<sub>7</sub> (20,50 cm a 21,50 cm), de acuerdo a la prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) expresa diferencias significativas estadística de comportamiento entre ellas; esto quiere decir que el T<sub>4</sub> (23,78 cm) presenta el mayor valor en altura de los plantones de cacao, indicando que la dosis de dolomita (1,16 gr/planta) es la adecuada y el menor promedio en altura lo presenta el testigo T<sub>1</sub> (19,00 cm) a un nivel de 60% de acidez cambiante en el suelo.

Este resultado de altura en el testigo; demuestra que 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).

Cuando el aluminio e hidrogeno se acumulan en el suelo en cantidades elevadas, puede afectar negativamente el crecimiento de las plantas poco tolerantes a su presencia (MOLINA, 1998).

El efecto de la cal (1,76 gr/planta) en el cultivo de cacao aumentó el desarrollo de las plantas, tanto en diámetro y altura del tallo (1 m) en campo definitivo (DE MELLO *et al.*, 2004).

En la investigación en fase de vivero con diferentes dosis de dolomita aplicada en los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub> y T<sub>7</sub> (0,39 gr/planta – 2,33 gr/planta), dieron un buen resultado en el parámetro de altura de los plantones de cacao, con un crecimiento de 20,50 cm – 23,78 cm a comparación del testigo T<sub>1</sub> que presenta el menor promedio en altura de 19 cm (Figura N° 2).

## 4.2. Longitud de raíces

Cuadro N° 8. Análisis de varianza en longitud de raíces a los tres meses de evaluación en fase de vivero.

F. V.	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	6	45,603	7,60	*
Error Experimental	119	604,111	5,08	
Total	125	649,714		

Coefficiente de variación (CV): 18,19%.

La prueba realizada en el parámetro de la longitud de raíces de los plantones del cacao, con diferentes dosis de dolomita, presenta un 18,19% de coeficiente de variación (CV) (Cuadro N° 8).

Cuadro N° 9. Prueba de Duncan con  $\alpha=0,05$  para la longitud de raíces de los plantones de cacao al tercer mes de evaluación en fase de vivero.

Tratamientos	Dosis de dolomita gr/Kg de suelo.	Longitud de raíces (cm)	Significación
T <sub>4</sub>	1,16 gr (30% Acidez)	13,11	a
T <sub>5</sub>	1,55 gr (20% Acidez)	13,00	a
T <sub>7</sub>	2,33 gr (0% Acidez)	12,39	ab
T <sub>6</sub>	1,94 gr (10% Acidez)	12,39	ab
T <sub>3</sub>	0,78 gr (40% Acidez)	12,33	ab
T <sub>2</sub>	0,39 gr (50% Acidez)	12,33	ab
T <sub>1</sub>	0 gr (60% Acidez)	11,11	b

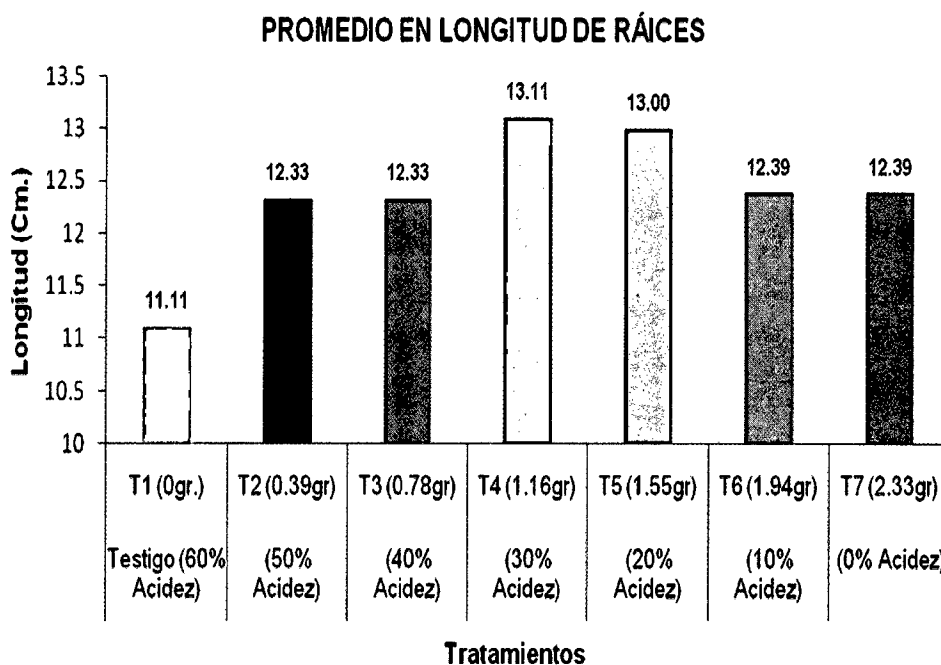


Figura N° 3. Promedio de longitud de raíces en los plantones de cacao.

El Cuadro N° 9, muestra que los tratamientos T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub>, son superiores en longitud de raíz (13 cm–13,11 cm), superando a T<sub>7</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>3</sub>, y T<sub>2</sub> (12,33 cm a 12,39 cm), siendo el testigo T<sub>1</sub> (11 cm) el que obtuvo el menor promedio en longitud de raíces.

La prueba de Duncan con ( $\alpha=0,05$ ) se encontró diferencias significativas estadística de comportamiento entre ellas. Esto quiere decir que el T<sub>4</sub> (13 cm) presenta el mayor valor en longitud de raíces de los plantones de cacao a un nivel de saturación de acidez de 30% (Cuadro N° 9), indicando que la dosis de dolomita (1,16 gr/planta) es la adecuada para este parámetro evaluado.

El testigo T<sub>1</sub> (11 cm), obtuvo el menor promedio en longitud de raíces a un nivel de saturación de acidez cambiante de 60% con un bajo contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio, y un alto contenido de



aluminio e hidrógeno (Cuadro N° 13), esto es debido a que los principales efectos tóxicos del aluminio se dan en la raíz. Lo cual coincide con (ALAM *et al.*, 1979), el crecimiento longitudinal de la raíz principal se reduce y se favorece el crecimiento y proliferación de las raíces laterales, que con el tiempo, también acaban inhibiendo su crecimiento.

Los altos niveles de saturación de aluminio en el suelo reducen el crecimiento de las raíces, inhibiendo su elongación y penetración en el suelo y consecuentemente, reduciendo la absorción de agua y nutrientes. Además el sistema radicular de la planta presenta un color pardusco, con raíces cortas, engrosadas y muy ramificadas (ZAPATA, 2004).

El aumento de la cal, aumenta el contenido de Mg y Ca, lo que permite una mayor absorción por el sistema radicular. Esto indica que a mayor absorción de nutriente mayor es el crecimiento de la planta en la parte aérea y radicular (WEIRICH, 2000). (GALLARDO *et al.*, 2005), menciona que el efecto de la toxicidad del Al, 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.

### 4.3. Resultados de materia seca

#### 4.3.1. Peso seco del tallo

Cuadro N° 10. Análisis de variancia en peso seco del tallo a los tres meses de evaluación.

F. V.	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	6	1,126	0,187	n.s.
Error Experimental	14	2,655	0,189	
Total	20	3,781		

Coefficiente de variación (CV): 21,74%.

La prueba realizada en el parámetro de peso seco del tallo de los plántones del cacao presenta un 21,74% de coeficiente de variación (CV), con diferentes dosis de dolomita, no muestran diferencias significativas (Cuadro 10).

El comportamiento de estos resultados coinciden con (ZAPATA, 2004), que los altos niveles de saturación de aluminio en el suelo reducen el crecimiento de las raíces, inhibiendo su elongación y penetración en el suelo y consecuentemente, reduciendo la absorción de agua y nutrientes.

El tratamiento T<sub>4</sub> (2,33 gr) en peso seco del tallo, es superior a los demás tratamientos por la dosis de dolomita aplicada de 1,16 gr/planta a nivel de 30% de saturación de acidez cambiante, siendo la más adecuada para el cultivo de cacao.

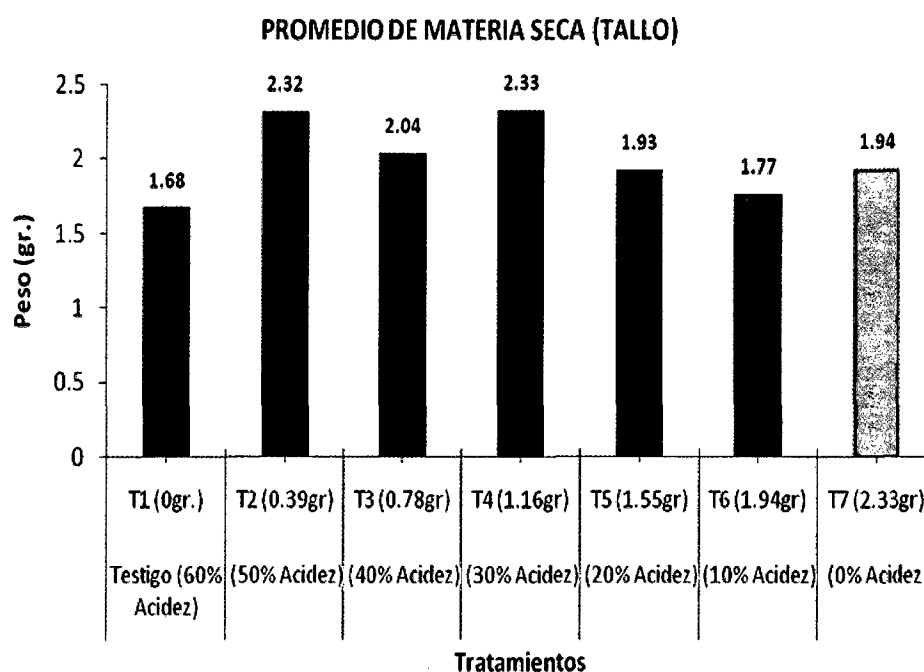


Figura N° 4. Promedio en materia seca del tallo de los plantones de cacao.

#### 4.3.2. Peso seco de raíces

Cuadro N° 11. Análisis de varianza en peso seco de raíces a los tres meses de evaluación.

F. V.	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	6	0,126	0,021	*
Error Experimental	14	0,117	0,008	
Total	20	0,243		

Coefficiente de variación (CV): 18,60%.

La prueba realizada en el parámetro de peso seco de raíces de los plantones del cacao, al cual se le aplicó diferentes dosis de dolomita, presenta un 18,60% de coeficiente de variación (CV), (Cuadro N° 11).

Cuadro N° 12. Prueba de Duncan con  $\alpha=0,05$  para el promedio en peso seco de raíces de los plantones de cacao a los tres meses de evaluación.

Tratamientos	Dosis de dolomita gr/Kg de suelo	Peso seco de raíces (gr)	Significación
T <sub>1</sub>	0 gr / Kg de suelo	0,62	a
T <sub>2</sub>	0,39 gr / Kg de suelo	0,53	ab
T <sub>3</sub>	0,78 gr / Kg de suelo	0,52	ab
T <sub>4</sub>	1,16 gr / Kg de suelo	0,51	ab
T <sub>5</sub>	1,55 gr / Kg de suelo	0,47	ab
T <sub>7</sub>	2,33 gr / Kg de suelo	0,42	b
T <sub>6</sub>	1,94 gr / Kg de suelo	0,36	b

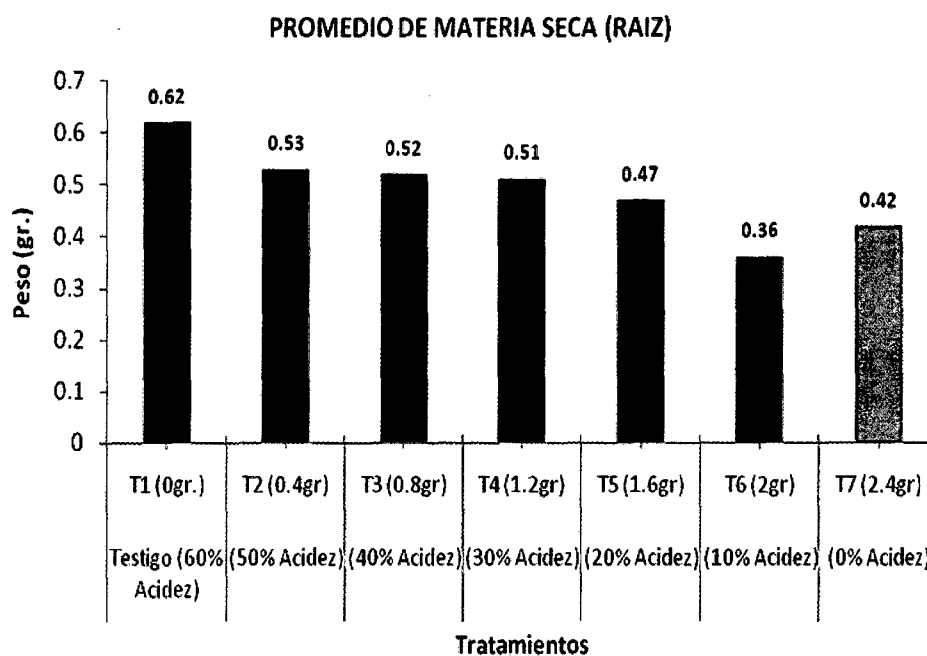


Figura N° 5. Promedio en materia seca de raíces de los plantones de cacao.

La prueba de Duncan con ( $\alpha=0,05$ ) se encontró diferencias significativas estadística de comportamiento entre ellas, observando que el tratamiento T<sub>1</sub> es superior en el peso seco de raíces de los plantones de cacao (0,62 gr), que superan estadísticamente a T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub> (0,47 gr a 0,53 gr), siendo T<sub>6</sub> y T<sub>7</sub> (0,36 gr y 0,42 gr) los que obtuvieron los menores pesos secos de raíces de los plantones de cacao (Cuadro N° 12).

Según la investigación (PÉREZ, 1986), a mayor dosis de cal mayor es la producción de materia seca. Pero en caso de la investigación se realizó con dolomita (Figura N° 5); lo cual se observa que hay una disminución de materia seca en la parte radicular de todos los tratamientos, excepto el testigo sin dolomita que es superior (0,62 gr) a un nivel de 60% de acidez cambiante, esta diferencia se debe a que la raíces del testigo son cortas, con raíces laterales gruesas (Figura N° 13), coincidiendo con (ALAM *et al.*, 1979), que señalan que el crecimiento longitudinal de la raíz principal se reduce y se favorece el crecimiento y proliferación de las raíces laterales, que con el tiempo, también acaban inhibiendo su crecimiento.

Según (MOLINA, 1998) afirma que, cuando el aluminio e hidrógeno se acumulan en el suelo en cantidades elevadas, pueden afectar negativamente el crecimiento de las plantas poco tolerantes a su presencia y el exceso de Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup> en la solución del suelo interfiere en la división celular, reduciendo el crecimiento de las raíces.

En el Cuadro N° 12, se observa que al aumentar la dosis de dolomita para llevar a la neutralidad el suelo en estudio, la producción de materia seca decreció. Esto probablemente ocasionó un sobreencalamiento. De acuerdo a ello, la tendencia de llevar los suelos a reacciones neutras, no es recomendable en los suelos de Trópico Húmedo, por un posible desbalance nutricional con elementos como el manganeso, potasio, fierro, zinc, magnesio, cobre y boro (PEREZ, 1986), lo cual se observa en la Figura N° 5.

#### 4.4. Promedio de análisis de suelos

Cuadro N° 13. Promedio de análisis final de suelo.

INICIAL	TRATA.	DOSIS DE	pH	M.O.	N	K	P	Ca	Mg	Al	H	%Ac.
		DOLOMITA (gr/kg de suelo)	(%)	(%)	ppm	ppm	(1meq./100gr. de suelo)			Cam.		
			3,82	2,8	0,1	133	51	2,2	0,6	5,3		60,0
FINAL	T1	0	3,93	2,96	0,13	136	37,30	0,8	1,3	1	4,7	72,7
	T2	0,39	4,26	3,43	0,15	166	69,60	1,3	2,2	0	4,4	55,5
	T3	0,78	4,12	3,57	0,16	184	52,82	1,7	2,0	0	3,7	49,2
	T4	1,16	4,38	3,64	0,16	186	73,18	2,2	3,3	0	3,3	37,7
	T5	1,55	4,38	2,31	0,1	216	65,78	2,2	3,7	0	3,2	35,3
	T6	1,94	4,49	3,05	0,14	221	79,77	2,3	4,6	0	3,1	30,6
	T7	2,33	4,5	3,07	0,14	654	73,03	2,4	5,0	0	2,3	23,8

En el cuadro N° 13, se observa el promedio de cada tratamiento en diferente dosis de dolomita; aumentaron en pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio, a su vez el porcentaje de acidez del suelo disminuye.

#### 4.4.1 Significación de los coeficientes de correlación en el análisis de suelo

En la figura N° 6, se muestran los efectos de la dosis de dolomita en el pH de los suelos. La recta de regresión simple es ascendente con un coeficiente de determinación positivo ( $R^2 = 0,875$ ) es decir al aumentar la dosis de dolomita, aumentará el pH de los suelos. También se muestra un coeficiente de correlación ( $r$ ) positivo igual a 0,9355.

En la figuras N° 7 (a, b) se muestran los efectos de la dosis de dolomita en el contenido de calcio, magnesio y Al+H (meq/100gr de suelo) en los suelos de los tratamientos mediante la regresión lineal simple. La recta de regresión lineal simple es ascendente para el Ca y Mg y descendente para Al+H, con un coeficiente de determinación  $R^2$  igual a 0,389 (Ca), 0,976 (Mg) y 0,910 acidez cambiante (Al+H).

El efecto de las dosis de dolomita en las líneas de regresión muestran un coeficiente de correlación ( $r$ ) positivo igual a 0,624 para calcio, 0,988 para magnesio y 0,954 para el Al+H; esto indica que al aumentar en una unidad los cationes cambiables Ca y Mg, aumentan y a su vez disminuye la acidez cambiante (Al+H) por la dosis de dolomita aplicada en los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub> y T<sub>7</sub> a comparación del testigo que no se aplicó dolomita.

En la figura N° 8 (a, b), se muestran los efectos de dosis de dolomita en el contenido de potasio y fósforo (ppm) en un suelo ácido.

El efecto de la dosis de dolomita en el potasio y fósforo, muestra la línea de regresión simple ascendente con un coeficiente de determinación positivo ( $R^2=0,514$ , 0,580, es decir al aumentar la dosis de dolomita en una unidad, aumentará el contenido de potasio y fósforo). Asimismo el coeficiente de correlación ( $r$ ) positivo igual a 0,717 y 0,762; además la aplicación de fondo de 200 ppm N y 200 ppm K aumentaron los contenidos de nitrógeno y potasio en todos los tratamientos que fueron aplicados dolomita.

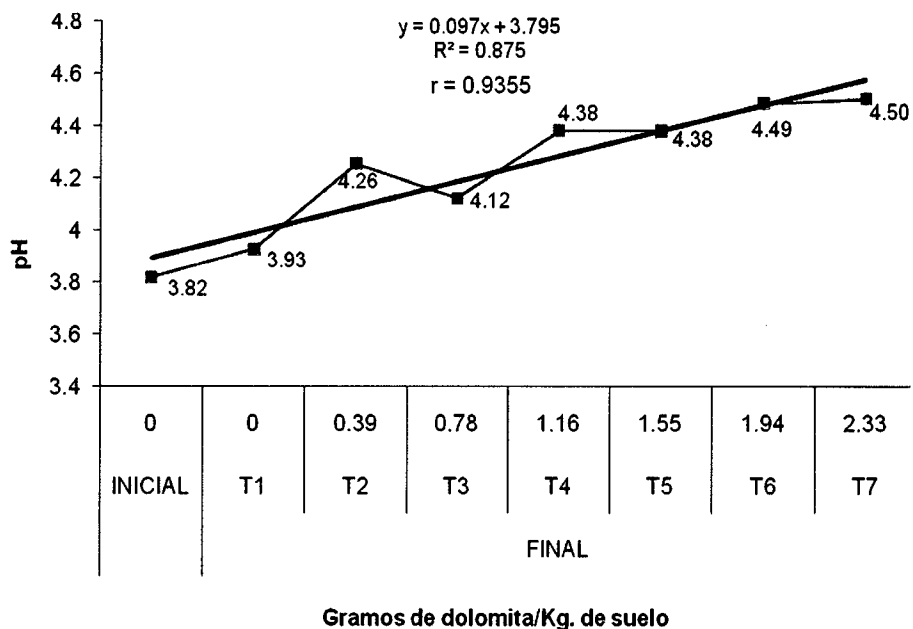
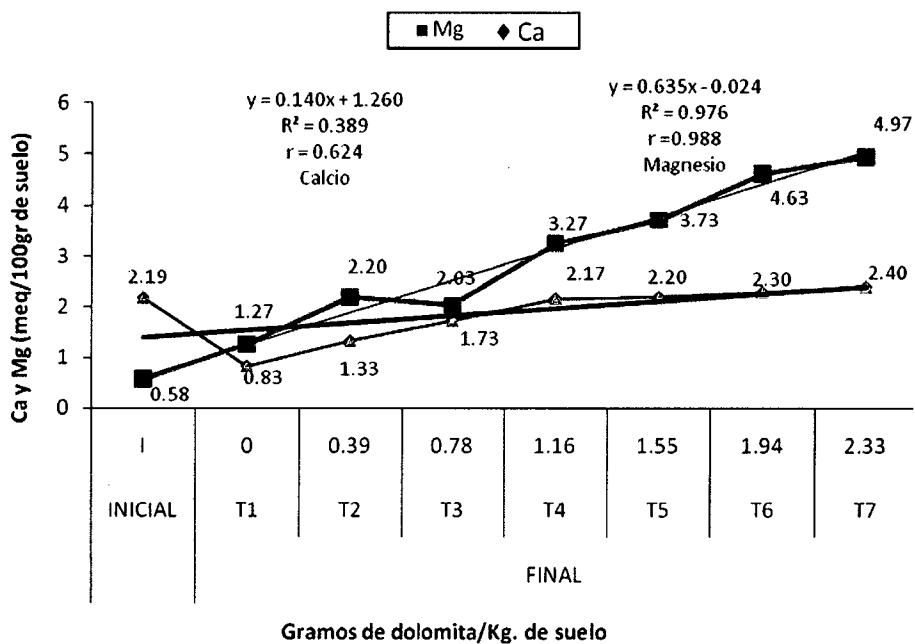
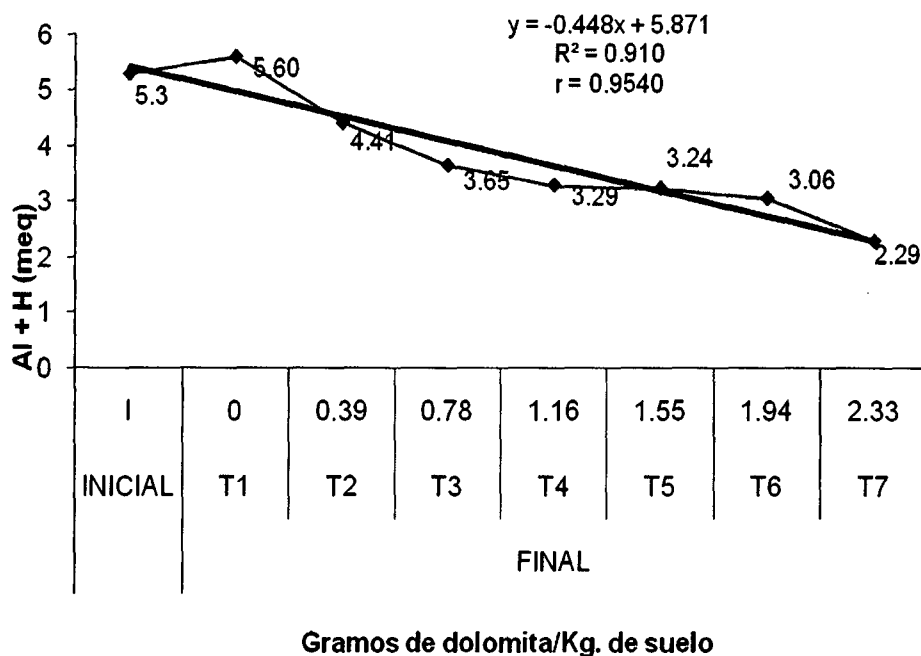


Figura N° 6. Efecto de dosis de dolomita en el pH de un suelo ácido.



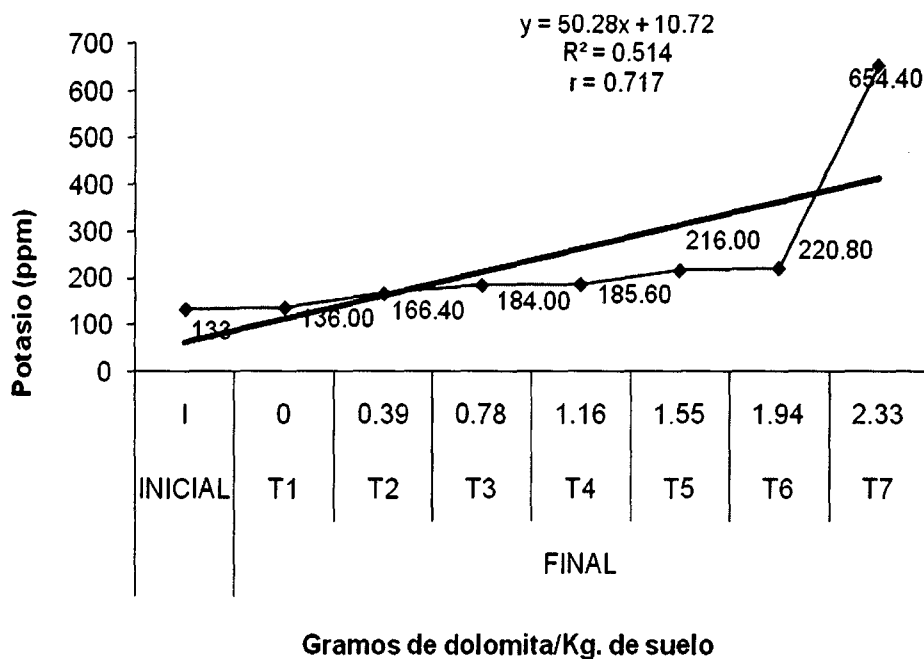
(a)



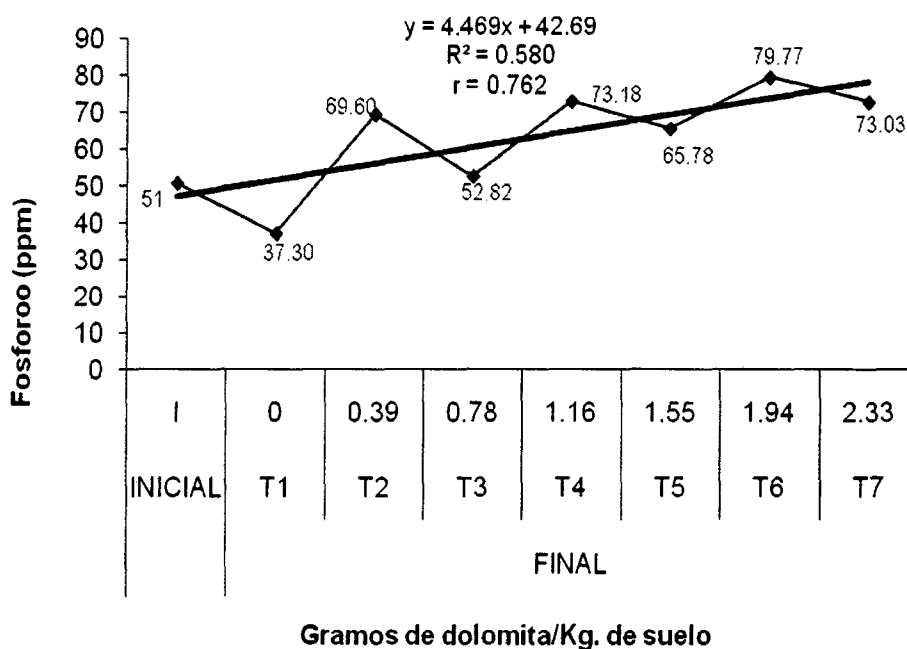


(b)

Figura N° 7. Efecto de dosis de dolomita en promedio de calcio y magnesio (a) y Al+H (b) en un suelo ácido.



(a)



(b)

Figura N° 8. Efecto de dosis de dolomita en promedio de potasio (a) y fósforo (b) en un suelo ácido.

Se observa que el aumento de la dosis de dolomita proporciona la elevación del pH, evidenciando el efecto positivo de esta práctica (Figura N° 6). Resultados semejantes fueron observados por (ACOSTA, 1984). El aumento del pH del suelo se debe a que el calcio y el magnesio proveniente de la disolución de los carbonatos, siendo el verdadero responsable de la elevación del pH el carbonato, que al hidrolizarse produce iones hidroxilo, y estos son los que elevan el pH del suelo (CORPOICA, 2003).

En la figura N° 7 (a) de la regresión lineal simple de la investigación con dolomita, muestra un incremento de calcio (0,58 a 4,97 meq/100gr de suelo) y magnesio (0,83 a 2,4 meq/100gr); esto quiere decir que a mayor dosis de dolomita mayor es el contenido de calcio y magnesio, a comparación de la investigación de (PEREZ, 1986), que conforme se aumentaron las dosis de cal aplicadas, los contenidos de Ca incrementaron apreciablemente, mientras que el  $Mg^{2+}$  intercambiable disminuyó.

Por tanto, en los suelos ácidos se debe aplicar dolomita que es un material encalante que neutraliza la acidez del suelo (1 mol de dolomita se neutralizan 4 moles de  $H^+$ ) por medio del anión carbonato ( $CO_3^{-2}$ ); y a su vez aporta  $Mg^{+2}$  y  $Ca^{+2}$ , a comparación de la cal (1 mol de  $CaCO_3$ , consume 2 moles de  $H^+$ ) que tan solo aporta  $Ca^{+2}$  (ZAPATA, 2004).

De las figuras N° 6, 7 y 8 después de los tres meses, muestran incrementos en pH, cationes cambiabiles (Ca, Mg), fósforo y potasio, y esto a su vez disminuye la acidez cambiabie (Figura N° 7, b) del suelo ácido con aplicación de diferentes dosis de dolomita a cada tratamiento. Por ello varios autores mencionan que tanto cal o dolomita son las dos alternativas para reducir o neutralizar la acidez del suelo y esto hace que (ALVARADO Y LOARTE, 2004), sugiere el uso de enmiendas; sea a través de la adición de cenizas o cal.

Por ello la investigación llevado acabo en Tingo María por (ACOSTA, 1984) de muestra; que el uso de la dolomita aumenta el pH de 4,18 a 4,63, por lo tanto (BENITES, 1984) sugiere; como una de las alternativas mas efectivas para recuperar los suelos ácidos en el Alto Huallaga.

## V. CONCLUSIONES

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

1. La aplicación de la dolomita a una dosis de 1,16 gr de dolomita/planta contribuyó en el crecimiento de la altura de la planta a 23,78 cm y 0,39 gr de dolomita/planta fue el que menor crecimiento lo obtuvo.
2. Según el análisis de suelo realizado se detectaron tendencias de aumento de cationes cambiabiles (Ca y Mg), materia orgánica, pH y una disminución de la acidez cambiabie.
3. La dosis de dolomita influyeron en el pH del suelo al aumentar de 3,8 (extremadamente ácido) a 4,5 (fuertemente ácido), a su vez los cationes cambiabiles (Ca y Mg) aumentaron de 2,10 meq/100gr de suelo a 7,37 meq/100gr de suelo, el contenido de aluminio mas hidrógeno disminuyeron de 5,60 meq/100gr de suelo a 2,29 meq/100gr de suelo y la acidez cambiabie del suelo de 61,2% disminuyó a 23,75%.
4. El método de saturación de bases (Citado por Havlin) demuestra, que el Clon CCN - 51 en el tratamiento T<sub>4</sub> (1,16 gr de dolomita/planta) se adapta a un 37,72% de acidez cambiabie y a un pH de 4,38.

## **VI. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a lo realizado, podemos recomendar:

1. Usar dolomita, por las ventajas que presenta, es una alternativa para disminuir o reducir la acidez cambiante del suelo y de esta manera aumenta los cationes intercambiables Ca y Mg).
2. Aplicar 1,16 gr de dolomita/planta, para obtener un buen efecto sobre el promedio de altura de planta, longitud de raíz y peso seco del tallo.
3. Continuar con el estudio, en campo definitivo con el mismo método teórico de saturación de bases. Para evaluar la respuesta del cacao en la aplicación de la dolomita y su efecto de este sobre el suelo.
4. Utilizar materiales encañantes disponibles en la zona, ya que se demostró que la dolomita tiene buen aporte de Ca y Mg, la cual permite neutralizar la acidez cambiante del suelo y además son de bajo costo.

## VII. ABSTRACT

The investigation has been developed in the region Huánuco, province Leoncio Prado, district Rupa Rupa in Buenos Aires locality - Tingo María, to an altitude of 660 m.s.n.m, with an average rainfall of 3300 mm and average temperature yearly of 25 °C. The effect of the dolomite in the growth of the *Theobroma cacao L.* (Clone CCN – 51) in phase, utilizing as substratum an soil acid, this study consisted in application of different dolomite dose for treatment according to the saturation method of bases; 60% (Witness T<sub>1</sub>), 50%(T<sub>2</sub>= 0,39 gr of dolomite/plant), 40% (T<sub>3</sub>= 0,78 gr of dolomite/plant), 30% (T<sub>4</sub>= 1,16 gr of dolomite/plant), 20% (T<sub>5</sub>= 1,55 gr of dolomite/plant), 10% (T<sub>6</sub>= 1,94 gr of dolomite/plant) y 0% (T<sub>7</sub>= 2,33 gr of dolomite/plant).

The design was utilized completely at random (D.C.A.) evaluating the variables with analysis of varianza, stockings separation according to Duncan and analysis of linear regression and correlation. The aftermaths to the three evaluation months the T<sub>4</sub> with the application of 1,16 gr of dolomite/plant obtained a statistically superior effect on the height average from the beginning, length by the roots and I weigh dry of the stem; The pH of extremely it happened acid to strongly acid and the ground's changeable acidity diminished of 60% to 23,75% In the treatment T<sub>7</sub> (2,33 gr of dolomite/plant).

**Key words:** the dolomite's Effect, acid- grounds recuperation.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACOSTA, R. 1984. Evaluación del efecto de enmiendas controladoras de la acidez y fuentes de fosforo en suelos ácidos. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Programa Académico de Agronomía. 79 p.
- ALAM S., ADAMS W., SOLORZANO G. 1979. Effects of aluminium on nutrient composition and yield of oat. *Journal of Plant Nutrition*, Madrid, España. Vol. 1; 365 - 375.
- ALBITRES, L. L. 1981. Influencia de la materia orgánica y del fosforo en el desarrollo de plantas de vivero de cacao (*Theobroma cacao*) bajo condiciones de Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 114 P.
- ALCARDE, J., RODELLA, A. 1996. O equivalente em carbonato de cálcio dos corretivos da acidez dos solos. *Scientia Agrícola*. [En línea]: SCIELO, (<http://www.scielo.br/cgi-bin/wxis.exe/iah/>, 20 Jun 2009).
- ALVARADO, A., LOARTE J. 2004. La saturación de acidez y el encalado sobre el crecimiento de la teca (*Tectona Grandis* I.F.) en suelos ácidos de Costa Rica. [En línea]: ACCESSMYLIBRARY, ([http://www.accessmylibrary.com/.../summary\\_0286-5063246\\_ITM](http://www.accessmylibrary.com/.../summary_0286-5063246_ITM), 20 Jun. 2009).

- BAUTISTA, F. 1980, Influencia del tamaño de semilla, a los 30 y 60 días de la siembra, en el vigor del plantón de cacao (*Theobroma cacao L.*). En Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la selva. 100 p.
- BENITES, J. 1984. Sistemas intensivos con rotación de cultivos en el ámbito del proyecto especial alto Huallaga. Tingo María, PEAH, 14p. [En línea]:  
WORLDAGROFORESTRY,  
(<http://www.worldagroforestry.org/downloads/publications/PDFS/B14535.pdf>, 01 May. 2009).
- BROUDEAN, J. 1981. El cacao. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Blume Distribuidora, S. A. Casas Grandes N° 69 México. 296 p.
- CENTURIÓN, J. 1987. Efectos del sustrato y dolomita en la fase de una plantación de caoba (*Swietenia Macrophylla e. king*) en suelos degradados de Tingo María, Tesis Ing. en Recursos Naturales Renovables–Mención Forestales. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 94 p.
- CEPEDA, J. 1991. Química de suelos. 2<sup>da</sup> Edición. Editorial Trillas. México. 151pag.
- COLEMAN, T., THOMAS, W. 1967. The Basic chemistry of soil de acidity. Agronomy journal. [En línea]:  
SOIL.SCIJOURNALS, (<http://soil.scijournals.org/cgi/content/full/71/3/103>  
8 No 12: 1-41., 20 Jun. 2009).



CORPOICA, V. 2005. Efectos de la aplicación de cal dolomítica y yeso agrícola en cafetales (*Coffea arabica*) afectados con Mal de Viñas en Guatemala. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Costa Rica 76 p.

DE MELLO, P., RIOS NATALE., DE MEDEIROS C., BRAGHIROLI L. 2004. Efeitos da aplicação de calcário no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de Maracujazeiro. [En línea]: SCIELO, ([http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-29452004000100039](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452004000100039), 20 Jun. 2009).

DONG, B., SANG, L., JIANG, X., ZHOU, M., KONG, X., HU WANG, S. 2002. Effects of aluminum on physiological metabolism and antioxidant system of wheat (*Triticum aestivum* L.) [En línea]: NCBI.NLM.NIH, (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11996140>, 20 Jun. 2009).

GALLARDO, F., PINO, M., M, A., FERNANDO B. 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. [En línea]: MINGAONLINE, ([http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-27912005000100005&lng=es&nrm=iso](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912005000100005&lng=es&nrm=iso), 20 Jun. 2009).

HAVLIN, B., TISDALE, N. 1999. Soil fertility and fertilizers. An itroduction to nutrien Management. Sexta edición. Edit. Prentice Hall do Brasil, Ltda Rio de janerio. Printed in the USA. 49 P.

HILLEL, D. 1982. Introduction to soil physics. 2nd ed. Academic Press, San Diego, CA. 470 p.

JACKSON, A. 1967. Physiological effects of soil acidity in soil acidity end agronomy, 12 (r. w. Pearson F. Adams, Eds). Madison Amer. 43-124pp. [En línea]: PUBLISH.CSIRO.AU, (<http://www.publish.csiro.au/paper/SR9950425.htm> journal of soil research. Australian, Journal, 01 May. 2009).

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PROAMAZONIA (Programa para el Desarrollo de la Amazonia Peruana). 2003. Formulación de una metodología para la recuperación de suelos degradados en zonas de cultivo de coca. Lima – Perú. [En línea]: DEVIDA, (<http://www.devida.gob.pe/Documentacion/documentosdisponibles/Suelos%20Degradados.pdf>, 01 May. 2009).

MOLINA, E. 1998. Acidez de suelo y encalado. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. 45 p. [En línea]: PPI-PPIC, ([http://www.agrotriunfo.com/pdf/acidez\\_de\\_suelo\\_encalado.pdf](http://www.agrotriunfo.com/pdf/acidez_de_suelo_encalado.pdf)., 01 May. 2009).

MOLINA, E., ROJAS, A. 2005. Efecto del encalado en el cultivo de naranja valencia en la zona norte de Costa Rica. [En línea]: MAG, ([http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/inicio.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/inicio.pdf), 20 Jun. 2009).

MONTE, M. 1966. Estudio comparativo de crecimiento e nutricional mineral de plántulas de Cacaueiro (*Theobroma cacao*) e Seringueira (*Hevea brasiliensis*). CEPEC. Informe Técnico. 29 P.

NAVARRO, G. 2003. "Química Agrícola". El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2 ed. España. 486 p.

OSORIO, C. 2006. Efecto de la roca fosfórica, dolomita y cal sobre el pH, la acidez cambiante, el contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio en un suelo muy ácido de Satipo. Instituto de Investigación - Facultad

de Ciencias Agrarias Satipo. [En línea]: UNCP, (<http://www.uncp.edu.pe/ci/proyectos/trabajos/SATIPO-EFECTO%20DE%20LA%20ROCA%20FOSFORICA,%20DOLOMITA%20Y%20CAL.pdf>, 01 May. 2009).

OROZCO, M., THIENHAUS, S. 1997. Efecto de la gallinaza en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) en desarrollo. [En línea]: MAG, ([http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v08n01\\_081.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v08n01_081.pdf), 20 Jun. 2009).

PÉREZ DE ROBERTI, R. 1986. Efectos del encalado en la neutralización del aluminio intercambiable y sobre el crecimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum*). [En línea]: CENIAP, ([http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/Agronomia%20Tropical/at3613/arti/perez\\_r.htm](http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/Agronomia%20Tropical/at3613/arti/perez_r.htm), 20 Jun. 2009).

RAMÍREZ, F., SUÁREZ, D. 2005. Evaluación de la calidad agrícola de cuatro enmiendas calcáreas en un suelo ácido derivado de cenizas volcánicas. Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile. [En línea]: SACH, ([www.sach.cl/archivos/SIMIENTE\\_74%20\(3-4\).pdf](http://www.sach.cl/archivos/SIMIENTE_74%20(3-4).pdf), 20 Jun. 2009).

SALAS, R., THOMAS, S., ALPÍZAR, J., ALVARADO, A. 2002. Corrección de la acidez del suelo con Ca y Mg y su efecto en el desarrollo del sistema radical del palmito en la etapa de previvero. Agronomía Costarricense. [En línea]: REDALYC.UAEMEX, (<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=43626208&iCveNum=5384>, 20 Jun. 2009).

SANCHEZ, A. 1980. Effects of lime, silicate and phosphorus applications to an oxisol on phosphorus sorption and iron retention. Soil science society proceedings.44: 500-505. [En línea]:JOURNALSEEK,(<http://journalseek.net/cgi-bin/journalseek/journalsearch.cgi?field=issn&query=0038-0776>, 01 May. 2009).

WEIRICH, N., FÁVERO, C., JUSTINO, A., DIAS, J. 2000. Correção da acidez do solo em função de modos de incorporação de calcário. [Enlínea]:SCIELO,(<http://www.scielo.br/pdf/cr/v30n2/a10v30n2.pdf>, 19 Jun. 2009).

ZAPATA HERNANDEZ, Raúl. 2004. Química de la acidez del suelo. 1 ed. España. 179 p.

ZAVALA, W., NATIVIDAD, R., RIOS, R., ADRIAZOLA, J., GARCIA, L., GONZALES, F., ANTEPARRA, M. 2007. Diplomado: "Cultivos industriales tropicales: Café, Cacao y Palma Aceitera. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú. 142 p.

# **IX. ANEXO**

### CALCULO DE APLICACIÓN DE DOLOMITA

$$\%CaO = 29,82 \longrightarrow \%CaCO_3 = 29,82 * 1,79 = 53,38$$

$$\%MgO = 20,75 \longrightarrow \%MgCO_3 = 20,75 * 0,6 * 3,47 = 43,20$$

**1 me dolomita = CaCO<sub>3</sub> + MgCO<sub>3</sub> + impureza**

**Sabemos que:**

$$1 \text{ me } CaCO_3 = 50 \text{ mg}$$

$$1 \text{ me } MgCO_3 = 42 \text{ mg}$$

**Del análisis de Suelo**

$$CIC = 8,66 \text{ meq}/100\text{g}$$

%Ac. Cam = 60 inicial.

%Ac. Cam = 50 final.

$$\text{Necesito neutralizar} = 60 - 50 = (10 * 8,66) / 100 = 0,9 \text{ meq}/100\text{g de suelo.}$$

$$1 \text{ meq de dolomita} = ((50 * 53,38) / 100) + ((42 * 43,20) / 100) = 44,83 \text{ mg.}$$

1 meq de acidez cambiante se neutraliza con 1 me de dolomita, por lo tanto, los 1,8 meq de acidez intercambiante se neutraliza con 1,8 meq de dolomita/100g suelo.

$$1,8 \text{ me de dolomita} = 0,19 - 44,83 = 38,83 \text{ mg}/100\text{g de suelo.}$$

$$\text{Suelo} = 1 \text{ kg} = 100 \text{ gr}$$

$$38,83 \text{ kg dolomita} \text{ ————— } 100 \text{ tn Suelo}$$

$$x \text{ ————— } 2400 \text{ tn Suelo}$$

$$x = 931,92 \text{ kg dolomita / Ha (0,93 tn dolomita/Ha)}$$

$$x = (931,92 / 2400000) * 1000 = 0,39 \text{ gramos/planta.}$$

**Cantidad de dolomita/planta = 0,39 gramos/planta.**

Cuadro N° 14. Altura de plántones de cacao Clon CCN - 51 de las tres evaluaciones realizadas.

TRATAMIENTOS (altura de los plántones de cacao clon CCN-51)																																											
Evaluación.	Repetición.	TESTIGO - 60%						T - 50%						T - 40%						T - 30%						T - 20%						T - 10%						T - 0%					
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	R1	11	7	7	6	9	7	10	10	7	7	11	10	15	13	10	15	11	13	12	14	13	11	15	12	10	10	12	11	11	17	12	9	11	8	9	9	7	13	11	8	12	10
3		19	16	17	13	18	15	17	20	18	16	20	21	23	22	18	20	24	21	20	21	25	23	29	24	22	21	19	22	22	26	20	19	23	19	20	20	13	18	21	21	24	22
5		23	21	18	14	25	19	21	27	22	18	25	26	26	26	22	25	27	22	32	29	33	28	32	27	25	25	21	28	25	30	30	21	27	25	22	24	19	21	30	23	25	23
7		24	23	20	15	31	20	22	28	24	20	31	32	29	30	28	28	32	24	35	33	44	32	35	30	30	29	22	35	27	34	31	22	31	33	25	25	21	25	35	26	28	26
promedio		19	17	16	12	21	15	18	21	18	15	22	22	23	23	20	22	24	20	25	24	29	24	28	23	22	21	19	24	21	27	23	18	23	21	19	20	15	19	24	20	22	20
1	R2	15	11	10	9	15	12	15	14	12	11	10	10	11	15	10	11	11	14	14	8	14	16	14	16	16	12	14	13	13	13	15	9	13	16	12	9	10	9	12	13	13	13
3		21	19	20	0	22	20	24	21	24	24	25	21	20	18	25	20	24	22	23	24	23	22	24	24	22	23	21	22	15	22	21	17	21	25	20	23	22	20	21	19	25	18
5		26	23	27	0	30	27	32	27	25	29	30	22	22	19	29	22	27	23	24	25	30	25	30	27	25	25	23	24	18	26	22	19	27	31	25	29	25	21	23	20	28	20
7		29	27	30	0	29	24	35	30	28	31	33	23	26	20	32	26	32	24	26	26	33	26	34	32	29	28	29	26	19	28	23	20	29	36	27	35	26	22	28	22	33	21
promedio		23	20	22	2	24	21	27	23	22	24	25	19	20	18	24	20	24	21	22	21	25	22	26	25	23	22	22	21	16	22	20	16	23	27	21	24	21	18	21	19	25	18
1	R3	12	13	12	11	15	16	12	17	16	15	14	11	12	10	15	11	12	11	14	15	15	12	10	8	15	14	8	8	16	14	15	13	14	13	11	12	12	14	13	10	9	12
3		20	21	17	21	22	23	25	26	24	20	23	19	22	16	21	25	20	20	24	26	24	20	18	15	23	21	12	20	22	19	24	19	22	22	20	20	20	22	18	19	18	15
5		21	23	21	29	25	27	29	30	31	21	31	23	30	19	24	34	27	26	30	28	32	25	22	18	25	26	17	22	27	30	27	24	28	26	24	24	26	28	24	26	21	22
7		24	25	25	32	28	33	34	42	37	24	35	29	34	22	29	36	31	31	32	33	36	27	27	23	28	29	18	26	30	32	30	27	34	34	29	31	30	30	32	32	25	26
promedio		19	21	19	23	23	25	25	29	27	20	26	21	25	17	22	27	23	22	25	26	27	21	19	16	23	23	14	19	24	24	24	21	25	24	21	22	22	24	22	22	18	19

Cuadro N° 15. Longitud de raíces de los plantones de cacao Clon CCN - 51.

		Longitud de la raíz (Cm)						
REP.	N° Bolsas	T - 60%	T - 50%	T - 40%	T - 30%	T - 20%	T - 10%	T - 0%
R1	B1	13,00	11,00	12,00	13,00	12,00	11,00	13,00
	B2	13,00	13,00	14,00	14,00	15,00	11,00	12,00
	B3	13,00	12,00	12,00	13,00	13,00	16,00	14,00
	B4	6,00	10,00	12,00	12,00	11,00	13,00	16,00
	B5	12,00	13,00	11,00	16,00	14,00	12,00	15,00
	B6	11,00	13,00	13,00	17,00	11,00	10,00	12,00
Sub. Prom.		11,33	12,00	12,33	14,17	12,67	12,17	13,67
R2	B1	12,00	12,00	13,00	12,00	11,00	12,00	11,00
	B2	13,00	13,00	6,00	12,00	11,00	9,00	11,00
	B3	13,00	12,00	13,00	11,00	13,00	12,00	15,00
	B4	0,00	11,00	14,00	12,00	16,00	13,00	12,00
	B5	12,00	13,00	16,00	12,00	9,00	11,00	14,00
	B6	10,00	11,00	12,00	12,00	12,00	11,00	7,00
Sub. Prom.		10,00	12,00	12,33	11,83	12,00	11,33	11,67
R3	B1	12,00	13,00	12,00	13,00	18,00	12,00	15,00
	B2	12,00	13,00	12,00	13,00	13,00	15,00	15,00
	B3	9,00	12,00	13,00	16,00	10,00	12,00	11,00
	B4	13,00	13,00	12,00	12,00	11,00	16,00	12,00
	B5	13,00	14,00	12,00	13,00	17,00	15,00	9,00
	B6	13,00	13,00	13,00	13,00	17,00	12,00	9,00
Sub. Prom.		12,00	13,00	12,33	13,33	14,33	13,67	11,83
Prom. Total		11,11	12,33	12,33	13,11	13,00	12,39	12,39



Cuadro N° 16. Peso seco del tallo de los plantones de cacao Clon CCN - 51.

MATERIA SECA (peso seco tallo)							
REP.	T1 testigo	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R1	1,52	2,04	2,17	2,74	2,29	1,59	1,96
R2	1,34	1,76	1,84	1,93	1,63	1,47	1,63
R3	2,19	3,16	2,11	2,33	1,87	2,26	2,23
Promedio	1,68	2,32	2,04	2,33	1,93	1,77	1,94

Cuadro N° 17. Peso seco de raíces de los plantones de cacao Clon CCN - 51.

MATERIA SECA (peso seco raíz)							
REP.	T1 testigo	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R1	0,67	0,57	0,66	0,55	0,51	0,39	0,51
R2	0,50	0,43	0,39	0,40	0,42	0,29	0,36
R2	0,69	0,60	0,52	0,58	0,48	0,40	0,40
Promedio	0,62	0,53	0,52	0,51	0,47	0,36	0,42

FOTOS

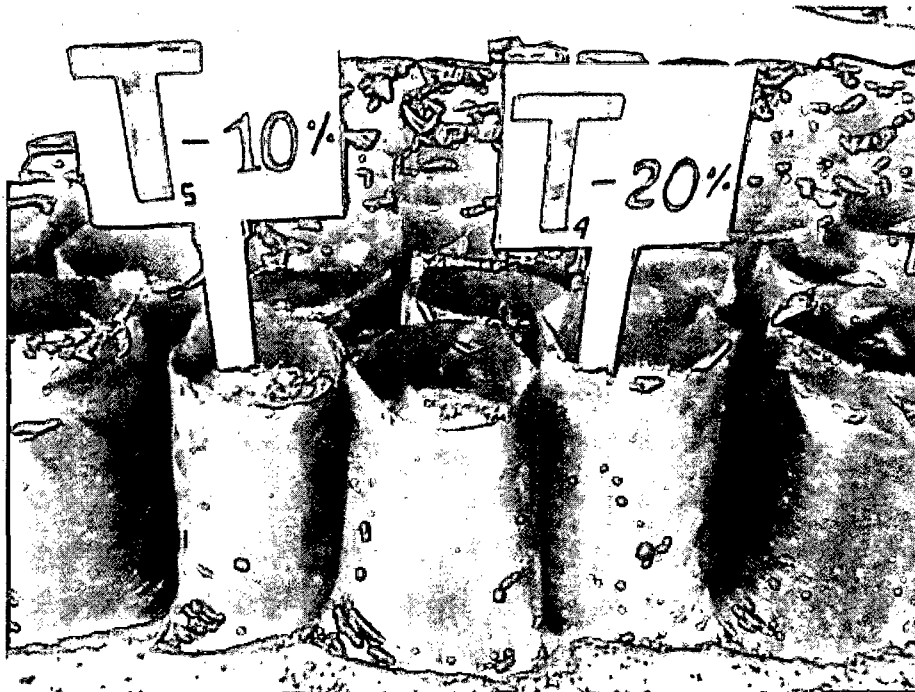


Figura N 9. Eliminación de mucilago, desinfección y siembra de la semilla de cacao Clon CCN - 51.



Figura N° 10. Germinación de las semillas de cacao.



Figura N° 11. Primera medición de las plantas de cacao Clon CCN - 51 por tratamiento.



Figura N° 12. Tercera medición de las plantas de cacao Clon CCN - 51 por tratamiento.



Figura N° 13. Alturas de las plantas del cacao al finalizar la investigación.

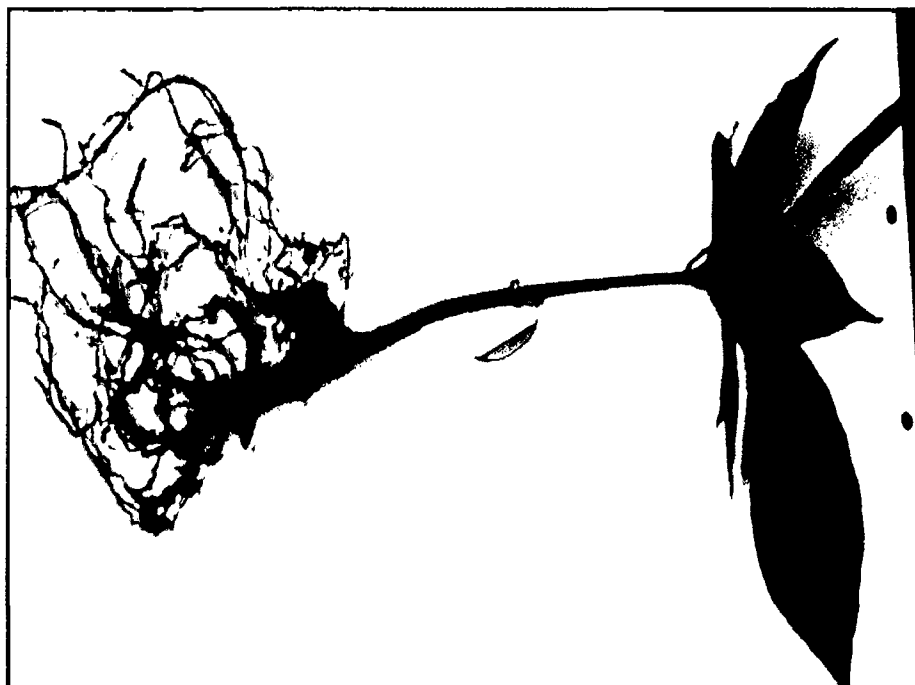


Figura N° 14. Tratamiento 1 testigo (60% de acidez) – raíz y tallos pequeños.



Figura N° 15. Tratamiento 2 (Dolomita = 0,39 gr/Kg de suelo).

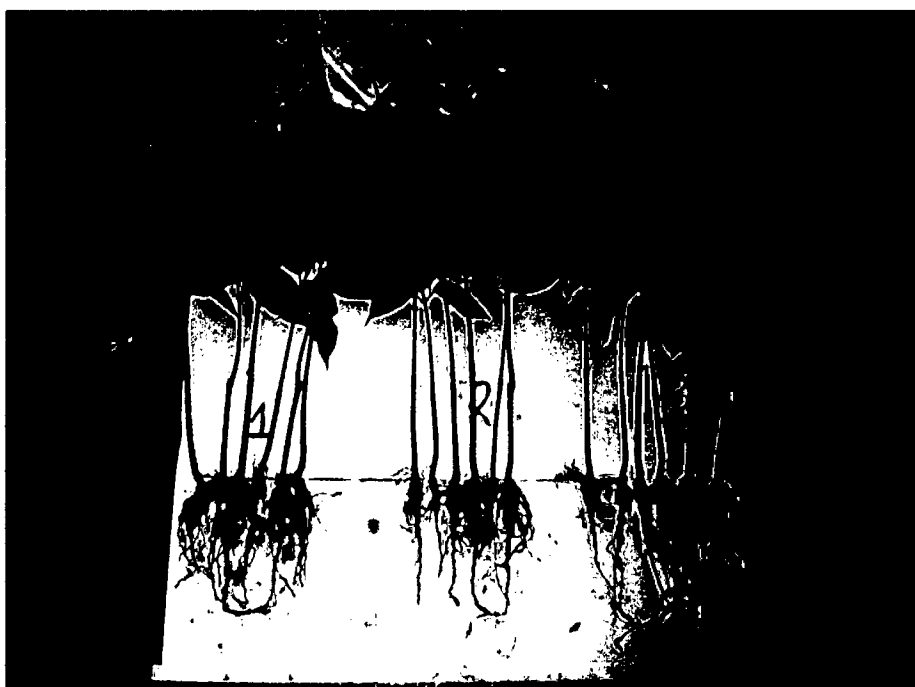


Figura N° 16. Tratamiento 3 (Dolomita = 0,78 gr/Kg de suelo).



Figura N° 17. Tratamiento 4 (Dolomita = 1,16 g/Kg de suelo).

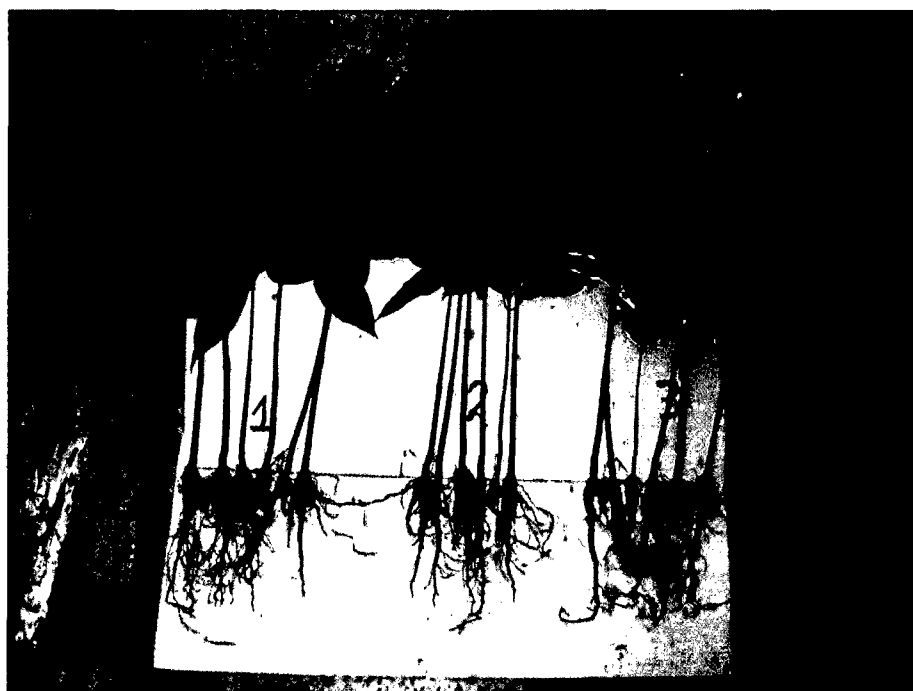


Figura N° 18. Tratamiento 5 (Dolomita = 1,55 gr/ Kg de suelo).



Figura N° 19. Tratamiento 6 (Dolomita = 1,94 gr/Kg de suelo).



Figura N° 20. Tratamiento 7 (Dolomita = 2,33 gr/Kg de suelo).



## DETALLE DEL PRESUPUESTO

CLASIFICADOR DEL GASTO					Costo	
Código		Nombre	Cantidad	Unid.	unitario (S/.)	Total (S/.)
<b>53</b>	<b>11</b>	<b>51 Equipamiento y bienes duraderos</b>				
		Equipo de computo (PC Pentium IV)	1	U	1700	1700,00
		Impresora Canon PIXMA Ip 1000	1	U	250	250,00
		Cámara digital canon Powershot A460	1	U	600	600,00
						<b>2550,00</b>
<b>53</b>	<b>11</b>	<b>30 Bienes de consumo</b>				
		Machete	1	U	10	10,00
		Wincha de 20 metros	1	U	20	20,00
		Botas de jebe	3	Par	15	45,00
		Bolsa de polietileno (1 Kg.)	70	U	0.2	14,00
		Alambre (kg)	1	U	14	14,00
		Bambú por metro.	40	M	2	80,00
		Dolomita (kg)	1	Kg	0.5	0,50
		Alicate	1	U	8	8,00
		Hoja de palmera para el tinglado del vivero	15	U	1	15,00
		Pasajes	16	U	2	32,00
		Semillas de cacao	128	U	0.2	25,6
		Otros percances		U	50	50,00
						<b>315,60</b>
<b>53</b>	<b>11</b>	<b>49 Material de escritorio</b>				
		Papel bond A4 Atlas de 80g.	1	Millar	35	35,00
		Libreta de apuntes	1	U	1.5	1,50
		USB data travel 1 GB	1	U	20	20,00
		Corrector	1	U	1	1,00
		Lapiceros pailot.	1	U	2,5	2,50
						<b>60,00</b>
<b>53</b>	<b>11</b>	<b>39 Otros servicios de terceros</b>				
		<b><u>Personas jurídicas</u></b>				
		Impresión de informes trimestrales	5	Ejem	20	100,00
		Impresión de ejemplares finales	2	Ejem	35	70,00
		Empastado de informe final	5		50	250,00
		Fotocopia de bibliografía	500	U	0,1	50,00
		Análisis de fertilidad de suelos	8	U	30	240,00
						<b>710,00</b>
		<b><u>Personas Naturales</u></b>				
		Asesoría en estadística	2	Día	20	40,00
						<b>40,00</b>
<b>TOTAL</b>						<b>3675,60</b>
<b>Imprevistos 10%</b>						<b>367,56</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>						<b>4043,16</b>



# NIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Facultad de Recursos Naturales Renovables

Gabinete de Meteorología y Climatología



"Año de la Consolidación Económica y Social del Perú"

Tingo María, 26 de Enero 2010

Datos Meteorológicos de la Estación de Tingo María

Coordenadas Geográficas Latitud : 09°18' 00" Sur Longitud : 76° 01' 00" Oeste Altitud : 660 m.s.n.m

Periodo: Agosto a Noviembre - 2009

Periodo(meses)	Temperaretura del aire (°C)			Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm/mes).
	Máxima	Mínima	Media		
Agosto	30,39	20,24	25,32	84,90	150,00
Setiembre	30,83	20,38	25,61	80,50	177,60
Octubre	30,98	20,83	25,91	81,90	111,80
Noviembre	29,89	20,98	25,44	85,90	406,90

Referencia: SOLICITUD DE TRÁMITES N° 0203340



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Ing. MSc. Lucio Manrique De Lara Suárez  
DECANO