

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

DEPARTAMENTO ACADÉMICO EN CIENCIAS DE CONSERVACIÓN DE

SUELOS Y AGUA



"EFECTO DE LA *Pueraria phaseoloides* (KUDZU) Y DOLOMITA

EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – QUÍMICAS

DEL SUELO EN CONDICIONES DE SELVA ALTA"

TESIS

Para optar el título de

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Mención: CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

KARIN SHEYLA DEL AGUILA ROJAS

PROMOCIÓN 2007 - II

TINGO MARÍA - PERÚ

2010



P33

D53

Del Aguila Rojas, Karin S.

Efecto de la *Pueraria phaseoloides* (Kudzu) y Dolomita en las propiedades Físico-Químicas del Suelo en Condiciones de Selva Alta. Tingo María, 2010

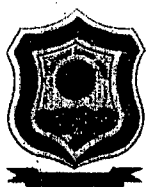
72 h.; 25 cuadros; 3 fgns.; 43 ref.; 30 cm.

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.

PUERARIA PHASEOLOIDES / KUDZU / DOLOMITA / PROPIEDADES

FISICO-QUIMICO / RECUPERACION-SUELO / METODOLOGIA / PH /

TINGO MARIA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERU.



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 23 de agosto de 2010, a horas 11:00 a.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

“EFECTO DE LA *pueraria phaseoloides* (kudzú) Y DOLOMITA EN LAS PROPIEDADES FISICO – QUIMICO DEL SUELO EN CONDICIONES DE SELVA ALTA”

Presentado por el Bachiller: **KARIN SHEYLA DEL AGUILA ROJAS**, 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 la sustentante queda apta 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, 14 de enero de 2011

.....
Ing. JOSÉ LEVANO CRISÓSTOMO
Presidente

.....
Ing. JAIME TORRES GARCIA
Vocal

.....
Ing. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
Vocal

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

.....
Ing. NELINO FLORIDA ROFNER
Coasesor

DEDICATORIA

A Dios;

Por haberme dado la vida, sabiduría, paciencia, que guió mi camino para llegar a culminar mi carrera profesional sin dificultades y por la bendición que derrama en mi familia.

A mis dos grandes amores

Juan Manuel y Juanita mis padres, por su infinito amor, apoyo incondicional y sabios consejos que estimularon mi superación cada día e hicieron de mi una profesional. ¡GRACIAS!

A mis hermanas:

Lariza, Dency, Belly y Sandy por enseñarme a ser tolerante, brindarme su apoyo incondicional y estar conmigo en las buenas y malas.

A mi mamita Aurelia por sus oraciones.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por iluminar mi camino a cada paso que emprendo en la vida y darme fuerzas para salir adelante en cada tropiezo que doy.

A mis padres, por ser lo más hermoso en mi vida, y brindarme su apoyo incondicional, guiarme en todo momento y siempre estaré eternamente agradecido hasta los últimos días de mi vida.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme forjado como profesional.

A mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por sus consejos y enseñanzas impartidas.

Al Ing. Lucio Manrique de Lara Suárez, patrocinador del presente trabajo de investigación, por su amplia colaboración en forma desinteresada para culminar con éxito la tesis.

A los miembros del jurado de tesis, Ing. José Levano Crisóstomo, Ing. Juan Pablo Rengifo Trigozo, e Ing. Jaime Torres García por su ilustre despliegue de conocimientos, consejos y sugerencias para poder llevar a cabo la integra ejecución de la tesis.

Al Ing. Nelino Florida Rofner su colaboración en forma desinteresada para culminar con el trabajo de investigación.

Al Ing. Martin Chávez Asencio, por su orientación en mi formación como estudiante.

A mis amigas, Drisdally Hidalgo Ríos, Lindsay Trujillo Funegra, Marianella Del Aguila Angulo y Sully Tang Solis; por su apoyo moral en la culminación del presente trabajo de investigación.

A mis amigos Demetrio Angelo Lama Isminio, César Miro Díaz García y Javier Nazar Cipriano por su gran ayuda y apoyo en los datos estadísticos.

A mis amigas y amigos, Deysi Contreras, Laura Barraza, Laura Cotrina, Jessica Patricio, Carmen Sánchez, Heydin Reátegui, Rolando Salas, Segundo Beteta, Samuel Quispe y Henry Alvarado quienes compartieron conmigo las clases universitarias y me brindaron siempre su apoyo moral.

ÍNDICE

| | Página |
|---|--------|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1. Coberturas Vivas (Leguminosas)..... | 3 |
| 2.1.1. Descripción de la <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu)..... | 4 |
| 2.2. Encalado..... | 5 |
| 2.2.1. Efecto del encalado..... | 7 |
| 2.2.2. El sobre encalado..... | 8 |
| 2.3 Dolomita..... | 9 |
| 2.3.1. Contenido de calcio y magnesio..... | 10 |
| 2.3.2. Diferencia entre cal, cal dolomítica, dolomita cálcica y dolomita..... | 11 |
| 2.4 Propiedades físicas..... | 11 |
| 2.4.1. Textura del suelo..... | 12 |
| 2.5 Propiedades químicas del suelo..... | 12 |
| 2.5.1. El pH del suelo..... | 13 |
| 2.5.1.1. Origen de la acidez del suelo..... | 14 |
| 2.5.1.2. Acidez cambiante del suelo..... | 15 |
| 2.5.2. Materia orgánica del suelo..... | 16 |
| 2.5.2.1. Composición de la materia orgánica del suelo..... | 18 |
| 2.5.3. Nitrógeno del suelo..... | 19 |
| 2.5.4. Fósforo del suelo..... | 20 |
| 2.5.5. Potasio del suelo..... | 22 |

| | |
|--|----|
| 2.5.6. Calcio y magnesio del suelo | 23 |
| 2.5.7. Aluminio del suelo | 23 |
| 2.5.7.1. Efecto del aluminio en la solución del suelo..... | 24 |
| 2.5.8. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)..... | 25 |
| 2.6 Antecedentes de ensayos experimentales..... | 27 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 29 |
| 3.1. Lugar y fecha de ejecución | 29 |
| 3.1.1. Ubicación UTM..... | 29 |
| 3.1.2. Ubicación Política..... | 29 |
| 3.2. Características agroecológicas de la zona..... | 30 |
| 3.2.1. Clima..... | 30 |
| 3.2.2. Suelo..... | 30 |
| 3.2.3. Hidrografía..... | 31 |
| 3.3. Componentes en estudio..... | 31 |
| 3.3.1. Semilla botánica..... | 31 |
| 3.3.2. Producto..... | 31 |
| 3.4. Tratamiento en estudio..... | 32 |
| 3.5 Diseño experimental..... | 32 |
| 3.6 Modelo aditivo lineal..... | 33 |
| 3.7 Características del campo experimental..... | 33 |
| 3.7.1. Dimensión del campo experimental..... | 33 |
| 3.7.2. Características de cada bloque..... | 33 |
| 3.7.3. Características de cada parcela..... | 34 |
| 3.8. Metodología..... | 34 |

| | |
|---|----|
| 3.8.1. Ubicación y preparación del terreno..... | 34 |
| 3.8.2. Demarcación del terreno..... | 34 |
| 3.8.3. Muestreo de suelo..... | 35 |
| 3.8.4. Remoción del suelo e incorporación de la dolomita..... | 35 |
| 3.8.5. Procedencia y establecimiento de la cobertura..... | 35 |
| 3.8.6. Deshierbo..... | 36 |
| 3.9 Métodos de evaluación..... | 36 |
| 3.9.1. Evaluación del porcentaje de cobertura..... | 36 |
| 3.9.2. Producción de materia fresca y seca..... | 37 |
| 3.9.3. Segundo muestreo de suelos..... | 38 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 39 |
| 4.1. Evaluación del porcentaje de cobertura..... | 39 |
| 4.1.1. Evaluación del porcentaje de cobertura de la <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) con diferentes dosis de dolomita en los diferentes meses..... | 39 |
| 4.2. Evaluación de materia fresca y seca..... | 43 |
| 4.2.1. Evaluación de la cantidad de materia fresca de la <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) en el quinto mes después de la siembra (final del experimento)..... | 43 |
| 4.2.2. Evaluación de la cantidad de materia seca de la <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) en el quinto mes después de la siembra (final del experimento)..... | 47 |
| 4.3. Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo..... | 50 |

| | |
|--|----|
| 4.3.1. Propiedades físicas del suelo..... | 50 |
| 4.3.1.1. Textura..... | 50 |
| 4.3.2. Propiedades químicas del suelo..... | 51 |
| 4.3.2.1. pH del suelo..... | 51 |
| 4.3.2.2. Materia orgánica y nitrógeno..... | 53 |
| 4.3.2.3. Fósforo..... | 55 |
| 4.3.2.4. Potasio..... | 57 |
| 4.3.2.5. Capacidad de intercambio catiónico..... | 59 |
| V. CONCLUSIONES..... | 61 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 63 |
| VII. ABSTRACT..... | 64 |
| VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 66 |
| ANEXOS..... | 72 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | | Página |
|--------|---|--------|
| 1 | Niveles de pH..... | 13 |
| 2 | Niveles de la materia orgánica..... | 18 |
| 3 | Niveles de contenido de nitrógeno..... | 20 |
| 4 | Niveles del fosforo..... | 21 |
| 5 | Niveles de contenido de potasio..... | 22 |
| 6 | Niveles de la capacidad de intercambio catiónico para un pH mayor de 5.5 | 26 |
| 7 | Niveles de la capacidad de intercambio catiónico para un pH menor de 5.5 | 26 |
| 8 | Propiedades físicas (análisis de textura)..... | 30 |
| 9 | Propiedades químicas..... | 30 |
| 10 | Descripción de los tratamientos en estudio..... | 32 |
| 11 | Fuentes de variación..... | 32 |
| 12 | Análisis de variancia del porcentaje de cobertura..... | 40 |
| 13 | Prueba de significación estadística (DUNCAN) del porcentaje de cobertura de la <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) con diferentes dosis de dolomita y meses..... | 41 |
| 14 | Análisis de variancia de materia fresca..... | 44 |
| 15 | Prueba de significación estadística (DUNCAN) de materia fresca de la <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) con diferentes dosis de dolomita al quinto mes después de la siembra..... | 45 |
| 16 | Análisis de variancia de materia seca..... | 48 |

| | | |
|----|---|----|
| 17 | Prueba de significación estadística (DUNCAN) de materia seca de la <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) con diferentes dosis de dolomita al quinto mes después de la siembra..... | 48 |
| 18 | Textura al inicio y final del experimento..... | 50 |
| 19 | pH al inicio y final del experimento..... | 51 |
| 20 | Materia orgánica y nitrógeno al inicio y final del experimento..... | 53 |
| 21 | Fósforo al inicio y final del experimento..... | 55 |
| 22 | Potasio al inicio y final del experimento..... | 57 |
| 23 | CICe al inicio y final del experimento..... | 59 |
| 24 | Análisis de suelos al inicio del experimento..... | 74 |
| 25 | Análisis de suelos al final del experimento..... | 75 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | Página |
|--|--------|
| 1 Porcentaje de cobertura de la <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) con diferentes dosis de dolomita y meses..... | 39 |
| 2 Materia fresca de la <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) con diferentes dosis de dolomita..... | 44 |
| 3 Materia seca de la <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) con diferentes dosis de dolomita..... | 47 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| Anexo | Página |
|---|--------|
| A Mapa de ubicación..... | 73 |
| B Resultados de análisis de suelos..... | 74 |
| C Distribución de las parcelas..... | 76 |
| D Análisis de dolomita..... | 77 |
| E Fotografías..... | 78 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en los meses de julio 2008 a enero 2009 en el sector Sarita Colonia, distrito Tocache, provincia Tocache, departamento San Martín, a una altitud de 500 m.s.n.m., con una precipitación promedio anual de 2500 mm. y temperatura promedio anual de 25 °C., con el objetivo de evaluar el efecto de las propiedades físicas químicas del suelo por la influencia de la enmienda (dolomita) y el establecimiento de la *Pueraria phaseoloides* (Kudzu) como cobertura del suelo. Se utilizó el diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones incluido un testigo, para la significación estadística se empleó la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$).

Los tratamientos utilizados fueron T1 (testigo), T2 (kudzu + 2 t de dolomita), T3 (kudzu + 3 t de dolomita) y T4 (kudzu + 4 t de dolomita), se evaluó cada mes el porcentaje de cobertura (%C), al final del experimento la cantidad de materia fresca (MF), materia seca (MS) y el análisis de suelos. El T4 presentó los mejores resultados en %C (97,67), M.F (21.67 t / Ha), M.S (3,64 t / Ha), las propiedades químicas en la profundidad de 0 - 20 cm y 20 - 40 cm el pH pasó de fuertemente ácido a moderadamente ácido, la M.O pasó de nivel bajo a medio, el contenido de nitrógeno para la profundidad de 0 - 20 cm

se mantuvo a un nivel medio y de 20 - 40 cm de profundidad subió de bajo a medio, en ambos estratos el fósforo se mantuvo a nivel bajo, el potasio de 0 -20 cm pasó de muy bajo a bajo y de 20 - 40 cm se mantuvo, el contenido de Ca^{2+} y Mg^{2+} aumentó en ambos estratos y el aluminio intercambiable disminuyó en ambas profundidades de 0 - 20 cm (2,6 a 0 meq/100gr. de suelo) y de 20 - 40 cm (1,8 a 0 meq/100gr. de suelo).

I. INTRODUCCIÓN

Los suelos de la Selva Alta en su gran mayoría son clasificados como ultisoles, con buen desarrollo del perfil, pH ácido, de baja fertilidad. En las últimas décadas, la zona del Alto Huallaga tuvo como principal cultivo la hoja de coca, la agricultura tradicional en las zonas tropicales ha estado basada en el rozo, tumba y quema del bosque, que libera rápidamente los nutrientes acumulados en la biomasa, debido a este manejo inadecuado por parte de los agricultores, los suelos de ésta zona perdieron su fertilidad natural, las mismas alteraron las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. En la zona del Alto Huallaga es frecuente encontrar suelos ácidos, con altas tasas de saturación de aluminio (tóxico para muchos cultivos) y con bajas concentraciones de nutrientes esenciales (principalmente N, P, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺), que dificultan el desarrollo de árboles y cultivos.

Bajo estas condiciones los suelos necesitan regenerarse y recuperar las propiedades físicas y químicas, para lo cual es necesario realizar encalados e introducir leguminosas, ya que estos juegan un papel muy importante en la recuperación de los suelos, el encalado con dolomita es una práctica muy común usada para neutralizar la acidez cambiante (Al³⁺ y H⁺). Asimismo el establecimiento de leguminosas, es muy importante ya que estas

mejoran las condiciones físicas del suelo por medio del sistema radical superficial que estas poseen, aumentan la biodiversidad (micro y macro fauna), evitan cambios bruscos de temperatura, aumentan la materia orgánica, disminuye la incidencia de la germinación de malezas, conservan la humedad en el suelo, devuelven la fertilidad, reducen la escorrentía y erosión (SANTHIRASEGARAN, 1974 y RODRIGUEZ, 1993).

En este sentido, evaluar el efecto de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) y dolomita en las propiedades físicas y químicas en condiciones de selva alta, permitió contrastar la hipótesis, la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) como cobertura y alguna dosis de dolomita tiene efecto en la recuperación de las propiedades físico - químicas del suelo, en donde el kudzu y la aplicación de dolomita mostró resultados positivos en las propiedades físico químicas, los objetivos del presente trabajo de investigación fueron:

General:

- Evaluar el efecto de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) y dolomita en las propiedades físico - químicas del suelo en condiciones de selva alta en el sector Sarita Colonia – Tocache.

Específicos:

- Evaluar el porcentaje de cobertura y la cantidad de materia fresca y seca de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) con diferentes dosis de dolomita.
- Evaluar la propiedad física (textura) y químicas (pH, M.O, N, P, K⁺ y CICE) del suelo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Coberturas Vivas (Leguminosas)

Las coberturas vivas, en especial leguminosas, son utilizadas debido a los diferentes beneficios que estas aportan al suelo. Entre los principales podemos mencionar: mejora de las condiciones físicas del suelo por medio del sistema radical superficial que estas poseen, aumentan la biodiversidad (micro y macro fauna), evitan cambios bruscos de temperatura, aumentan la materia orgánica, disminuyen la incidencia de germinación de malezas, conservan la humedad en el suelo, devuelven la fertilidad, reducen la escorrentía y erosión (SANTHIRASEGARAN, 1974 y RODRIGUEZ, 1993).

Las forrajeras tropicales de pastura están adaptadas a condiciones de acidez, las principales son: *Stylosanthes spp.*, *Desmodium spp.*, *Centrosema ssp.*, y kudzu tropical *Pueraria phaseoloides* (SANCHEZ, 1981). Las coberturas vivas como *Centrosoma macrocarpum*, *Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoii*, son útiles para la recuperación de las propiedades físico, químico y biológica del suelo, en un tiempo considerable. Así mismo (VARGAS y VALDIVIA, 2005); señalan que las leguminosas establecidas luego de tres años, la textura del suelo ha variado de pesada a media, el pH de fuertemente

ácido pasó a medianamente ácido, la materia orgánica ha disminuido, *Arachis pintoii* aportó menor cantidad, similar al testigo. El fósforo pasó de bajo a normal y el potasio de bajo a medio. El *Centrosema macrocarpum* incorporó al suelo aproximadamente 1,6 t / Ha / año de materia seca, *Arachis pintoii* 0,49 y *Pueraria phaseoloides* 1,30. Esta última alcanzó una cobertura de 99,40%, mientras *Arachis pintoii* 75,60% fue el que obtuvo menor porcentaje.

QUIROZ, (2000). En un estudio realizado en el costo de establecimiento de coberturas vivas en el control de malezas con leguminosas en plantación de "Shihuahuaco" *Dipterys alata* Linn T.M, aplicando 2,6 t / Ha de humus, menciona que la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) es el que presentó menor porcentaje de cobertura (24,91%) La fertilización corrige algunas deficiencias nutricionales del suelo manteniendo la fertilidad de los suelos, de tal manera que aumenta la disponibilidad de la materia seca (DA CRUZ, 1997).

2.1.1. Descripción de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu)

La *Pueraria phaseoloides* (kudzu) es una trepadora de vegetación densa y vigorosa que se cultiva en los países tropicales como forrajera. Prefiere los suelos arcillosos fértiles y la precipitación elevada, pero puede medrar en suelos franco arenosos. Sus raíces son profundas y no sufre por las sequías de corta duración (BUTTERWORTH, 1963). La *Pueraria phaseoloides*

(kudzu) es una leguminosa perenne, originaria de las indias orientales, de excelente adaptación en la región tropical y sub tropical de nuestra selva, fue introducida en 1942 en la zona de Tingo María (MARTINEZ, 1971). Es bastante rústico y crece en suelos de baja fertilidad, sin embargo en suelos demasiado pobres y extremadamente ácidos es necesario agregar fertilizantes y cal para obtener un buen establecimiento y aumentar la producción

Su desarrollo inicial es lento, llegando a establecerse bien después de un período de 40 días. Cuando tiene buenas condiciones para su desarrollo puede llegar a un 100% de cobertura a los 140 - 150 días, prefiere suelos arcillosos y de textura media, con pH entre 4,5 y 6,5. Tolerancia a la acidez, la deficiencia de fósforo y la producción de materia seca está entre 5 y 6 t / Ha / año (BERNAL, 1991).

2.2. Encalado

El encalado es una práctica cultural agronómica que se realiza con el fin de neutralizar la acidez de los suelos y sus efectos perjudiciales, proveer las condiciones químicas, físicas y biológicas adecuadas para un mejor crecimiento de las plantas. El encalado en forma aislada no es suficiente para proporcionar aumento en la producción, debe ir acompañando de la fertilización y del manejo de los suelos y aplicado correctamente para proporcionar resultados satisfactorios a corto y largo plazo (SANCHEZ, 1981).

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^{2+} y Mg^{2+} , si ella es cálcica o dolomítica. (Carrillo, 1982; Citado por COLEMAN *et al.* 1967). 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 junto con la siembra de especies tolerantes constituyen las prácticas más apropiadas y económicas para corregir los problemas de acidez (MOLINA, 1998). El encalado consiste en incorporar al suelo calcio y magnesio para neutralizar la acidez del mismo, es decir para que el pH alcance un nivel ideal para el desarrollo normal de los cultivos y al mismo tiempo reduzca el contenido del aluminio y manganeso tóxico, en forma aislada no es suficiente para proporcionar aumento en la producción, debe ir acompañado de la fertilización y del manejo de los suelos, aplicado correctamente proporciona resultados satisfactorios a corto y largo plazo. Aplicaciones inadecuadas serán beneficiosas en corto plazo pero perjudiciales a largo plazo. "La cal enriquece a los padres y empobrece a los hijos, cuando es aplicada en exceso" (MORILLA, 2006).

La disponibilidad de los nutrientes está determinada por varios factores en especial el valor de pH, que es la medida de concentración de los iones Hidrógeno en la solución del suelo. La mayor solubilidad de gran parte de los nutrientes se encuentra entre un pH de 5,5 a 7,0. Suelos con pH excesivamente ácidos presentan poca disponibilidad de nutrientes como fósforo, calcio, magnesio, potasio y molibdeno y aumentan la solubilización de zinc, cobre, hierro, manganeso y aluminio, que en función al manejo de suelo y fertilizantes aplicados pueden alcanzar niveles tóxicos para las plantas (MORILLA, 2006).

La práctica del encalado se utiliza básicamente para neutralizar el Al^{3+} , H^+ y Mn intercambiables y para suplir Ca^{2+} y Mg^{2+} al suelo. El encalado disminuye el porcentaje de saturación con Al^{3+} y aumenta la saturación con bases, lo que ocasiona un incremento del pH del suelo (KAMPRATH, 1970).

2.2.1. Efecto del encalado

La dolomita hace más obtenible al fósforo, esto sucede principalmente, porque en los suelos ácidos el fósforo es fijado por el hierro y el aluminio soluble, ésta reduce la solubilidad de ambos, y por consiguiente retiene menor cantidad de fósforo en aquellas formas insolubles, a su vez hace más eficaz al potasio en la nutrición de la planta, cuando ésta es abundante las

plantas absorben más potasio del que necesitan. Además la cal aumenta la disponibilidad de obtención de nitrógeno al apresurar la descomposición de la materia orgánica y proporciona al suelo calcio y magnesio (si la cal es dolomítica) para la nutrición de la planta, éstos son elementos principales para el desarrollo de una planta (CEPEDA, 1991).

Entre los efectos benéficos del encalado, podemos resumir en los siguientes puntos:

a. Aumenta la solubilidad y disponibilidad de la mayoría de los nutrimentos. Facilitando la absorción del fósforo para formar fosfato de calcio soluble en condiciones acidas. Incrementa la actividad microbiológica, acelerando la descomposición de la materia orgánica, que liberará nutrimentos a formas minerales fácilmente aprovechables.

b. Disminuye la solubilidad de elementos tóxicos tales como aluminio, manganeso, hierro que en altas concentraciones tienen efectos negativos en el desarrollo vegetal. (BEAR, 1969).

2.2.2. El sobre encalado

Un excesivo encalado puede resultar más perjudicial que la deficiencia de cal, la presencia de un exceso de cal, la disponibilidad del hierro, fósforo, manganeso, boro, zinc y también potasio disminuyen (CEPEDA,

1991). El sobre encalado puede traer numerosos problemas entre los cuales podemos citar:

a. Destrucción de la materia orgánica por aumento de la actividad microbiana. Esta pérdida debe ser restituida por lo que se impone incorporaciones de materia orgánica.

b. Un exceso de cal reduce la solubilidad del hierro, fósforo, manganeso, cobre, boro, zinc, magnesio y potasio ya que la mayoría de nutrimentos son pocos solubles a pH altos (BEAR, 1969).

2.3. Dolomita.

Es un carbonato doble de calcio y magnesio, su fórmula química es $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, fue descubierto en 1788 / 1789 por el geólogo y mineralogista francés Déodat de Dolomieu, y en cuyo honor se le da el nombre de Dolomita al mineral. Por lo general este mineral reacciona levemente al aplicársele ácido clorhídrico diluido al 15% pero en forma distinta que el carbonato de calcio puro. Como impurezas puede contener hierro y manganeso observando un color negro oscuro. Su color varía entre blanco, gris rosado, rojizo, negro, a veces con matices amarillento, parduzco o verdusco, predominando el incoloro o blanco grisáceo. Presenta un aspecto vítreo a perlado y es de transparente a translúcida. Tiene una dureza de 3,5 a 4 mohs, un peso específico de $2,9 \text{ g/cm}^3$ y forma la roca denominada dolomita (AGUIRRE, 1985).

La dolomita es una de las principales fuentes de magnesio en suelos ácidos debido a su relativo bajo costo en comparación con fertilizantes convencionales y a su efecto en neutralizar la acidez del suelo y aumentar el contenido de magnesio en el suelo. La dolomita pura tiene 21,6% de calcio (Ca) y 13,1% de magnesio (Mg). El contenido mínimo de magnesio que tiene un material para que se le catalogue como dolomita es de 7% de magnesio (Mg) o 12% de óxido de magnesio MgO (RODRIGUEZ, 1993).

2.3.1. Contenido de calcio y magnesio.

Adicionalmente a ser un corrector de acidez, la dolomita es una fuente de magnesio y calcio. El magnesio de la dolomita es muy importante cuando un análisis de fertilidad de suelos lo indica, la manera más económica de aplicación de magnesio es mediante la aplicación de dolomita. Muchos materiales encalantes expresan sus contenidos de calcio y magnesio como carbonatos, como óxidos y muy pocos como elemento puro. Por ejemplo un material con 11% de magnesio puro es igual a tener 22% de óxido de magnesio e igual que tener 44% de carbonato de magnesio. (MINISTERIO DE AGRICULTURA – PROAMAZONIA, 2003).

2.3.2. Diferencia entre cal, cal dolomítica, dolomita cálcica y dolomita.

Como su nombre lo indica la cal (0 - 1% de magnesio puro) es producida por las caleras, estas tienen enfocada la cal como un material de construcción, y el sobrante de su producción se destina al mercado agrícola, la cal dolomítica (2 - 4% de magnesio puro) es producida también por las caleras, pero con la variante que en sus minas de carbonatos de calcio se tienen mínimos indicios de Mg, con riesgos de contaminaciones de otros elementos. La dolomita cálcica (5 - 9% de magnesio puro) contiene magnesio pero en porcentaje menor que la dolomita estos anteriores se obtiene mediante trituración, por último la dolomita (10 - 13% de magnesio puro) que se identifica por su alto contenido de magnesio. Tanto la cal como la cal dolomítica tienen un color blanco brillante (por su contenido único de carbonato de calcio) en cambio la dolomita se conoce con un color que va de gris muy claro a café claro que es característica de su alto contenido de magnesio (ROJAS, 1980).

2.4. Propiedades físicas

Las propiedades físicas de los suelos textura/estructura, densidad, porosidad, consistencia, temperatura y color son factores dominantes que afectan su uso. Estas propiedades determinan la disponibilidad de oxígeno y la movilidad del agua a través del suelo (ROY, RAYMOND Y JOHN, 1987).

2.4.1. Textura del suelo

La textura es una importante característica del suelo ya que determina la capacidad de absorción y de almacenamiento del agua, la facilidad de cultivarlo, la cantidad de aire (vital para el desarrollo radicular), e influenciará la fertilidad. El suelo de arena gruesa es fácil para labrar, tiene una buena aireación para un buen desarrollo radicular y se puede humedecer fácilmente, pero también se seca rápidamente perdiendo fácilmente los nutrientes, que son drenados por la rápida pérdida de agua, los suelos con alto contenido de arcilla (más de 30%) tienen partículas muy pequeñas que se acomodan ajustadamente, dejando espacios porosos muy pequeños, lo que significa muy poco espacio para que el agua corra dentro del suelo.

2.5. Propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas son estudiadas a fin de mejorar la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, evitar toxicidades de elementos y utilizar la población microbiana para mejorar la condición física del suelo (ROY, RAYMOND Y JOHN, 1987).

2.5.1. El pH del suelo

Jiménez (2005), citado por ARVILDO (2009), señala que el pH influye en el suelo en varios aspectos, pero lo más significativo se refiere a la disponibilidad de nutrientes. El pH influye en la solubilidad del fósforo y de los demás minerales, en suelos alcalinos, hay una gran parte de fósforo insolubilizado y en estos suelos existe mayor riesgo de carencias de este elemento que uno sea ácido o neutro.

La escala del pH va desde valores de 0 a 14, pero en los suelos se han encontrado valores entre 3,5 y 10. Los suelos con pH inferiores a 4,5 presentan óxidos de hierro, aluminio y otros óxidos metálicos; en el Cuadro 3, se observan los niveles de pH en los suelos propuesto por AREVALO, (2002); JACKSON, (1982) y ZAVALETA, (1992).

Cuadro 1. Niveles de pH

| NIVELES DE pH DEL SUELO | |
|-------------------------|--------------|
| DESCRIPCION | 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: JACKSON, M. 1982

EL pH óptimo para el desarrollo de las plantas está dado entre los valores de pH de 6,5 y 7,5; pH mayores o menores a este rango traerán consigo problemas por toxicidad. Los que presentan pH menores o igual a 5,0, indican que tienen deficiencia en elementos como: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ o como también pueden tener efectos que estén volviendo tóxico al suelo como: Zn^{2+} , Al^{3+} , Ni^{2+} , etc. (FASSBENDER, 1987).

2.5.1.1. Origen de la acidez del suelo

La acidez de los suelos está expresada por el pH, lo cual es una cuantificación de los iones H^+ en la solución del suelo. Desde hace más de 45 años, reportan que, mediante la extracción de cationes cambiabiles de suelos ácidos con una sal neutra, el aluminio (Al^{+3}) era el ión intercambiable predominante y no el hidrogeno (H^+). La acidez del suelo se encuentra directamente relacionado con el contenido de Al^{3+} y actualmente este concepto es el que predomina (SADZAWKA R, A. Y R. CAMPILLO R. 1999).

El incremento de la acidez de los suelos en la producción de los cultivos es causado por uso comercial de fertilizantes, especialmente fuentes de NH^{+4} que producen H^+ durante la nitrificación; remoción de cationes de intercambio por el H^+ lixiviación de los cationes que empiezan a ser reemplazados primero por el H^+ y consecuentemente por el Al^{+3} ; y

descomposición de los residuos orgánicos. La acidificación natural de los suelos se ve reforzada con el aumento de las precipitaciones ya que la lluvia tiene un pH de 5,7 o menos, dependiendo de los contaminantes como el SO₂, NO₂, y otros (HAVLIN, *et al.*, 1999).

2.5.1.2. Acidez cambiabile del suelo

La acidez en los suelos afecta las características químicas y biológicas, que reducen el crecimiento de las plantas, tales como la disminución en la disponibilidad de nutrimentos como Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ y P, y la proliferación de elementos como el Al³⁺ y Mn que en cantidades altas pueden ser tóxicos para las plantas (MOLINA y ROJAS, 2005). 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 encalados o corrección del pH (OSORIO, 2006).

Los suelos ácidos presentan una baja capacidad de intercambio de cationes, bajo porcentaje de saturación de bases, alta concentración de Al³⁺ intercambiable, baja disponibilidad de P, Ca²⁺, Mg²⁺ y algunos micro nutrientes que ocasionan toxicidad en las plantas debida al Al³⁺ y al Mn, (QUIROS Y GONZALES, 1979).

2.5.2. Materia orgánica del suelo

La materia orgánica contribuye al crecimiento vegetal mediante sus efectos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, presenta las siguientes funciones:

- Biológica, ya que afecta profundamente las actividades de organismos de microflora y micro fauna.
- Física y físico - química promueve una buena estructura del suelo, por lo tanto mejorando la labranza, aireación y retención de humedad e incrementando la capacidad amortiguadora y de intercambio de los suelos. La CIC de la materia orgánica y de los silicatos laminares se incrementa conforme se incrementa el pH, pero la CIC de la materia orgánica del suelo se incrementa más rápido con el pH que la de los silicatos laminares.

Entre los procesos químicos de más importancia, se mencionan los siguientes:

- El suministro de elementos nutritivos por la mineralización; en particular, la liberación de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes disponible para las plantas (CEPEDA, 1991).

- La materia orgánica del suelo amortigua el pH del suelo en los límites entre ligeramente ácido, neutro y alcalino; causado por la adición de enmiendas y/o fertilizantes, además sirve como depósito de elementos químicos para el desarrollo de las plantas. La descomposición de la materia orgánica produce CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} y es fuente de elementos nutritivos para el crecimiento de las plantas, además incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo; del 20 a 70% de la CIC de muchos suelos se debe a la materia orgánica (BOHN, 1993).
- Contribuye a la productividad del suelo y actúa como depósito de nutrientes.
- Reduce los efectos de compactación, contribuye a mejorar la estructura del suelo y aumenta la tasa de infiltración de agua y la tolerancia a los efectos nocivos de los herbicidas y otros biocidas, además es fuente de energía y nutrientes para los microorganismos del suelo (GOMERO, 1999).

La materia orgánica contribuye no solo al crecimiento vegetal sino, que es fuente de energía y carbono de toda la microflora presente en los suelos, entendiendo que son ellos los responsables del proceso de mineralización es necesario conocer que para desarrollar este proceso necesitan de ciertos nutrientes tales como el carbono y nitrógeno, ya que una

célula en peso seco contiene un 50% de carbono y 12% de nitrógeno, aproximadamente el 99% de la actividad de estos microorganismos se desarrolla en los estratos superficiales (0 – 20 cm) (MADIGAN,2004).

2.5.2.1. Composición de la materia orgánica del suelo

La materia orgánica del suelo es una sustancia muy compleja, de naturaleza variable y de origen diverso. Contienen un número variable de materiales cuyos porcentajes varían de acuerdo a la clase de residuos de plantas o animales y de su estado de descomposición. Dichos materiales son los siguientes: Carbohidratos, que incluyen azúcares, almidones, celulosa, que contribuyen del 1 al 28% de la materia orgánica y minerales como calcio, fósforo, azufre, hierro, magnesio y potasio (CEPEDA, 1991).

Cuadro 2. Niveles de la materia orgánica

| NIVELES DE MATERIA ORGANICA | |
|-----------------------------|---------------|
| NIVEL | CONTENIDO (%) |
| Bajo o pobre | menos de 2 |
| Medio | 2 - 4 |
| Alto o rico | mayor de 4 |

Fuente: JACKSON, M. 1982

2.5.3. Nitrógeno del suelo

El nitrógeno es uno de los elementos principales para la vida. Es esencial para la vida de las plantas porque estimula el crecimiento por encima del suelo, y contribuye al brillante color verde característico de las plantas saludables. Aunque el nitrógeno molecular (N_2) compone el 78% de la atmósfera, ésta forma de nitrógeno no puede usarse por los animales ni por la mayoría de las plantas en la fabricación de aminoácidos y proteínas esenciales (GOMERO, 1999).

El nitrógeno se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+), puede encontrarse en muy diversos estados de oxidación y reducción. Entre las ganancias de nitrógeno en el suelo se pueden considerar las fijaciones (eléctricas, biológicas e industriales), los abonos de origen orgánico (estiércoles) y los residuos de cosecha, las pérdidas de nitrógeno más significativas son: la extracción por los cultivos, lixiviación, volatilización, desnitrificación y fijación de amonio (NAVARRO, 2003).

Un aspecto muy importante con respecto al comportamiento del nitrógeno en el suelo, es su relación con el pH, cuando del amonio pasa a nitrato (nitrificación), se liberan iones H^+ lo que genera acidez en el suelo, por esta razón, la mineralización de la materia orgánica y el suministro de fuentes

de nitrógeno amoniacales, incrementa la acidez, si la planta no absorbe el amonio directamente (ZAVALETA, 1992).

Cuadro 3. Niveles de contenido de nitrógeno

| NIVELES DE CONTENIDO TOTAL DE NITROGENO | |
|---|---------------|
| NIVEL | Nitrógeno (%) |
| Bajo | menos de 0,1 |
| Medio | 0,1 – 0,2 |
| Alto | Mayor de 0,2 |

Fuente: JACKSON, M. 1982

2.5.4. Fósforo del suelo

Jiménez (2005), citado por ARVILDO (2009). El fósforo es un elemento esencial para la vida, las plantas lo necesitan para crecer y desarrollar su potencial genético. Lamentablemente el fósforo no es abundante en el suelo y generalmente no se encuentra en forma disponible para la planta. La disponibilidad de este elemento depende del tipo de suelo, según esté, una pequeña o gran parte del fósforo total puede estar "fijado" (no disponible) en los minerales del suelo. Esto significa que la planta no puede absorberlo. En la naturaleza, el fósforo forma parte de las rocas y los minerales del suelo. Las fuentes de fósforo como nutrimento para las plantas son los fertilizantes minerales y los fertilizantes orgánicos.

Las plantas absorben únicamente el fósforo que está en la solución del suelo en forma de HPO_4^{-2} (ión fosfato mono ácido) y H_2PO_4^- (ión fosfato diácido). Cualquier fertilizante ya sea de origen orgánico o mineral debe de transformarse primero en esas formas químicas antes de ser utilizado por el cultivo (GOMERO, 1999).

El fósforo, luego del nitrógeno, es el macronutriente que en mayor medida limita el rendimiento de los cultivos. Interviene en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular y se lo considera un nutriente esencial para las plantas. La única entrada de este elemento al sistema proviene del agregado de fertilizantes fosfatados, mientras que las salidas pueden por extracción en los granos cosechados, erosión, escurrimiento, lixiviación (de escasa importancia) (NAVARRO, 2003).

Cuadro 4. Niveles del fósforo

| NIVELES DE CONTENIDO TOTAL DE FOSFORO | |
|---------------------------------------|---------------|
| NIVEL | Fósforo (ppm) |
| Muy bajo | menos de 5 |
| Bajo | 5,1 - 15 |
| Normal | 15,1 - 30 |
| Alto | 30,1 - 40 |

Fuente: JACKSON, M. 1982

2.5.5. Potasio del suelo

El potasio es uno de los tres nutrientes minerales que necesitan las plantas en mayor cantidad. Las plantas absorben el potasio que se encuentra en la solución del suelo en forma del catión K^+ . La cantidad de K^+ en la solución del suelo está en función de la liberación del potasio intercambiable, generalmente localizado alrededor de las partículas de arcilla. Los cultivos extraen grandes cantidades de potasio del suelo para su crecimiento y desarrollo y como es de esperarse, la falta de éste elemento, influye negativamente en el rendimiento y calidad del cultivo.

El abastecimiento de K^+ en el suelo es limitado, aun los suelos que contienen arcillas ricas en este mineral no pueden suplirlo indefinidamente. Es un error creer que en suelos que por naturaleza son ricos en K^+ , adicionar este elemento a los cultivos es innecesario. El potasio extraído por los cultivos debe de regresarse al suelo para no disminuir la fertilidad del mismo; cuando el agricultor saca de la parcela o campo la cosecha, se está llevando consigo el K^+ fuera del sistema agrícola (GOMERO, 1999).

Cuadro 5. Niveles de contenido de potasio

| NIVELES DE CONTENIDO TOTAL DE POTASIO | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| NIVEL | Potasio K_2O/ha (ppm) |
| Muy bajo | menos de 300 |
| Bajo | 300 - 600 |
| Normal | Más de 600 |

Fuente: JACKSON, M. 1982

2.5.6. Calcio y magnesio del suelo

Jiménez (2005), citado por ARVILDO (2009). En muchos suelos la principal fuente de calcio para las planta es el calcio intercambiable y el calcio de minerales fácilmente meteorizables (como carbonatos). Del mismo modo pasa con el magnesio, el Ca^{2+} y Mg^{2+} intercambiable son removidos por las plantas y es factible de lavarse, este pool es repuesto a partir del Ca^{2+} y Mg^{2+} mineral por la meteorización de los minerales (como dolomita, hornablenda y serpentina). Algunos suelos también proveen al contenido de Ca^{2+} y Mg^{2+} intercambiable a partir del Ca^{2+} y Mg^{2+} que se encuentra en las interlamina de ciertas arcillas de tipo 2:1 (Ca^{2+} y Mg^{2+} lentamente disponible)

Los principales caminos de pérdidas y ganancias para mantener un nivel de suficiencia o disponibilidad es el lavado y posteriormente la erosión. Y son principalmente reemplazados por la adición de enmiendas cálcicas (GOMERO, 1999). La función más importante del magnesio está en relación con la fotosíntesis, es un constituyente esencial de las clorofilas (GIL, 1995).

2.5.7. Aluminio del suelo

Un pH neutro o ligeramente ácido, entre 5 y 7, favorecerá la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes. Los valores altos harán menos

disponible algunos nutrientes, entre ellos el P. Un pH muy bajo puede insolubilizar algunos nutrientes y movilizar al aluminio (Al^{3+}).

2.5.7.1. Efecto del aluminio en la solución del suelo

Conforme disminuye el pH, aumenta la solubilidad de este elemento, a tal punto que puede resultar tóxico para las plantas. Del mismo modo, al aumentar el pH del suelo disminuye la cantidad del Al^{3+} soluble, por precipitación de este, cuyo fenómeno se verifica hasta cercanías a la neutralidad, punto en que prácticamente todo el Al^{3+} se encuentra insoluble (BUCKMAN, Y BRADY, 1966).

ALAM, (1979) afirma que la presencia de altas concentraciones de Al^{3+} en la solución del suelo inhiben también la absorción de Ca^{2+} y Mg^{2+} por las plantas. Así mismo KAMPRATH, (1979) menciona que ocurre una disminución en el contenido de Al^{3+} intercambiable en la solución del suelo a medida que se incrementan las cantidades de material encalante (cal, dolomita). Afirmando que a niveles de 0,2 y 0,1 puede considerarse neutralizado el aluminio y sería un factor a tomar en consideración al estimar las implicaciones de la práctica del encalado en suelos ácidos.

2.5.8. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Jiménez (2005), citado por ARVILDO (2009). Los cationes de mayor importancia con relación al crecimiento de las plantas son el calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), amonio (NH_4^+), sodio (Na^+) e hidrógeno (H^+). Los primeros cuatro son nutrientes y se encuentran involucrados directamente con el crecimiento de las plantas. El sodio y el hidrógeno tienen un pronunciado efecto en la disponibilidad de los nutrientes y la humedad. En los suelos ácidos, una gran parte de los cationes son hidrógeno y aluminio en diversas formas.

También contribuyen a la CIC las clases, cantidades y combinaciones de los minerales arcillosos y las cantidades de materia orgánica y su estado de descomposición. Los cationes no son retenidos con las mismas energías de enlace. Los sitios de intercambio de la materia orgánica, solo enlazan en forma débil a los cationes. Las arcillas con gran capacidad de intercambio tienden a enlazar los cationes bivalentes como el Ca^{2+} y el Mg^{2+} , con más energía que el K^+ . Esta característica puede afectar la disponibilidad de los nutrientes. Los suelos con arcillas caoliníticas tienen una menor energía de enlace y, por lo tanto, para un nivel analítico determinado o un porcentaje de saturación de un elemento se mostrará una disponibilidad relativa mayor. Si la CIC está neutralizada principalmente por calcio, magnesio, potasio y sodio, se dice que está saturada de bases. Sin embargo, si los cultivos o el lixiviado han

removido la mayor parte de los cationes básicos, el suelo está bajo en saturación de bases o alto en saturación ácida. Las cantidades totales de cationes ácidos relativas a la CIC son una medida de la saturación ácida. Desde un punto de vista práctico el valor de más utilidad es la CIC efectiva (CICe). Esta se obtiene sumando las bases y el aluminio e hidrogeno cambiante. Este valor refleja mejor las condiciones de intercambio catiónico en suelos ácidos. Los valores de referencia son los siguientes (GOMERO, 1999).

Cuadro 6. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico para un pH mayor de 5,5.

| NIVELES DE CIC | |
|----------------|---------------------------|
| NIVEL | CIC (meq/100 gr de suelo) |
| Bajo | menos de 12 |
| Medio | 12 – 20 |
| Alto | mayor de 20 |

Fuente: JACKSON, M. 1982

Cuadro 7. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico para un pH menor de 5,5.

| NIVELES DE CIC | |
|----------------|--------------------------|
| NIVEL | CIC (meq/100gr de suelo) |
| Bajo | menor de 4 |
| Medio | 4 – 30 |
| Alto | mayor de 30 |

Fuente: JACKSON, M. 1982

2.6. Antecedentes de ensayos experimentales

La investigación llevada a cabo en Tingo María por ACOSTA (1984) muestra, que el uso de la dolomita aumenta el pH y disminuye el Al^{3+} en el suelo, por lo tanto BENITES (1984), sugiere como una de las alternativas más efectivas para recuperar los suelos ácidos a corto plazo en el Alto Huallaga.

SERPA y GONZALEZ (1979), quienes trabajaron en cuatro suelos ácidos de Costa Rica y encontraron que al comparar los valores de pH correspondientes al tratamiento sin encalado con los obtenidos en el tratamiento donde se aplicó encalado para neutralizar teóricamente el Al^{3+} intercambiable, se apreciaron incrementos que fluctuaban entre 0,6 y 1,1 unidades de pH. El encalado y la acidificación de los suelos agrícolas son medidas de producción, que permite aumentar la producción de cultivos y controlar la fertilidad, por ello las investigación realizadas por CENTURIÓN (1987) en la estación experimental de Tingo María; indican 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 Ca^{2+} y Mg^{2+} .

MALDONADO, (2008), en un estudio realizado sobre el efecto de enmiendas *Pueraria phaseoloides* (kudzu), en la recuperación de suelos degradados en Tingo María se menciona que durante 7 meses de evaluación la textura del suelo con cobertura de leguminosa no ha variado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y fecha de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en el Fundo “López” ubicado en sector de Sarita Colonia – Tocache, localizada en una colina media con pendiente de 30°, distante a 1.5 km de la ciudad de Tocache, la misma que se ejecutó desde julio 2008 hasta enero del 2009.

3.1.1. Ubicación UTM

| | |
|---------|---------------|
| Este | : 334759.96 |
| Norte | : 9094110.56 |
| Altitud | : 500 m.s.n.m |

3.1.2. Ubicación Política (Anexo A)

| | |
|--------------|-------------------|
| Departamento | : San Martín. |
| Provincia | : Tocache. |
| Distrito | : Tocache. |
| Lugar | : Sarita Colonia. |

3.2. Características agroecológicas de la zona

3.2.1. Clima

La zona en estudio presenta una temperatura promedio anual de 25 °C, precipitación promedio anual de 2500 mm. y humedad relativa 88 %.

3.2.2. Suelo

Se tomó una muestra de área experimental y se determinaron las propiedades físicas (textura) y propiedades químicas (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H^+ y CICE). Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, los resultados y análisis se muestran en los cuadros 8 y 9 (**Anexo B**).

Cuadro 8. Propiedades físicas (Análisis de textura)

| Profundidad (cm.) | % Ao | % Lo | %Ar | Textura |
|-------------------|-------|-------|-------|------------------|
| 0 - 20 | 35,00 | 47,00 | 18,00 | Franco |
| 20 - 40 | 35,00 | 31,00 | 34,00 | Franco arcilloso |

Fuente: Adaptado del laboratorio de análisis de suelos

Cuadro 9. Propiedades químicas

| Prof. (cm.) | pH | M.O % | N % | P | K ₂ O | Al | H | CICE | % Bas. Cam. | % Ac. Cam. |
|-------------|-----|-------|------|-----|------------------|-----|-----|------|-------------|------------|
| 0 - 20 | 4,8 | 2,4 | 0,11 | 6,1 | 181 | 2,6 | 0,8 | 7,2 | 50,78 | 49,28 |
| 20 - 40 | 4,6 | 1,8 | 0,08 | 5,6 | 146 | 1,8 | 0,7 | 5,1 | 50,98 | 49,02 |

Fuente: Adaptado del laboratorio de análisis de suelos

3.2.3. Hidrografía

La red hidrográfica de la provincia de Tocache forma parte de la cuenca alta del Río Huallaga, cuya longitud dentro de la provincia es de 218 km. El Río Huallaga, en su recorrido por la provincia, presenta pronunciada pendiente y gran velocidad de corriente. Los principales tributarios de este río nacen en la Cordillera Oriental y en la Cordillera Subandina, caracterizándose por ser muy torrentosos.

3.3. Componentes en estudio

3.3.1. Semilla botánica

- *Pueraria phaseoloides* (Kudzu)

3.3.2. Producto

- Dolomita (CaO: 34,78% y MgO: 24,58%)

Cantidad de aplicación por tratamiento:

2 t / Ha

3 t / Ha

4 t / Ha

3.4. Tratamiento en estudio

Cuadro 10. Descripción de los tratamientos en estudio.

| N ^a | Tratamiento | Material vegetativo | Dolomita |
|----------------|-------------|--------------------------------------|----------|
| 1 | T 1 | <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) | 0 t / Ha |
| 2 | T 2 | <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) | 2 t / Ha |
| 3 | T 3 | <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) | 3 t / Ha |
| 4 | T 4 | <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) | 4 t / Ha |

3.5. Diseño experimental

El diseño experimental empleado en la investigación fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Las características evaluadas de cada uno de los componentes en estudio se sometieron al análisis de varianza (ANVA) y la significación estadística se determinó por la prueba de Duncan al 5% de probabilidad. (Calzada, 1976)

Cuadro 11. Fuentes de variación

| Fuente de variabilidad | GL |
|------------------------|----|
| Bloques | 2 |
| Tratamientos | 3 |
| Error experimental | 6 |
| Total | 11 |

3.6. Modelo Aditivo Lineal

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

Donde:

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

U : Efecto de la media general.

α_i : Efecto del i – ésimo efecto de tratamientos.

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

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

Para:

i = 1, 2, 3, 4 tratamientos

j = 1, 2, 3 repeticiones

3.7. Características del campo experimental (Anexo C)

3.7.1. Dimensiones del campo experimental

| | |
|-----------------------------|----------------------|
| Longitud | : 21 m |
| Ancho | : 16 m |
| Área del campo experimental | : 336 m ² |

3.7.2. Características de cada bloque

| | |
|----------|---------------------|
| Longitud | : 19 |
| Ancho | : 4 |
| Área | : 76 m ² |

3.7.3. Características de cada parcela

Largo de la parcela : 4 m

Ancho de parcela : 4 m

Área de cada parcela : 16 m²

3.8. Metodología

3.8.1. Ubicación y preparación del terreno

Se ubicó el área experimental, luego se procedió a realizar la limpieza del terreno, eliminando todo el material arbustivo y rastrojos, dicha labor se realizó utilizando herramientas manuales.

3.8.2. Demarcación del terreno

Ejecutado la limpieza, se procedió a delimitar los bloques con sus respectivos tratamientos, para esta labor se utilizó wincha de 30 metros, machete, estacas de madera, rafia, pintura esmalte y pincel.

3.8.3. Muestreo de suelo

Se tomaron muestras de suelo del campo experimental en forma de zig – zag a profundidades de 0 - 20 y 20 - 40 cm, para dicha labor se utilizó una pala recta, luego se uniformizó las muestras y se tomó 1 kg para el análisis mecánico y químico que fueron analizados en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, de la Facultad de Agronomía.

3.8.4. Remoción del suelo e incorporación de la dolomita

La remoción se realizó a una profundidad de aproximadamente 30 cm, con la ayuda de un azadón para facilitar el abonamiento del suelo; luego se incorporó la dolomita aplicando las dosis correspondientes a cada tratamiento finalmente se mezcló con el suelo utilizando un azadón.

3.8.5. Procedencia y establecimiento de la cobertura

Las semillas de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) fueron obtenidas en el establecimiento Sullca ubicado en el distrito y provincia de Tocache. Una vez preparado el suelo, se procedió a sembrar la *Pueraria phaseoloides* (kudzu), se depositó aproximadamente 20 semillas en cada hoyo a una

profundidad aproximada de 5 cm con la ayuda de un tacarpo a un distanciamiento de 40 x 40 cm.

3.8.6. Deshierbo

Se realizó mensualmente, para que las malezas no compitan con la planta de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) e interfiera en el desarrollo normal del experimento.

3.9. Métodos de evaluación

3.9.1. Evaluación del porcentaje de cobertura

Para determinar el porcentaje de cobertura se utilizó el método del metro cuadrado (m^2) propuesto por TOLEDO, (1982) que utilizó un bastidor de madera o metálica de 1 m^2 . Para este caso el bastidor utilizado fue de madera dividido en 25 cuadrados de 20 cm x 20 cm, cada uno equivale a 4%, lo que se fue sumando el área que fue ocupando la *Pueraria phaseoloides* (kudzu), obteniendo de esta forma el porcentaje de cobertura al segundo, tercero, cuarto y quinto mes después de la siembra.

3.9.2. Producción de materia fresca y seca

La producción de materia seca se evaluó al quinto mes después de la siembra, para ello se utilizó el bastidor de madera de 1 m² y un machete, efectuándose el corte de la parte aérea de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu), al material obtenido se le identificó para posteriormente ser pesado, luego del pesado de materia fresca obtenido en el m², se proyectó la producción a una hectárea por medio de una regla de tres simples, posteriormente se tomó una muestra de 200 gr. para ser secado en la estufa a 70 °C, obteniéndose el peso seco y luego el rendimiento de materia seca fue elevada a la producción por hectárea. Para ello se utilizó la fórmula propuesta por (TOLEDO, 1982).

$$MS/m^2 = \frac{PF * Ps}{Pf}$$

Donde:

MS/ m² = materia seca/m²

PF = Peso fresco total/m²

Pf = Peso fresco de la sub-muestra

Ps = Peso seco de la sub-muestra

3.9.3. Segundo muestreo de suelos

Luego de la última evaluación correspondiente al porcentaje de cobertura, cantidad de materia fresca y seca, se procedió a realizar el segundo muestreo de suelos, para ésta labor se utilizó una pala recta, se tomó 2 muestras por cada tratamiento de 0 – 20 cm y 20 - 40 cm. de profundidad, que luego del secado fueron llevados al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para su análisis mecánico y químico (Ver anexo, cuadro 25).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación del porcentaje de cobertura

4.1.1. Evaluación del porcentaje de cobertura de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) con diferentes dosis de dolomita en los diferentes meses.

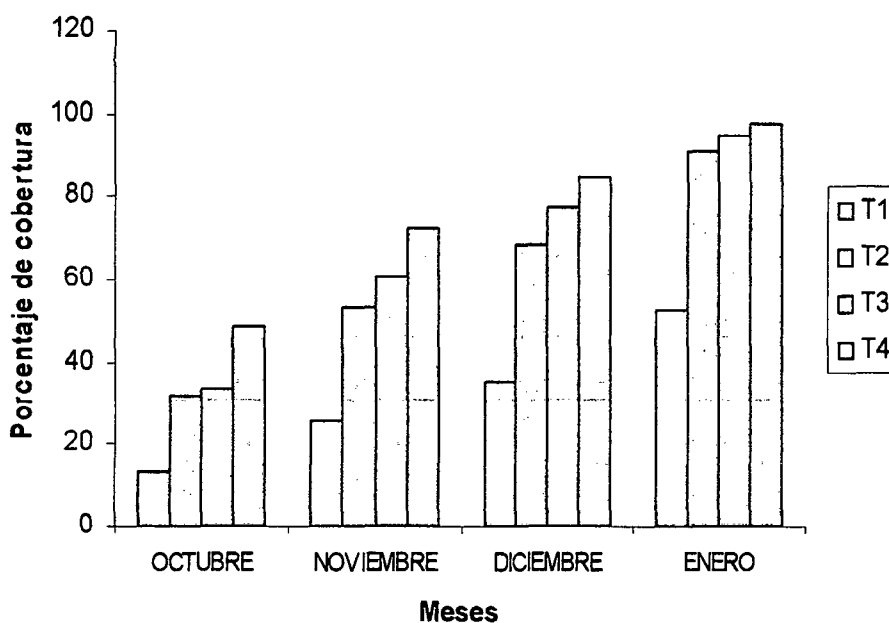


Figura 1. Porcentaje de cobertura de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) con diferentes dosis de dolomita y meses.

- El coeficiente de variación (CV) para los meses octubre, noviembre, diciembre y enero fueron 24,14%, 9,35%, 5,61% y 5,11% respectivamente, las mismas que se encuentran dentro del rango.

Cuadro 13. Prueba de significación estadística (DUNCAN) del porcentaje de cobertura de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) con diferentes dosis de dolomita, y meses.

| Porcentaje de cobertura de la <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) | | | | |
|--|----------|-----------|-----------|---------|
| Trat./Meses | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero |
| T4 | 48,93 a | 72,43 a | 84,60 a | 97,67 a |
| T3 | 33,47 ab | 60,73 b | 77,40 a | 94,73 a |
| T2 | 32,3 b | 53,00 b | 68,30 b | 90,67 a |
| T1 | 13,70 c | 25,80 c | 35,57 c | 52,77 b |

En el cuadro 13 se muestra la prueba de Duncan para los tratamientos 1, 2, 3 y 4, se observa en el mes de octubre y enero, los tratamientos 2, 3 y 4 no presentaron diferencia estadística, a su vez estos si se diferencian del tratamiento 1 (testigo). Sin embargo se observa que numéricamente el tratamiento 4 presentó un mayor promedio en porcentaje de cobertura para los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero, mostrando diferencia con respecto a los tratamientos 3, 2 y 1.

El tratamiento 1 presentó menor porcentaje en el desarrollo de la cobertura (52,77%) frente a los demás tratamientos durante el período de evaluación del trabajo de investigación, esto se debe a que dicho tratamiento no se le aplicó dolomita, la misma que tiene relación con lo que cita BERNAL, (1991) quien indica que esta especie es bastante rústica y crece aun en suelos de baja fertilidad; sin embargo, en suelos demasiado pobres y extremadamente ácidos es necesario agregar fertilizantes y cal para obtener un buen establecimiento y aumentar la producción, asimismo es necesario indicar en los tratamientos que se incorporó la dolomita presentaron un mayor porcentaje de cobertura.

QUIROZ (2000), indica que la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) es el que presenta menor porcentaje de cobertura (24,91%), frente al “desmodium” *D. ovalifolium* Vahl que llegó a cubrir el suelo en un (90%), seguido por “mani forrajero” *A. pintoi* Kra, con 30,06%. de cobertura, esto aplicando 2,6 t / Ha de humus; sin embargo, observamos en este trabajo de investigación el tratamiento 4 con aplicación de 4 t / Ha de dolomita llegó a cubrir el suelo en un 97,67% de cobertura, la misma que coincide con lo que menciona MARTINEZ (1971) el kudzu es una leguminosa perenne de excelente adaptación en la región tropical y sub tropical de nuestra selva.

El tratamiento 4 es el que presentó mayor porcentaje de cobertura 97,67%, estos resultados demuestran que al aplicar dolomita al suelo neutraliza

la acidez del mismo, mejorando las propiedades del suelo que favorecieron el buen desarrollo de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) (Anexo: cuadro 24 y 25), esto corrobora lo que menciona MORILLA (2006), el encalado consiste en incorporar al suelo calcio y magnesio para neutralizar la acidez del mismo, es decir para que el pH alcance un nivel ideal para el desarrollo normal de los cultivos y al mismo tiempo reduzca el contenido de elementos tóxicos (aluminio, manganeso y hierro). Al final del trabajo de investigación ninguno de los tratamientos alcanzó el 100% de cobertura, como podemos apreciarlo en el cuadro 13, donde los tratamientos 4, 3, 2 y 1 alcanzaron el 97,67%, 94,73%, 90,67% y 52,77% respectivamente; sin embargo, se demuestra que la dolomita ha influenciado notablemente en el desarrollo de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu), en el período de evaluación del presente trabajo.

4.2. Evaluación de materia fresca y seca

4.2.1. Evaluación de la cantidad de materia fresca de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) en el quinto mes después de la siembra (final del experimento).

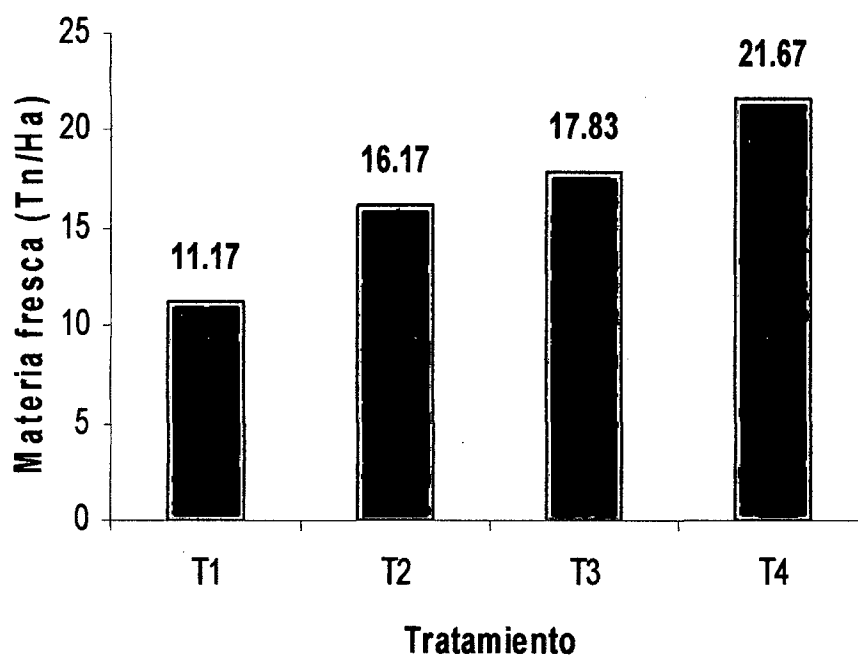


Figura 2. Materia fresca *Pueraria phaseoloides* con diferentes dosis dolomita.

Cuadro 14. Análisis de varianza de materia fresca

| FV | GL | Enero |
|-------------|----|-----------|
| | | CM |
| Bloque | 2 | 25,65 N.S |
| Tratamiento | 3 | 56,85 ** |
| Error | 6 | 5,31 |
| Total | 11 | |
| C.V (%) | | 13,79 |

Según el análisis de varianza (Cuadro 14) para la cantidad de materia fresca al quinto mes después de la siembra, nos indica lo siguiente:

- No existe diferencia estadística significativa entre bloques.
- Existe diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos al final de la evaluación, indicándonos que la contribución de dolomita en

diferentes dosis tienen niveles significativos en la cantidad de materia seca de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu).

- El coeficiente de variación (CV) fue de 13,79 %.

Cuadro 15. Prueba de significación estadística (DUNCAN) de materia fresca de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) con diferentes dosis de dolomita.

| Materia Fresca | |
|----------------|----------------|
| Trat/Meses | Enero (t / Ha) |
| T4 | 21,67 a |
| T3 | 17,83 ab |
| T2 | 16,17 b |
| T1 | 11,17 c |

En el cuadro 15 se muestra la prueba de Duncan en la producción de materia fresca (t / Ha) para los tratamientos 1, 2, 3 y 4, se observa que numéricamente el tratamiento 4 obtuvo un mayor promedio en cantidad de materia fresca con 21,67 t / Ha, mostrando diferencia con respecto a los tratamientos 3, 2, y 1, con promedios de 17,83, 16,17 y 11,17 t / Ha respectivamente. Sin embargo los tratamientos 4, 3 y 2 no presentan diferencia, a su vez estos se diferencian estadística y numéricamente del tratamiento 1.

El tratamiento 1 presentó menor promedio de materia fresca 11,17 t / Ha, debido a que no se le incorporó dolomita, mientras tanto los demás

tratamientos que se les incorporó este material encalante en diferentes dosis presentaron mayor cantidad de materia fresca, como es el caso del tratamiento 4 con promedio de 21,67 t / Ha, esto significa que al agregar dolomita a un suelo, mejora sus propiedades físicas químicas, facilitando la disponibilidad de los nutrientes para que el kudzu pueda absorber y realice su adecuado desarrollo.

Estos resultados coinciden con lo que cita BEAR, 1969 y THOMPSON, 1965, Las enmiendas aumentan la solubilidad y disponibilidad de la mayoría de los nutrientes, facilitando la absorción del fósforo para formar fosfato de calcio solubles en condiciones ácidas. Incrementa la actividad microbiológica, acelerando la descomposición de la materia orgánica, que liberará elementos a formas minerales fácilmente aprovechables; Así mismo SANCHEZ (1980), manifiesta que el encalado es una práctica cultural agronómica que se realiza con el fin de neutralizar la acidez de los suelos y sus efectos perjudiciales, provee las condiciones químicas, físicas y biológicas adecuadas para un mejor crecimiento de las plantas.

Este incremento de materia fresca se debe al efecto de la dolomita en la disponibilidad de elementos en la solución suelo, incidiendo en una mayor absorción por parte de la planta y la presencia del magnesio como un elemento que participa en la molécula de clorofila quien genera una mayor actividad fotosintética; también es necesario indicar el período que se ejecutó el presente

trabajo julio – enero (se caracteriza que en esta época al inicio de la investigación fue época seca y al final época húmeda) ha incidido que este peso fresco también vaya en incremento habiendo una relación que a mayor precipitación mayor desarrollo vegetativo de la planta (GIL, 1995).

4.2.2. Evaluación de la cantidad de materia seca de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) en el quinto mes después de la siembra (final del experimento).

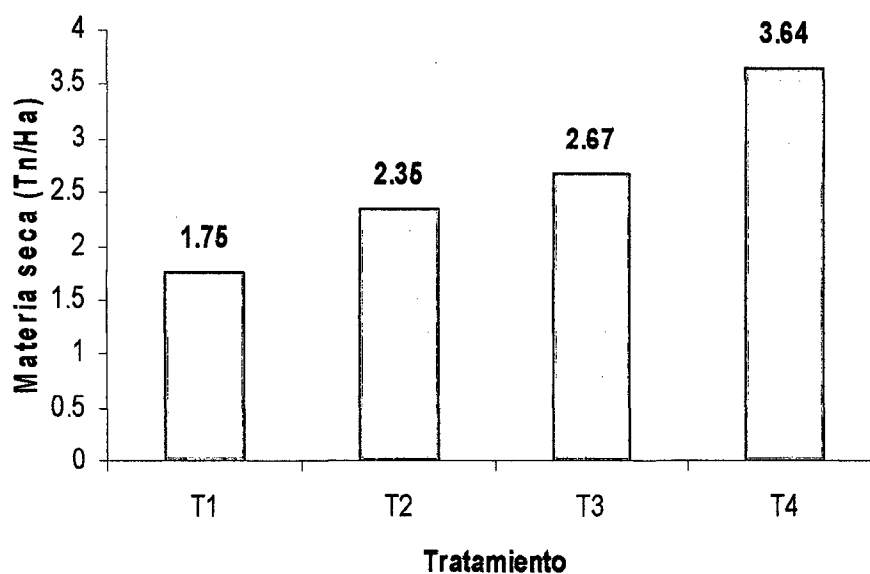


Figura 3. Materia seca de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) con diferentes dosis de dolomita.

Cuadro 16. Análisis de varianza de materia seca de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) al quinto mes de la siembra.

| FV | GL | Enero |
|-------------|----|------------|
| | | CM |
| Bloque | 2 | 9,54 N.S |
| Tratamiento | 3 | 1321,94 ** |
| Error | 6 | 18,43 |
| Total | 11 | |
| C.V (%) | | 19,29 |

Según el análisis de varianza (Cuadro 16) para la cantidad de materia seca al quinto mes después de la siembra, nos indica lo siguiente:

- No existe diferencia estadística significativa entre bloques.
- Existe diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos al quinto mes después de la siembra, indicándonos que la contribución de dolomita en diferentes dosis, tienen niveles significativos en la cantidad de materia seca de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu).
- El coeficiente de variación (CV) fue de 19,29%.

Cuadro 17. Prueba de significación estadística (DUNCAN) de materia seca de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) con diferentes dosis de dolomita, al quinto mes después de la siembra.

| Materia Seca (t / Ha) | |
|-----------------------|---------|
| Trat./ Meses | Enero |
| T4 | 3,64 a |
| T3 | 2,67 ab |
| T2 | 2,35 b |
| T1 | 1,75 c |

En el cuadro 17 se muestra la prueba de Duncan en la producción de materia seca t / Ha para los tratamientos 1, 2, 3 y 4, se observa que los tratamientos 4 y 3 son iguales estadísticamente, el tratamiento 4 difiere del tratamiento 2; los tratamientos 3 y 2 son iguales entre sí, todos ellos difieren del tratamiento 1.

El comportamiento observado en cuanto a esta variables similar a la materia fresca lo que significa que al agregar dolomita al suelo mejora las propiedades físicas químicas ver anexo (cuadro 24 y 25), facilitando la disponibilidad de nutrientes esenciales para el desarrollo adecuado del kudzu obteniendo así mayor cantidad de materia seca, los resultados tienen relación con lo que menciona DA CRUZ (2004), La fertilización corrige algunas deficiencias nutricionales del suelo manteniendo la fertilidad de los mismos, de tal manera que induce a un incremento de la materia seca.

En comparación con otras investigaciones, en este trabajo el tratamiento 1 sin agregar dolomita presentó 1,75 t / Ha de materia seca, siendo un promedio mayor a lo que menciona VARGAS y VALDIVIA (2005) quienes indican que la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) incorporó al suelo aproximadamente 1,30, lo que demuestra que dicha leguminosa se adaptó mejor a las condiciones que presentó Sarita Colonia – Tocache (lugar donde se realizó el experimento).

4.3. Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo.

4.3.1. Propiedades físicas del suelo

4.3.1.1. Textura

Cuadro 18. Textura al inicio y final del experimento

| Prof. (cm) | Tratamiento | Textura | |
|---------------|---|---------|-----------|
| | | Inicio | Final |
| 0 - 20 | T1 <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) | Franco | Franco |
| 20 - 40 | | Fo. Ar. | Fo. Ar. |
| 0 - 20 | T2 <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu)+ 2 t. de dolomita | Franco | Franco |
| 20 - 40 | | Fo. Ar. | Fo. Ar. |
| 0 - 20 | T3 <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu) + 3 t. de dolomita | Franco | Franco |
| 20 - 40 | | Fo. Ar. | Fo. Ar.Ao |
| 0 - 20 | T4 <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu)+ 4 t. de dolomita | Franco | Franco |
| 20 - 40 | | Fo. Ar. | Fo. Ar. |

El cuadro 18 nos muestra el análisis de textura al inicio y final del experimento, donde se observa que no hubo cambios en ninguno de los tratamientos, pero numéricamente si hubo diferencia en el porcentaje de arena, limo y arcilla; sin embargo, según el triángulo textural los resultados se enmarca en la misma clase textural, éste comportamiento coincide con los resultados obtenidos por MALDONADO (2008) quien menciona que la textura en los siete meses de evaluación no varió, sin embargo VARGAS y VALDIVIA (2005) demuestran que en tres años de evaluación la textura bajo el tratamiento con leguminosas cambió de pesada a media.

4.3.2. Propiedades químicas del suelo

4.3.2.1. pH del suelo

Cuadro 19. pH al inicio y final del experimento

| Prof. (cm) | Tratamiento | pH | |
|---------------|--|--------|-------|
| | | Inicio | Final |
| 0 - 20 | T1 <i>Pueraria phaseoloide</i> (Kudzu) | 4,8 | 5,2 |
| 20 - 40 | | 4,6 | 4,9 |
| 0 - 20 | T2 <i>Pueraria phaseoloides</i> (Kudzu) + 2 t. de dolomita | 4,8 | 5,3 |
| 20 - 40 | | 4,6 | 5,1 |
| 0 - 20 | T3 <i>Pueraria phaseoloides</i> (Kudzu) + 3 t. de dolomita | 4,8 | 5,8 |
| 20 - 40 | | 4,6 | 5,6 |
| 0 - 20 | T4 <i>Pueraria phaseoloides</i> (Kudzu) + 4 t. de dolomita | 4,8 | 5,8 |
| 20 - 40 | | 4,6 | 5,6 |

El cuadro 19 nos muestra el pH del suelo a diferentes profundidades al inicio y final del experimento, donde se observa que en todos los tratamientos incluidos el testigo hubo un incremento del pH del suelo. El tratamiento 1 varió en ambas profundidades, de (0 - 20 cm) ascendió de 4,8 a 5,2 la misma que incrementó en 0,4, de (20 - 40 cm) ascendió de 4,6 a 4,9 hubo un incremento de 0,3 para el tratamiento 2 de (0 - 20 cm) y de (20 - 40 cm.) varió de 4,8 a 5,3 y 4,6 a 5,1 las mismas que incrementaron en 0,5, sin embargo el tratamiento 3 y 4 incrementaron en 1 en ambas profundidades, lo cual indica que la *Pueraria phaseoloides* (Kudzu) y la dolomita aumentaron el pH del suelo.

Estos resultados coinciden con lo que menciona SANCHEZ (1980) el encalado es una práctica cultural agronómica que se realiza con el fin de neutralizar la acidez de los suelos y sus efectos perjudiciales, provee las condiciones químicas, físicas y biológicas adecuadas para un mejor crecimiento de las plantas. Asimismo RODRIGUEZ (1993) la dolomita es una de las principales fuentes de magnesio en suelos ácidos debido a su relativo bajo costo en comparación con fertilizantes convencionales y a su efecto en neutralizar la acidez del suelo y aumentar el contenido de magnesio en el suelo.

VALERIO, CASAS (1997), Y RODRIGUES et al (1998), las enmiendas tienen como propósito corregir la acidez del suelo aumentando los iones OH^- y bajando los iones hidrógeno H^+ en la solución suelo; disminuye la toxicidad de aluminio, hierro, manganeso y regula la disponibilidad del fósforo y molibdeno, incrementando la disponibilidad de calcio y magnesio elevando el porcentaje de saturación de base.

Finalmente el pH del suelo en ambos estratos pasó de fuertemente ácido a medianamente ácido, esto coincide con VARGAS y VALDIVIA (2005), quienes evaluaron un suelo con leguminosas por un período de tres años y el pH cambió de fuertemente ácido a moderadamente ácido.

4.3.2.2. Materia orgánica y nitrógeno

Cuadro 20. Materia orgánica y nitrógeno al inicio y final del experimento

| Prof. (cm) | Trat. | Materia orgánica (%) | | Nitrógeno (%) | |
|---------------|-------|----------------------|-------|---------------|-------|
| | | Inicio | Final | Inicio | Final |
| 0 - 20 | T1 | 2,4 | 3,7 | 0,11 | 0,17 |
| 20 - 40 | | 1,8 | 1,2 | 0,08 | 0,05 |
| 0 - 20 | T2 | 2,4 | 3,0 | 0,11 | 0,14 |
| 20 - 40 | | 1,8 | 1,2 | 0,08 | 0,05 |
| 0 - 20 | T3 | 2,4 | 2,4 | 0,11 | 0,11 |
| 20 - 40 | | 1,8 | 1,2 | 0,08 | 0,05 |
| 0 - 20 | T4 | 2,4 | 4,3 | 0,11 | 0,19 |
| 20 - 40 | | 1,8 | 4,0 | 0,08 | 0,12 |

El cuadro 20 nos muestra el porcentaje de materia orgánica y nitrógeno del suelo a diferentes profundidades al inicio y final del experimento, donde se observa lo siguiente:

En los tratamientos 1, 2 y 4 de 0 – 20 cm de profundidad se evidencia un incremento en los niveles de materia orgánica y nitrógeno, el tratamiento 3 se mantuvo constante, sin embargo, de 20 – 40 cm de profundidad se observa un descenso en los tratamientos 1, 2 y 3 y en el tratamiento 4 hubo un incremento en materia orgánica y nitrógeno.

Basados en los resultados de % de cobertura y la producción de materia fresca y seca de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) es lógico que hay

incorporación de restos orgánicos en la superficie del área en estudio y provoque un incremento del nivel de materia orgánica en el estrato superior (0 - 20 cm). Esto es ratificado por (SANTHIRASEGARAN, 1974 y RODRIGUEZ, 1993) quienes citan que entre otras propiedades las especies forrajeras aumentan la biodiversidad (micro y macro fauna), evitan cambios bruscos de temperatura, aumentan la materia orgánica del suelo, disminuyen la incidencia de germinación de malezas, conservan la humedad en el suelo, devuelven la fertilidad, reducen la escorrentía y erosión.

Con referencia al descenso del contenido de materia orgánica y nitrógeno en el estrato de 20 – 40 cm se debe primero considerar que la materia orgánica tiene un proceso de incorporación con la fase mineral del suelo y en segundo lugar la aplicación de dolomita o cualquier otro material encalante provoca un incremento en la actividad microbiana y si se genera un sobre encalado se puede perder rápidamente la materia orgánica del perfil por el aumento de la actividad microbiana. (BEAR, 1969; THOMPSON, 1965).

La materia orgánica contribuye no solo al crecimiento vegetal sino, que es fuente de energía y carbono de toda la microflora presente en los suelos, entendiéndose que son ellos los responsables del proceso de mineralización es necesario conocer que para desarrollar este proceso necesitan de ciertos nutrientes tales como el carbono y nitrógeno, ya que una célula en peso seco contiene un 50% de carbono y 12% de nitrógeno,

aproximadamente el 99% de la actividad de estos microorganismos se desarrolla en los estratos superficiales (0 – 20 cm), MADIGAN (2004), es por eso que en el estrato inferior se observa este descenso.

4.3.2.3. Fósforo

Cuadro 21. Fósforo al inicio y final del experimento

| Prof. (cm) | Tratamiento | Fósforo (ppm) | |
|---------------|--|---------------|-------|
| | | Inicio | Final |
| 0 - 20 | T1 <i>Pueraria phaseoloides</i> (Kudzu) | 6,1 | 8,5 |
| 20 - 40 | | 5,6 | 7,3 |
| 0 - 20 | T2 <i>Pueraria phaseoloides</i> Kudzú (Kudzu) + 2 t. de dolomita | 6,1 | 8,7 |
| 20 - 40 | | 5,6 | 9,0 |
| 0 - 20 | T3 <i>Pueraria phaseoloide</i> (Kudzu) + 3 t. de dolomita | 6,1 | 9,5 |
| 20 - 40 | | 5,6 | 7,4 |
| 0 - 20 | T4 <i>Pueraria phaseoloides</i> (Kudzu) + 4 t. de dolomita | 6,1 | 9,7 |
| 20 - 40 | | 5,6 | 9,5 |

En el cuadro 21, se observa que los tratamientos 1, 2, 3 y 4, presentan un incremento de fósforo en las diferentes profundidades (0 – 20 cm y de 20 – 40 cm), el mayor contenido de fósforo en el suelo lo presenta el tratamiento 4 a diferencia de los demás tratamientos.

Estos resultados positivos encontrados es respaldada por (CEPEDA, 1991), quien afirma que la aplicación de un material encalante a los suelos aumenta la solubilidad y disponibilidad de la mayoría de los nutrientes,

facilitando la absorción del fósforo para formar fosfato de calcio soluble en condiciones ácidas.

Además el encalado incrementa la actividad microbiana, acelerando la descomposición de la materia orgánica y la consecuente liberación de CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} y otros microelementos nutritivos en formas minerales fácilmente aprovechables para el crecimiento de las plantas (BOHN, 1993). La dolomita hace más disponible al fósforo, esto sucede principalmente, porque en los suelos ácidos el fósforo es fijado por el hierro y el aluminio soluble, ésta reduce la solubilidad de ambos, y por consiguiente retiene menor cantidad de fósforo en aquellas formas insolubles (CEPEDA D., 1991).

El fósforo en ambos estratos se mantuvo en nivel bajo, sin embargo en un estudio realizado por VARGAS y VALDIVIA (2005), en un periodo de 3 años el fósforo pasó de bajo a normal.

4.3.2.4. Potasio

Cuadro 22. Potasio al inicio y final del experimento

| Prof. (cm) | Tratamiento | Potasio (Kg / Ha) | |
|---------------|--|-------------------|-------|
| | | Inicio | Final |
| 0 - 20 | T1 <i>Pueraria phaseoloides</i> (Kudzu) | 181 | 264 |
| 20 - 40 | | 146 | 272 |
| 0 - 20 | T2 <i>Pueraria phaseoloide</i> (Kudzu) + 2 t. de dolomita | 181 | 254 |
| 20 - 40 | | 146 | 254 |
| 0 - 20 | T3 <i>Pueraria phaseoloides</i> (Kudzu) + 3 t. de dolomita | 181 | 267 |
| 20 - 40 | | 146 | 254 |
| 0 - 20 | T4 <i>Pueraria phaseoloides</i> (Kudzu) + 4 t. de dolomita | 181 | 304 |
| 20 - 40 | | 146 | 280 |

En el cuadro 22, se observa que los tratamientos 1 al 3 presentan un incremento de potasio, sin embargo permanecen en el nivel muy bajo, solo el tratamiento 4 paso del nivel muy bajo a bajo en el estrato superficial de 0 – 20 cm de profundidad, además es el tratamiento que mostró mayor incremento en el contenido de potasio

Los materiales encalantes por sus efectos en el pH, provoca la solubilidad de algunos nutrientes como el P y la insolubilidad de elementos tóxicos como el aluminio y el hierro, pero en el caso del K^+ lo hace más eficaz en la nutrición de la planta, cuando ésta es abundante en los suelos las plantas absorben más potasio del que necesitan. El incremento que se observa en los niveles del potasio se debe a que la materia orgánica del suelo es una sustancia muy compleja, de naturaleza variable y de origen diverso y contienen

minerales como calcio, fósforo, azufre, hierro, magnesio y potasio (CEPEDA, 1991).

GOMERO (1999). Indica que la cantidad de K^+ en la solución del suelo esta en función de la liberación del potasio intercambiable, generalmente localizado alrededor de las partículas de arcilla, esto puede explicarse con la afirmación de Jiménez (2005), citada por (ARVILDO, 2009) quien señala que los cationes no son retenidos con las mismas energías de enlace, los sitios de intercambio de la materia orgánica solo enlazan en forma débil a los cationes y las arcillas con gran capacidad de intercambio tienden a enlazar los cationes bivalentes como el Ca^{2+} y el Mg^{2+} (principales componentes de la dolomita) con más energía que el K^+ . Este comportamiento químico genera el desplazamiento del potasio de los sitios de intercambio a la solución. En ese sentido la aplicación de dolomita y la instalación de especies forrajeras constituye una alternativa importante para incrementar los niveles de K en la solución, en atención a lo que señala GOMERO (1999), que es necesario adicionar este elemento a los cultivos ya que el abastecimiento de K en el suelo es limitado, aun los suelos que contienen arcillas ricas en este mineral no pueden suplirlo indefinidamente. En el experimento el potasio de 0 - 20 cm de profundidad pasó de muy bajo a bajo y de 20 – 40 cm se mantuvo, resultados similares lo reportan VARGAS y VALDIVIA (2005), en la que el potasio cambió de bajo a medio en un estudio realizado con leguminosas por un período de tres años.

4.3.2.5. Capacidad de Intercambio Catiónico

Cuadro 23. CICE al inicio y final del experimento

| Prof. (cm) | Trat. | Ca | | Mg | | Al | | H | | CICE | | Ac. Camb. | |
|---------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----------|-------|
| | | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B |
| a | T1 | 2,5 | 2,5 | 0,6 | 0,6 | 2,6 | 2,0 | 0,8 | 0,2 | 6,9 | 5,6 | 49,28 | 44,64 |
| b | | 2,0 | 2,0 | 0,4 | 0,4 | 1,8 | 1,2 | 0,7 | 0,2 | 4,9 | 3,8 | 51,02 | 36,84 |
| a | T2 | 2,5 | 2,6 | 0,6 | 0,7 | 2,6 | 1,2 | 0,8 | 0,4 | 6,9 | 4,9 | 49,28 | 32,65 |
| b | | 2,0 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 1,8 | 1,5 | 0,7 | 0,3 | 4,9 | 4,8 | 51,02 | 37,5 |
| a | T3 | 2,5 | 4,2 | 0,6 | 1,0 | 2,6 | 0 | 0,8 | 0 | 6,9 | 5,2 | 49,28 | 0 |
| b | | 2,0 | 3,9 | 0,4 | 0,6 | 1,8 | 0 | 0,7 | 0 | 4,9 | 4,5 | 51,02 | 0 |
| a | T4 | 2,5 | 4,1 | 0,6 | 1,0 | 2,6 | 0 | 0,8 | 0 | 6,9 | 5,1 | 49,28 | 0 |
| b | | 2,0 | 3,9 | 0,4 | 1,0 | 1,8 | 0 | 0,7 | 0 | 4,9 | 4,9 | 51,02 | 0 |

a: de 0 – 20
b: de 20 – 40

A: Inicio
B: Final

En el cuadro 23, se observa que los tratamientos 2, 3 y 4 presentan un incremento de Ca^{2+} y Mg^{2+} en ambos estratos, mientras tanto el tratamiento 1 se mantuvo, el Al^{3+} e H^+ en todos los tratamientos presentan un descenso. Los resultados obtenidos muestran una disminución en la acidez cambiante y un incremento en el % PSB este comportamiento contrasta con KAMPRATH (1970). Quien afirma que el encalado disminuye el porcentaje de saturación con Al^{3+} y aumenta la saturación con bases, lo que ocasiona un incremento del pH del suelo.

Es necesario señalar que la afirmación de BOHN (1993) y En la que la materia orgánica incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC)

del suelo; del 20 a 70% y dependen de las cantidades, combinaciones de los minerales arcillosos y las cantidades de materia orgánica y su estado de descomposición. Esto no se ajusta a los resultados encontrados porque aquí se evidencia un descenso en la CICe, aunque este no significó un cambio en los niveles. Además los suelos ácidos presentan una baja capacidad de intercambio de cationes, bajo porcentaje de saturación de bases, alta concentración de Al^{3+} intercambiable, baja disponibilidad de P, Ca^{2+} , Mg^{2+} y algunos micronutrientes, y ocasionan toxicidad en las plantas debida al Al^{3+} y al Mn^{2+} , características provocadas por las condiciones prevalecientes en los trópicos húmedos que producen una acidificación progresiva (QUIROZ y GONZALES, 1979). Por lo que se demuestra con estos resultados que la aplicación de dolomita permite no solo un incremento de Ca^{2+} y Mg^{2+} como nutrientes, sino una mejora en saturación de bases, disminución de la acidez cambiante y el incremento en el pH ayuda a solubilizar elementos esenciales para las plantas.

V. CONCLUSIONES

1. El mejor resultado en porcentaje de cobertura del 97,67%, se obtuvo con una aplicación de 4 toneladas y el menor porcentaje lo obtuvo el tratamiento 1 con 52,77%.
2. El contenido de materia fresca y seca para el tratamiento 4 fue de 21,67 t / Ha y 3,64 t / Ha respectivamente.
3. Con la aplicación de 4 toneladas de dolomita, a una profundidad de 0 - 20 cm se incrementó el pH de fuertemente ácido (4,8) a moderadamente ácido (5,8), el % de M.O se incrementó de un nivel bajo (2,4) a medio (4,3), el contenido de nitrógeno fue invariable manteniéndose a un nivel medio (0,11 – 0,19), el fósforo se mantuvo a nivel bajo (6,1 – 9,7), el potasio pasó de muy bajo (181) a bajo (304), el aluminio intercambiable en el suelo disminuyó (2,6 - 0), el contenido de Ca^{2+} (2,5 – 4,1) y Mg^{2+} (0,6 - 1) aumentó.

4. A la profundidad de 20 - 40 cm el pH se elevó de fuertemente ácido (4,6) a moderadamente ácido (5,6), el % de M.O pasó de nivel bajo (1,8) a medio (4,0), el nitrógeno subió de bajo (0,08) a medio (0,12), el fósforo se mantuvo a nivel bajo (5,6 - 9,5), el potasio se mantuvo (146 - 280), el aluminio intercambiable en el suelo disminuyó (1,8 - 0), el contenido de Ca^{2+} (2,0 - 3,9) y Mg^{2+} (0,4 - 1) aumentó.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar encalados con dolomita a 4 t / Ha, ya que con ésta dosis se obtuvo mejores resultados, para neutralizar la acidez del suelo y el pH alcance un nivel ideal para el desarrollo normal de los cultivos y al mismo tiempo reduzca el contenido de elementos tóxicos como el aluminio y manganeso.
2. investigar la aplicación de la dolomita junto con otros tipos de rocas presentes en la zona y probar sus influencias en las propiedades físico - químicas del suelo.

VII. ABSTRACT

This research work was conducted in the months of July 2008 to January 2009 in the Sarita Colonia sector, Tocache district, province Tocache, San Martín department, at an altitude of 500 meters, with an average annual rainfall of 2500 mm. and average annual temperature of 25 °C., in order to assess the effect of chemical soil physical properties due to the influence of the amendment (dolomite) and the establishment of Kudzu (*Pueraria phaseoloides*) and soil cover. We used the design of randomized complete block (RCBD) with 4 treatments and 3 replications included a WiTess, for statistical significance test was used Duncan ($\alpha = 0, 05$).

The treatments were T1 (control), T2 (kudzu + 2 t. Dolomite), T3 (kudzu + 3 t. Dolomite) and T4 (kudzu + 4 t. Dolomite) assessed each month the percentage of coverage (% C) at the end of the experiment the amount of fresh matter (FM), dry matter (DM) and soil analysis. The T4 showed the best results in % C (97,67), FM (21,67 t / Ha), MS (3,64 t / Ha), the chemical properties in the depth of 0 - 20 cm and 20 - 40 cm. the pH increased from strongly acidic to moderately acidic conditions, the MO went from low to medium nitrogen content for the depth of 0 - 20 cm. remained at a medium level of 20 - 40 cm depth to, increased from low to medium, in both strata phosphorus remained at low levels, potassium at 0 - 20 cm. changed from very

low to low and 20 - 40 cm. was maintained, the contents of Ca and Mg increased in both layers and exchangeable aluminum decreased in both depths of 0 - 20 cm (2,6 to 0 meq/100gr. of soil) and 20 - 40 cm. (1,8 to 0 meq/100gr. Of soil).

VIII. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

- ARVILDO ROJAS, J. L. 2009. Efecto de las enmiendas orgánicas en las propiedades físicas – químicas de un suelo degradado en Supte San Jorge – Tingo María. Ing. Recursos Naturales Renovables. 80 p.
- ARÉVALO, L. y SANCO, M. 2002. Manual de Laboratorio para Análisis Físico Químico del Suelo. S.I. ICRF – CHEMONICS. 48ppm.
- ACOSTA VILLACORTA, R. 1984. Evaluación del efecto de enmiendas controladoras de la acidez y fuentes de fósforo en suelos ácidos. Tesis Ing. Agr. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Programa Académico de Agronomía. 79p.
- AGUIRRE, V. 1985. Efecto de las enmiendas calcáreas y silícicas en la absorción de fósforo y azufre por el trébol rojo en suelos ácidos de puna. Tesis Ing. Agr. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 84 p
- ALAM S., ADAMS W. 1979. Effects of aluminium on nutrient composition and yield of oat. *Journal of Plant Nutrition*. 1: 365 - 375 p.
- BERNAL, JAVIER E. 1991. Pastos y forrajes tropicales, producción y manejo. 2da edición. 537 p.

BEAR. 1969. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Editorial OMEGA, S.A. CASANOVA – BARCELONA. 368 p.

BENITES CLEMENT, R. 1979. Efectos NKP en el plátano variedad Isla ABB, con control integral insecto – nemátodo en Tingo María. Tesis Ing. Agr. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Programa Académico de Agronomía. 83p.

BUCKMAN, H Y BRADY, J. (1966). Naturaleza y propiedades de los suelos. Unión Tipográfica. Edit. Hispano - Americana. México, 386 - 387 p.

BUTTERWORTH, M.H. 1963 Digestibility trials on forages in Trinidad and their use in the prediction of nutritive value. Journal of Agriculture Science, v.60, n.3, P.77-81, 1963.

CENTURION VILCHEZ, J. J. 1987. Efectos del sustrato y dolomita en la fase final de una plantación de caoba (*Swietenia macrophylla* E. King). En suelo degradados de Tingo María. Ing. Recursos Naturales Renovables. 96 p.

CEPEDA, D. 1991. Química de Suelos. 2° Ed. México. Editorial Trillas S.A.

CALZADA, B. 1976. Métodos estadísticos para la investigación. Editorial jurídica s.a. lima, Perú. 225p.

COLEMAN N. T, and THOMAS, G.W. 1967. The Basic chemistry of soil de acidity. Agronomy journal. [En línea]:

SOIL.SCIJOURNALS, (<http://soil.scijournals.org/cgi/content/full/71/3/1038>

No 12: 1-41., 20 Junio 2009)

DA CRUZ, D. A. y RÍOS. A. J. 1987. Establecimiento de pasturas. UNAS. Boletín Técnico. Tingo María, Peru. 12p.

FASSBENDER H. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA, 422 p.

GIL MARTINEZ FRANCISCO. 1995. Elementos de fisiología vegetal. Relaciones hídricas. Nutrición mineral. Transporte. Metabolismo. Ediciones mundi – prensa. Madrid – Barcelona – México. 1147 p.

GOMERO, O. 1999. Manejo ecológico de suelos; conceptos, experiencias y técnica. Lima, Perú.

HAVLIN J., BEATON J, TISDALE L., NELSON L., 1999. Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management. 6ta edición. 499 p.

HINRICHL BOHN, BRIAN L. McNEAL, GEORGE A. O CONNOR. 1993. química del suelo. 1era edición, impreso en México 371 p.

JACKSON, M. 1982. Análisis Químico de Suelos. 2^{da} Edición. Editorial Omega S.A. Barcelona – España. 653 pp.

KAMPRATH E.J. 1970. Acidez del suelo y su respuesta al encalado. International Soil Testing. North Carolina – Estados Unidos. 24 p.

[Enlínea]:REDPAY.AVEPAGRO, www.redpav.avepagro.org.ve/agrotrop/v31.../v316a004., 20 Junio 2009)

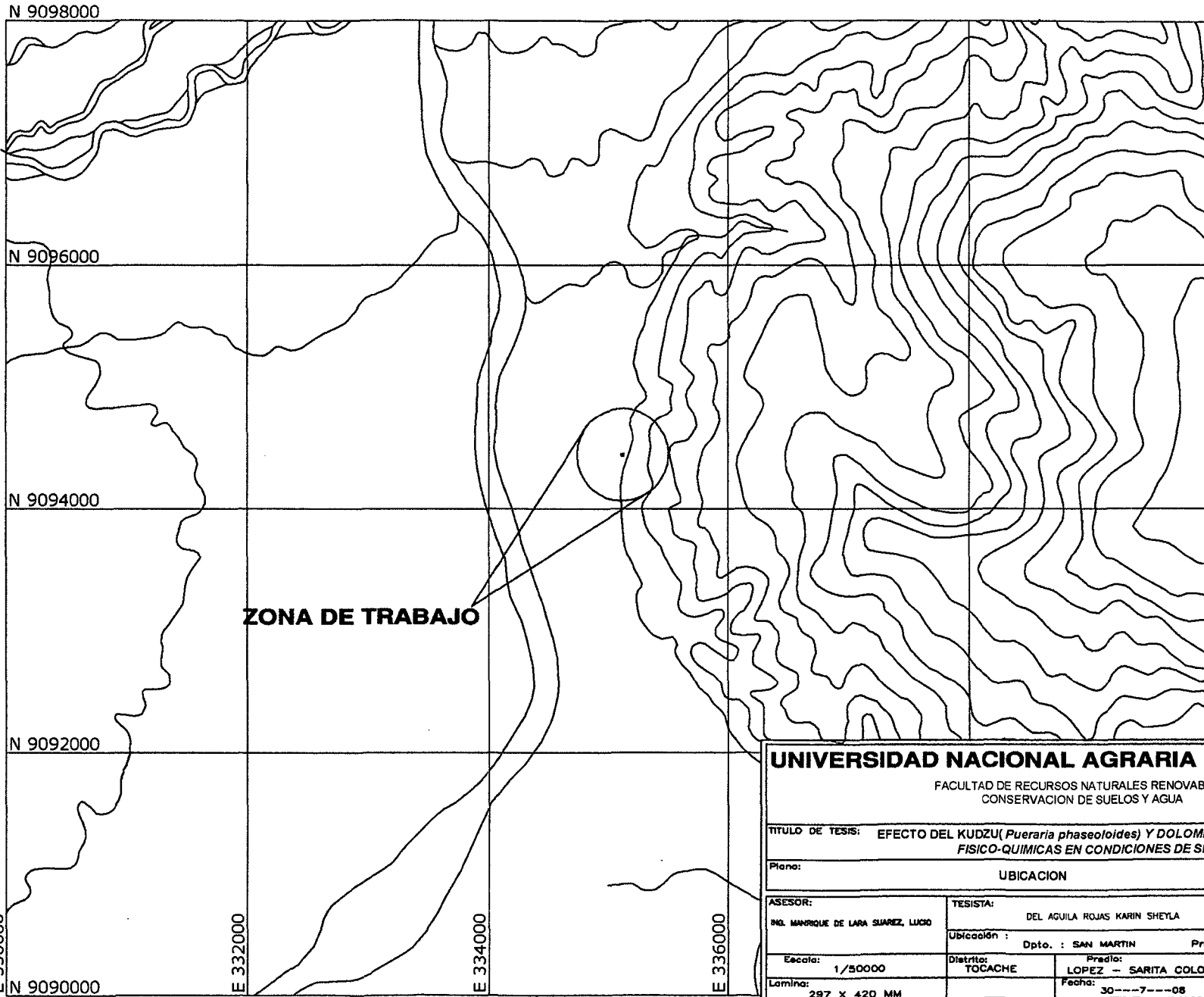
- MALDONADO ALVARADO, P. 2008. Efecto de enmiendas y Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) en la recuperación de suelos degradados en Tingo María Ing. Recursos Naturales Renovables. 46 p.
- MARTINEZ, S. M. 1971. Kudzu tropical, Divulgación agropecuaria n° 10. Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo Maria 6 p.
- MICHAEL T., MADIGAN, JOHN M., JACK P. 2004. Biología de los microorganismos décima edición. Madrid. 1996 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. Proamazonia. 2003. Formulación de una metodología para la recuperación de suelos Degradados en zonas de cultivo de Coca. Perú.
- MOLINA, E. 1998. Acidez de suelo y encalado. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. 45p. [En línea]: PPI-PPIC, (http://www.agrotriunfo.com/pdf/acidez_de_suelo_encalado.pdf., 01 May. 2009).
- MOLINA Eloy y ROJAS , Alexander. 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, 20 Jun. 2009).
- MORILLA, 2006. El encalado en la regulación del pH, España.85p.
- NAVARRO, G. 2003. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal. 2° Ed. Mundi Prensa. España.

- 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).
- QUIROZ ALCANTARA, B. 2000. Costo de establecimiento de coberturas vivas en el control de malezas con leguminosas en plantación de "Shihuahuaco" *Dipterys alata* Linn. Tesis Ing. R.N.R – C.S.A Tingo. María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 88 p.
- QUIROS, S.; GONZALEZ, M. 1979. Neutralización del aluminio intercambiable y aprovechamiento del fósforo en tres suelos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense (C. R.)* 3(2):137 - 149.
- RODRÍGUEZ, O. 1993. Evaluaciones de cobertura, barreras vivas y otras medidas de conservación de suelos en laderas. Facultad de agronomía. U.C.V. Maracay, Venezuela 133 p.
- ROJAS, I.1980. Naturaleza de la acidez de suelos representativos de Venezuela y su influencia en Los requerimientos de cal, Comparaciones de caliza calcítica y dolomítica como materiales de enmienda. *Agronomía Tropical*, 123 p.

- ROY, RAYMOND Y JOHN, (1987). Propiedades físicas y químicas del suelo. Editorial prentice/hall internacional. 624 p.
- SADZAWKA R, A. y R. CAMPILLO R. 1999. Acidificación de los suelos y los procesos involucrados: 93 - 103 p
- SÁNCHEZ, P.1981.Suelos del trópico. Características y manejo. UCA. Costa Rica. 6.14p.
- SANTHIRASEGARAN, R. 1974. Manejo de pradera de leguminosas en un ecosistema de selva lluviosa tropical en el Perú, in seminario sobre manejo de suelos en América tropical.
- SERPA, R.; GONZALEZ, M. A. 1979. Necesidad de cal en tles suelos "cidos de Costa Rica. Agronom{a Costarricense 3(2):101-108.
- VELERIO, CASAS. 1997. Influencia de las enmiendas y fertilizantes en la dinámica de micronutrientes y azufre en suelos con diferentes texturas.
- VARGAS, C., VALDIVIA, E. 2005. Recuperación, mediante leguminosas rastreras, de suelos degradados (ex cicales) en la selva alta del Perú.
- ZAVALETA, G. 1992. Edafología. El suelo en relación con la Producción. Consejo Nacional de Concentración y Tecnología. CONCYTEC. Lima-Perú.

ANEXO

ANEXO A. Mapa de ubicación



| | | | |
|--|-------------------------------|-------------------------|-------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA | | | |
| FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA | | | |
| TITULO DE TESIS: EFECTO DEL KUDZU (<i>Pueraria phaseoloides</i>) Y DOLOMITA EN LA PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS EN CONDICIONES DE SELVA ALTA | | | |
| Plano: UBICACION | | | |
| ASESOR: | TESISTA: | | |
| ING. MARIQUE DE LARA SUAREZ, LUCIO | DEL AGUILA ROJAS KARIN SHEYLA | | |
| Ubicación: | | | |
| Dpto. : SAN MARTIN | | Prov. : TOCACHE | |
| Escala: | Distrito: | Pradio: | Nº Lamina: |
| 1/50000 | TOCACHE | LOPEZ - SARITA COLONIA. | |
| Lamina: | Fecha: | | |
| 297 X 420 MM. | 30---7---08 | | U-01 |

ANEXO B. RESULTADO DE ANALISIS DE SUELOS

Cuadro 24. Analisis de suelos al inicio del trabajo de investigacion



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo Maria

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

Av. Universitaria s/n Telef. (064) 562342 Anexo 283 Fax (064) 561156 Apto. 156

ANALISIS DE SUELOS

Procedencia:..... sector Sarita Colonia - Tocache

Solicitante: Karin Sheyla Del Aguila Rojas

| Número de Muestra | | CE mmh/cm | ANALISIS MECANICO | | | | pH 1:1 | CO ₃ Ca % | M.O. % | N % | P ppm | K ₂ O kg/ha | CAMBIABLES me/100 g | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|--------------|-------------------|-----------|--------------|------------|-----------|-------------------------|-----------|--------|----------|---------------------------|---------------------|-----|---|-----|-----|-----|-------|--------------|--------------|--|
| Laborat. | Campo | | Arena % | Limo % | Arcilla % | Textura | | | | | | | Ca | Mg | K | Na | Al | H | CiCe | % Bas.Cam | % Ac.Camb | |
| | T1 | 0-20cm | 35.0 | 47.0 | 18.0 | Franco | 4.8 | | 2.4 | 0.11 | 6.1 | 181 | 2.5 | 1 | | 2.6 | 0.8 | 6.9 | 50.72 | 49.28 | | |
| | T1 | 20-40cm. | 35.0 | 31 | 34 | Franco Ar. | 4.6 | | 1.8 | 0.08 | 5.6 | 146 | 2 | 0.6 | | 1.8 | 0.7 | 5.1 | 50.98 | 49.02 | | |

Para: % Bases Cambiables= Ca+Mg+K+Na/CiCe X 100

Para: % Acides Cambiables= Al+H/CiCe X 100

Observaciones : Muestras proporcionadas por el interesado

Fecha: Tingo María, 26 de julio del 2008

Ing. M.Sc. Carlos Huatuco Barzola
JEFE DE LABORATORIO

Cuadro 25. Analisis de suelos al final del trabajo de investigacion

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo Maria

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

Av. Universitaria s/n Telef. (064) 562342 Anexo 283 Fax (064) 561156 Apto. 156



ANALISIS DE SUELOS

Procedencia:..... sector sarita colonia - tocache

Solicitante: Karin Sheyla Del Aguila Rojas

| Número de Muestra | | CE mmh/cm | ANALISIS MECANICO | | | | pH 1:1 | CO ₂ Ca % | M.O. % | N % | P ppm | K ₂ O kg/ha | CAMBIABLES me/100 g | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|--------------|-------------------|-----------|--------------|------------|-----------|-------------------------|-----------|--------|----------|---------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|------|--------------|--------------|
| Laborat. | Campo | | Arena % | Limo % | Arcilla % | Textura | | | | | | | CIC | CIC | Ca | Mg | K | Na | Al | H | CICe | % Bas.Cam | % Ac.Camb |
| | T1 | 0-20cm | 42.0 | 40.0 | 18.0 | Franco | 5.2 | | 3.7 | 0.17 | 8.5 | 264 | | | 2.5 | 0.6 | | | 2 | 0.5 | 5.6 | 55.36 | 44.64 |
| | T1 | 20-40cm. | 30.0 | 34 | 16 | Franco Ar. | 4.9 | | 1.2 | 0.05 | 7.3 | 272 | | | 2 | 0.4 | | | 1.2 | 0.2 | 3.8 | 63.16 | 36.84 |
| | T2 | 0-20cm | 44 | 40 | 16 | Franco | 5.3 | | 3 | 0.14 | 8.7 | 254 | | | 2.6 | 0.7 | | | 1.2 | 0.4 | 4.9 | 67.35 | 32.65 |
| | T2 | 20-40cm. | 36 | 30 | 34 | Franco Ar. | 5.1 | | 1.2 | 0.05 | 9 | 254 | | | 2.5 | 0.5 | | | 1.5 | 0.3 | 4.8 | 62.50 | 37.50 |
| | T3 | 0-20cm | 44 | 44 | 12 | Franco | 5.8 | | 2.4 | 0.11 | 9.5 | 267 | 5.8 | | 4.2 | 1 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 5.2 | 100.00 | 0.00 |
| | T3 | 20-40cm. | 54 | 22 | 24 | Fo. Ar. Ao | 5.6 | | 1.2 | 0.05 | 7.4 | 254 | 4.9 | | 3.9 | 0.6 | 0.4 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 100.00 | 0.00 |
| | T4 | 0-20cm | 44 | 34 | 22 | Franco | 5.8 | | 4.3 | 0.19 | 9.7 | 304 | 5.6 | | 4.1 | 1 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 5.1 | 100.00 | 0.00 |
| | T4 | 20-40cm. | 32 | 36 | 32 | Fo. Ar. | 5.6 | | 4 | 0.12 | 9.5 | 280 | 5.4 | | 3.9 | 1 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 4.9 | 100.00 | 0.00 |

Para: % Bases Cambiables= Ca+Mg+K+Na/CICe X 100

Para: % Acides Cambiables= Al+H/CICe X 100

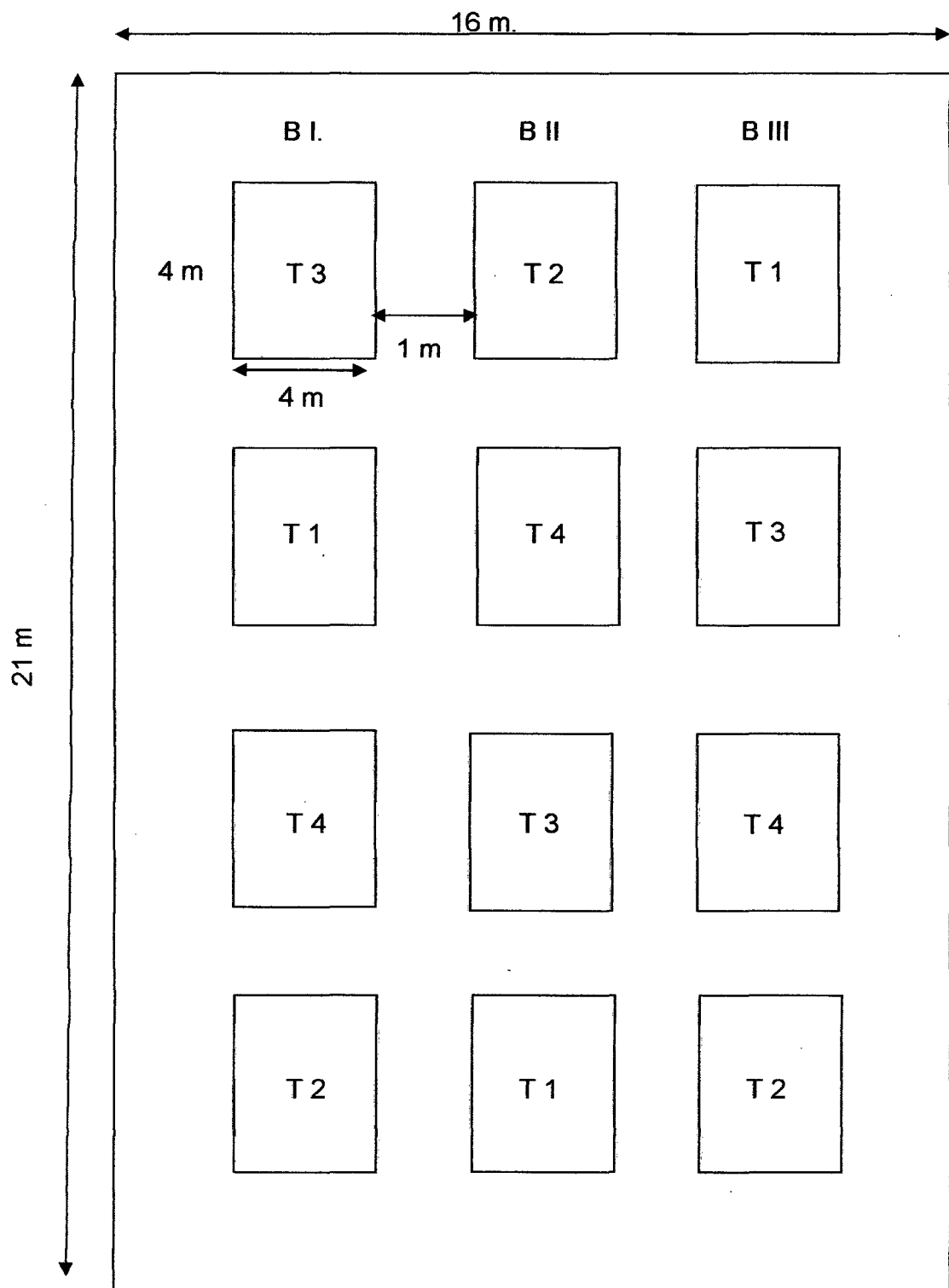
Observaciones : Muestras proporcionadas por el interesado

Fecha; Tingo María, 19 de Febrero del 2009

Ing° M.Sc. Carlos Huatuco Barzola

JEFE DE LABORATORIO

ANEXO C: DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS



ANEXO D. ANALISIS DE DOLOMITA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS



INFORME DE ANALISIS

SOLICITANTE ESPEJO S.A.
 PROCEDENCIA HUANUCO / LEONCIO PRADO
 MUESTRA DE DOLOMITA
 REFERENCIA H.R. 1394
 FECHA 06/1/08

| Nº LAB | CLAVES | CaCO ₃ equiv. % | CaO % | MgO % |
|--------|----------|----------------------------------|----------|----------|
| 3 | DOLOMITA | 100.00 | 34.78 | 24.56 |

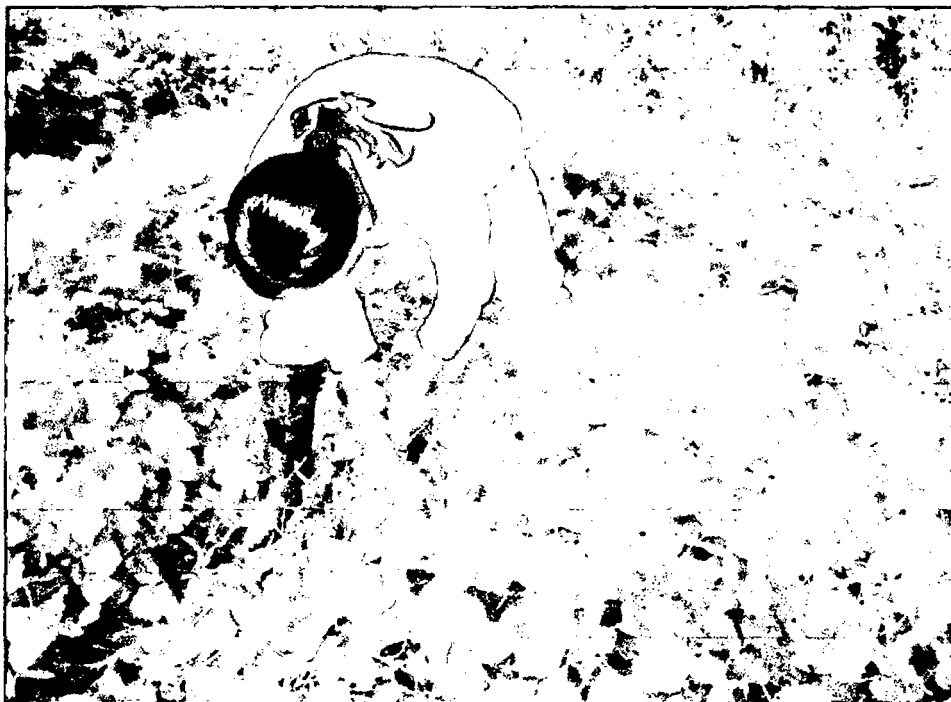


Mazario
 Ing. Julio Mazario Ríos
 Jefe, Laboratorio de Análisis
 de Suelo, Aguas y Plantas

/rdp

ANEXO E. FOTOGRAFÍAS

Medición de porcentaje de cobertura con el bastidor de madera



Extracción de muestra de la (*Pueraria phaseoloides*) Kudzu



Pesando la muestra fresca de la (*Pueraria phaseoloides*) Kudzu in situ



Pesando la muestra seco de la (*Pueraria phaseoloides*) Kudzu en laboratorio