

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE

SUELOS Y AGUAS



USO DE TRES ESPECIES DE LEGUMINOSAS *Canavalia ensiformes*,

***Centrosema macrocarpum*, *Pueraria phaseoloides* EN LA**

RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS EN EL DISTRITO DE

LUYANDO

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUAS

YAURI SALAZAR, CRISTIAN JHONATAN

PROMOCION 2011

Tingo María - Perú

2019



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 05 de Agosto de 2019, a horas 9:00 a.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“USO DE TRES ESPECIES DE LEGUMINOSAS *Canavalia ensiformes*, *Centrosema macrocarpum*, *Pueraria phaseoloides* EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS EN EL DISTRITO DE LUYANDO”

Presentado por el Bachiller: **YAURI SALAZAR, CRISTIAN JHONATAN**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**

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

Tingo María, 19 de Agosto de 2019

Ing. Mg. **ROBERTO OBREGÓN PEÑA**
PRESIDENTE

Ing. **JAIMÉ TORRES GARCÍA**
MIEMBRO

Ing. **ERLE O. J. BUSTAMANTE SCAGLIONI**
MIEMBRO

Ing. MSc. **JOSÉ LEVANO CRISÓSTOMO**
ASESOR

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACION DE
SUELOS Y AGUA



USO DE TRES ESPECIES DE LEGUMINOSAS *Canavalia ensiformes*,
***Centrosema macrocarpum*, *Pueraria phaseoloides* EN LA**
RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS EN EL DISTRITO DE
LUYANDO

Ejecutor : YAURI SALAZAR, Cristian Jhonatan

Asesor : Ing. Msc. LEVÁNO CRISOSTOMO, José

Programa de investigación : Ciencias Básicas

Línea de investigación : Física y química de suelos

Eje temático : Prácticas y uso de manejo que mejoren la calidad del suelo.

Lugar de ejecución : Distrito de Luyando – Tingo María.

Duración **Fecha de inicio** : 04 de enero del 2019
Termino : 04 de julio del 2019

Financiamiento **Propio** : S/. 3,450

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de alcanzar uno de mis objetivos en la vida.

A mi mama Jackeline Salazar y mi abuela Francisca Hidalgo, por brindarme siempre su apoyo y tener tremenda confianza en mí.

A mi tío Juan Salazar, por ser mi apoyo de toda la vida.

A mi hermana Lucía Guadalupe y primos Aldair y Fabricio por apoyarme incansablemente ya que con ellos esto se hizo posible.

Dolibeth Vasquez por motivarme, impulsarme y apoyarme incondicionalmente en todo momento y por ser una muestra de dedicación y coraje.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por brindarme la oportunidad de lograr mis objetivos y guiarme en el camino correcto.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), por ser mi alma Mater que me brindó la oportunidad de formarme como profesional.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables y docentes del departamento de conservación de suelos y agua que se esforzaron por entregarme sus conocimientos y experiencias.

A mi asesor al Ing. MSc. José Lévano Crisóstomo, por el apoyo brindado en el desarrollo de la presente tesis.

Al Ing. Roberto Obregón Peña presidente, al Ing. Jaime Torres García y al Ing. Erle Bustamante Scaglioni, miembros de jurado de esta investigación, por la exigencia, orientación y confianza que me brindaron en la realización del presente trabajo.

A la Sra. Janet Mary Espíritu Salas, los hermanos Faustino y Damián Duran, por facilitarme el espacio y bríndame las facilidades para realizar la presente investigación.

A Briam Malqui y Dennis Justo, por brindarme su apoyo en campo durante la investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Suelos degradados.....	3
2.1.1. Acidez del suelo	4
2.1.2. Plantas indicadoras de suelos.....	5
2.2. Nutrientes disponibles en el suelo	7
2.2.1. Reacción del suelo (pH).....	7
2.2.2. La materia orgánica	8
2.2.3. El nitrógeno del suelo.....	9
2.2.4. El fósforo del suelo.....	9
2.2.5. El potasio del suelo	11
2.3. Cultivos de cobertura.....	11
2.4. Especies de cultivos de cobertura	13
2.4.1. <i>Canavalia ensiformes</i>	13
2.4.2. <i>Centrosema macrocarpum</i>	14
2.4.3. <i>Pueraria phaseoloides</i>	15
2.5. Germinación de semillas de leguminosas	16
2.6. Escarificación de semillas de leguminosas.....	16
2.7. Importancia de las enmiendas en suelos degradados.....	16

2.7.1. Compost.....	17
2.7.2. Dolomita.....	17
2.8. Trabajos de investigación relacionados a recuperación de suelos degradados con especies de leguminosas.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. Descripción de la zona de estudio.....	20
3.1.1. Lugar de ejecución.....	20
3.1.2. Ubicación geográfica.....	20
3.1.3. Zona de vida	20
3.1.4. Clima.....	21
3.1.5. Vegetación	21
3.1.6. Suelo.....	21
3.1.7. Accesibilidad	21
3.2. Tipo de investigación	22
3.3. Materiales y equipos.....	22
3.3.1. Materiales de campo.....	22
3.3.2. Materiales de laboratorio.....	22
3.3.3. Equipos de campo	23
3.3.4. Equipos de laboratorio	23
3.3.5. Semillas	23
3.3.6. Enmiendas	23

3.4. Reconocimiento de la zona de estudio	24
3.4.1. Muestreo del suelo	24
3.5. Instalación de la parcela de investigación	24
3.5.1. Variables independientes	25
3.6. Tratamientos entre leguminosas – enmiendas	25
3.7. Diseño de distribución de los tratamientos	26
3.7.1. Descripción del diseño experimental.....	27
3.8. Análisis estadístico	28
3.8.1. Variables dependientes.....	28
3.9. Determinar el porcentaje de germinación, altura, porcentaje de cobertura y longitud radicular de las especies de leguminosas.....	29
3.9.1. Determinación del porcentaje de germinación	29
3.9.2. Determinación de altura de la planta.....	29
3.9.3. Determinación de cobertura.....	29
3.9.4. Determinación de la longitud radicular	29
3.10. Determinar que leguminosas con enmienda aporta más nutrientes para la recuperación del suelo degradado.....	30
3.11. Determinar la producción de materia verde, materia seca durante el tiempo determinado de crecimiento de las especies de leguminosa	30
3.11.1. Obtención de materia verde.....	30

3.11.2. Obtención de materia seca de la biomasa.....	31
IV. RESULTADOS	32
4.1. Determinar el porcentaje de germinación, altura, porcentaje de cobertura y longitud radicular de las especies de leguminosas.....	32
4.1.1. Porcentaje de germinación.....	32
4.1.2. La evaluación de altura	34
4.1.3. Porcentaje de cobertura.....	35
4.1.4. Longitud radicular.....	37
4.2. Determinar que leguminosas con enmienda aporta más nutrientes para la recuperación del suelo degradado.....	39
4.2.1. Variación del nivel de pH	39
4.2.2. Variación del nivel de materia orgánica	42
4.2.3. Variación del nivel de nitrógeno	46
4.2.4. Variación del nivel de fósforo	49
4.2.5. Variación del nivel de potasio.....	52
4.3. Producción de materia verde, materia seca durante el tiempo determinado de crecimiento de las especies de leguminosas.....	56
4.3.1. Producción de materia verde	56
4.3.2. Producción de materia seca.....	59
V. DISCUSIÓN.....	63

5.1. Porcentaje de germinación, altura, porcentaje de cobertura y longitud radicular de las especies de leguminosas.....	63
5.2. Aporte de nutrientes de leguminosas con enmienda para la recuperación del suelo degradado.	64
5.2.1. Variación del nivel de pH, M.O, N, P, K.	64
5.3. Producción de materia verde, materia seca durante el tiempo determinado de crecimiento de las especies de leguminosas.....	65
5.3.1. Producción de materia verde	65
5.3.2. Producción de materia seca.....	66
VI. CONCLUSIONES.....	67
VII. RECOMENDACIONES.....	68
VIII. ABSTRACT	69
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXO	77
Anexo 1. Mapa de ubicación.....	80
Anexo 2. Panel fotográfico.....	81
Anexo 3. Datos registrados.....	85
Anexo 4. Resultados de análisis físico –químico	90
Anexo 5. Informe meteorológico.	92

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Coordenadas de parcela de investigación.	20
2. Esquema del análisis de varianza (ANVA).....	28
3. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la germinación de sus semillas.	33
4. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la cobertura.	35
5. ANVA para la longitud radicular de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.	38
6. ANVA para la variación de pH en suelos degradados luego de sembrar leguminosas y utilizar enmiendas.	40
7. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la variación del pH.	41
8. ANVA para la variación de la materia orgánica en suelos degradados luego de sembrar leguminosas y utilizar enmiendas.....	44
9. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la variación de la materia orgánica.	45
10. ANVA para la variación del nitrógeno en suelos degradados luego de sembrar leguminosas y utilizar enmiendas.	47

11. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la variación del nitrógeno.	48
12. ANVA para la variación del fósforo en suelos degradados luego de sembrar leguminosas y utilizar enmiendas.	51
13. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la variación del fósforo.	52
14. ANVA para la variación del potasio en suelos degradados luego de sembrar leguminosas y utilizar enmiendas.	54
15. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la variación del potasio.	55
16. ANVA para la materia verde de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.	58
17. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la producción de materia verde.....	59
18. ANVA para la biomasa de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.....	61
19. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la materia seca.....	62
20. Matriz de datos.....	85
21. Resultados de análisis de suelos (inicio y final)	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diseño de distribución de tratamientos.	27
2. Germinación de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.	32
3. Atura de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.....	34
4. Cobertura de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.	36
5. Longitud radicular de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.....	37
6 . Variación del pH usando leguminosas y enmiendas en suelos degradados.	39
7. Variación de la materia orgánica usando leguminosas y enmiendas en suelos degradados.....	43
8. Variación del nitrógeno usando leguminosas y enmiendas en suelos degradados.	46
9. Variación del fósforo usando leguminosas y enmiendas en suelos degradados.	50
10. Variación del potasio usando leguminosas y enmiendas en suelos degradados.	53

11. Materia verde de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.	57
12. Materia seca de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.	60
13. Terreno antes de investigación.	81
14. Terreno cultivado y sin malezas.	81
15. Parcela de investigación a los 90 días.	82
16. Medición de altura de <i>Centrosema macrocarpum</i>	82
17. Medición de longitud de raíz de <i>Canavalia ensiformes</i>	83
18. Corte de leguminosas para su posterior medición de biomasa.	83
19. Medición de biomasa de <i>Pueraria phaseoloides</i>	84

RESUMEN

Mediante un análisis del suelo, se determinó que el suelo presenta niveles de pH fuertemente ácido, bajo en M.O, N, P y K, con la finalidad de incrementar los nutrientes disponibles en el suelo, se planteó el objetivo de evaluar tres especies de leguminosas *Canavalia ensiformes*, *Centrosema macrocarpum*, *Pueraria phaseoloides* para la recuperación de suelos degradados.

Mediante un diseño de bloques completamente al azar con 09 tratamientos (entre leguminosas y enmiendas) con 3 repeticiones, se sometió a los tratamientos, a un análisis de varianza y con la prueba de Duncan a una comparación de medias para determinar el mejor resultado en porcentaje de germinación, altura, porcentaje de cobertura y longitud radicular, asimismo que tratamiento es más beneficioso en el aporte de nutrientes y la mayor producción de materia verde y materia seca en los tratamientos.

Obteniendo que, la *Canavalia* obtuvo mejor resultado en porcentaje de germinación 100%, mientras que la *Canavalia* y compost fue la mejor combinación, obteniendo resultados en altura de 110.3 cm, porcentaje de cobertura 97.67 % y longitud radicular 29 cm. Asimismo, la *Canavalia* y el compost, es la combinación que más incremento el nivel de pH (de 4.88 a 5.80) y K (98 a 153 ppm), mientras que el *Centrosema* con dolomita aumentó el N (de 0.08 a 0.21%) y el *Centrosema* con compost aumentó el nivel de P (de 5.21 a 10.21 ppm).

La Canavalia obtuvo mejores resultados en la producción de materia verde obteniendo una media de 10.20 kg y materia seca 3113.60 g.

Palabras clave: *Canavalia ensiformes*, *Centrosema macrocarpum*, *Pueraria phaseoloides*, compost, dolomita, suelos degradados.

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es un sistema dinámico y complejo que sirve de soporte y fuente de nutrientes para las plantas. (FAO, 2015) es así que la degradación del suelo es considerada como la pérdida de equilibrio en las propiedades físicas y químicas del suelo, siendo el mayor problema que limita la producción agrícola en el suelo. Según SALTON y MIELNICZUCK (1995), los cultivos de cobertura pueden aumentar los rendimientos de los cultivos comerciales a través de la fijación de nutrientes.

Tal es así, que el área de investigación, se encontró en completo estado de abandono, con especies vegetales indicadores de un suelo degradado, asimismo, a través de un análisis físico – químico del suelo, se encontró al suelo con niveles bajos de nutrientes y con un suelo con pH fuertemente ácido, corroborando así el estado de degradación del suelo de la parcela de investigación.

Con el propósito de contribuir en la recuperación del suelo degradado, se plantea la incorporación de enmiendas (compost y dolomita) al suelo degradado y se propuso la siembra de leguminosas (*Canavalia ensiformes*, *Centrosema macrocarpum*, *Pueraria phaseoloides*) pretendiendo intensificar la mineralización e incrementar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Frente a la propuesta de recuperación de un suelo degradado surge la siguiente interrogante, ¿cuál de las combinaciones entre las

leguminosas *Canavalia ensiformes*, *Centrosema macrocarpum*, *Pueraria phaseoloides* y las enmiendas aporta mayor cantidad de nutrientes en el suelo degradado en el distrito de Luyando? y como hipótesis. Ha: “*Pueraria phaseoloide* (kudzu) con la enmienda dolomita es la combinación que aporta mayor cantidad de nutrientes para mejorar la fertilidad del suelo”. Ho: “*Pueraria phaseoloide* (kudzu) con la enmienda dolomita en la combinación que no aporta mayor cantidad de nutrientes para mejorar la fertilidad del suelo”.

Los resultados servirán para mejorar la producción agrícola de suelos degradados. Ante lo expuesto, se plantean los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

Evaluar tres especies de leguminosas *Canavalia ensiformes*, *Centrosema macrocarpum*, *Pueraria phaseoloides* para la recuperación de suelos degradados en el distrito de Luyando.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de germinación, altura, porcentaje de cobertura y longitud radicular de las especies de leguminosas.
- Determinar que leguminosas con enmienda, aporta más nutrientes para la recuperación del suelo degradado.
- Determinar la producción de materia verde y materia seca durante el tiempo determinado de crecimiento de las especies de leguminosa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Suelos degradados

SANCHEZ (1992) señala que la degradación comienza generalmente como consecuencia de la eliminación de la cubierta vegetal, como una acción de origen antrópico. Una vez iniciada, hay diversos procesos que intervienen con posterioridad: erosión, salinización, contaminación, degradación física, degradación química y degradación biológica. El que actúe uno u otro y la intensidad relativa de cada uno, depende de los factores ambientales. De forma análoga a lo que ocurre durante su formación. La degradación de los suelos es, en su más amplio sentido, uno de los principales problemas con que se enfrenta el mundo en este momento.

CARTES (2013) menciona que la degradación del suelo no es otra cosa que la reducción de la capacidad del suelo para mantener una productividad sostenida, su capacidad para recuperar rápidamente los niveles anteriores de producción o para retomar la tendencia de una productividad en aumento después de un período adverso a causa de sequías, inundaciones o abandono, mal manejo humano, entre otros factores. La degradación no solo depende de la intervención del hombre, sino al clima y de la naturaleza de los suelos (PLA, 1990).

Se puede entender que la degradación de un suelo es la pérdida del equilibrio en sus propiedades físicas y químicas, lo que limita su productividad. La pérdida de nutrientes en el suelo, se puede dar por factores climáticos y como también producto de acciones inadecuadas, logrando la pérdida de capacidad de la productiva del suelo.

2.1.1. Acidez del suelo

La acidez del suelo está relacionada con el contenido de aluminio cambiante en los suelos inorgánicos, mientras que en los suelos orgánicos se encuentra relacionado con la liberación de iones de hidronio por parte de los grupos funcionales de la materia orgánica, siendo una acidez del tipo no cambiante sino potencial. Los suelos de las regiones húmedas son muy ácidos (pH menor que 5) y el crecimiento del cultivo es limitado por toxicidades de aluminio, manganeso o de ambos. El catión intercambiable más importante es el aluminio (LEÓN, 1971).

BERNIER (2000) afirma que 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. La aplicación e incorporación del calcáreo deberán ser realizadas con antelación mínima de dos a tres meses, tiempo suficiente para que el correctivo a través del contacto con las partículas del suelo reaccione sobre la acidez del mismo.

COLEMAN y KAMPRATH (1958) mencionan que la práctica del encalado se utiliza básicamente para neutralizar el Al, H y Mn intercambiables y para suplir calcio y magnesio al suelo. El encalado disminuye el porcentaje de saturación con aluminio y aumenta la saturación con bases, lo que ocasiona un incremento del pH del suelo.

La acidez presente en el suelo corresponde a la concentración de iones hidronio en disolución, extraída de la mezcla de suelo y agua o del suelo y una disolución extractora. El nivel de acidificación se ha incrementado, por varios factores:

- Pérdida de la capa arable por erosión.
- Extracción de nutrientes en sistemas de cultivo intensivo.
- Efecto residual ácido de fertilizantes nitrogenados amoniacales.
- Manejo inadecuado del encalado.
- Deforestación y habilitación para el cultivo de suelos ácidos.
- Escaso uso de técnicas de diagnóstico de la fertilidad de los suelos

2.1.2. Plantas indicadoras de suelos

2.1.2.1. Ácidos Rabo de zorro (*Andropogon bicornis* L)

Es una maleza perenne, es de una variedad de gramínea crece en tierra ácida, es fibrosa, el tallo es erecto semileñoso al madurar y de 75 a 150 cm. de altura, las hojas son lineales lanceolados, la inflorescencia es un racimo

grande y plumoso, se propaga por semilla, es un pasto anual, la raíz es fibrosa y el tallo es abundante, con márgenes ásperas (MUÑOZ, 1996)

2.1.2.2. Cortadera (*Paspalum millegrana*)

LUGO y MÁS (2013) mencionan que es una gramínea de crecimiento erecto que forma cepas frondosas y vigorosas. Alcanza 1.60 m de altura. Sus hojas miden 2.54 cm de ancho y hasta 60 cm 36 de largo, color verde oscuro, con los márgenes filosos. La base de las hojas es color púrpura. La inflorescencia, panoja con 12-25 racimos rígidos, y sus espiguillas son color verde a púrpura.

La hierba cortadera se propaga por semillas y de pedazos de la macolla, la inflorescencia consiste de unos 10 a 16 racimos semejantes a una panoja con espiguillas color púrpura. Esta especie vegetal habita en suelos húmedos o sujetos a inundaciones o encharcamiento, pasturas y tierras agrícolas y tierras húmedas abandonadas y su raíz es fasciculada (LUGO y MÁS, 2013)

2.1.2.3. Clidemia (*Clidemia hirta*)

Es un arbusto perenne, crece entre 0,5 y 2 metros de altura, dependiendo de su hábitat, sus hojas ovadas a oblongo-ovadas, de 5 a 16 cm de largo y 3,2 a 8 cm de ancho. Inflorescencia ramificada de 2 a 3 cm de largo, flores con pétalos blancos oblongos a obovado-oblongos de 8 a 10 mm de largo y 3 a 5 mm de ancho.. Es una especie de planta invasora en

muchas regiones tropicales del mundo, y ocasiona graves daños (DOMINGUEZ, 2013).

2.2. Nutrientes disponibles en el suelo

ORREGO (2006) describe que los terrenos empleados para la agricultura demandan de complementos nutritivos que enriquecen el suelo.

La carencia de uno o más de los nutrientes requeridos por la planta para su desarrollo normal, se manifiesta a través de la aparición de síntomas específicos en los cultivos. La naturaleza y su magnitud de la disponibilidad o deficiencia de los nutrientes, puede determinarse por medio de los análisis de suelos y de los tejidos vegetales (GRAETZ, 2004).

2.2.1. Reacción del suelo (pH)

La reacción del suelo (pH) es un índice de la acidez, neutralidad o alcalinidad del suelo. Se representa mediante el logaritmo negativo de la concentración de H^+ expresada en moles por litro. El pH genera una escala numérica que va desde el 0 al 14. Cuando en una solución predominan los cationes de H^+ sobre los aniones OH^- , se dice que es ácida, es básica cuando predominan los OH^- y es neutra cuando se encuentran en concentraciones iguales (MARTINEZ, 2003).

ZAVALETA (1992) menciona que los iones como el Na^+ , K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} , tiene baja afinidad de adsorción por tener iones monovalentes, que en comparación con el Al^{+++} , Fe^{+++} y Mn^{++} que son iones trivalentes y divalentes,

que tienen una fuerte adsorción, ellos reaccionan con el agua formando hidróxidos y liberando la concentración de H^+ para incrementar la acidez.

ALDANA y SUNIAGA (2005) mencionan que hay mejoras en la estructura y en las propiedades químicas del suelo por la acción de las leguminosas. Mejoras como el pH, la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de nutrientes que aumentan la productividad, además de mejoras de la fertilidad del suelo con el uso de especies fijadoras de nitrógeno atmosférico.

2.2.2. La materia orgánica

Brack (1992), citado por VARGAS (1997), indica que los suelos de la selva mantienen su fertilidad, mientras exista un suelo vegetal que los alimente con materia orgánica. Asimismo, manifiesta que la deforestación produce una interrupción del ciclo de nutrientes, perdiendo su capacidad de autoalimentarse.

La materia orgánica del suelo es fundamental para mantener la estructura del suelo, retener el agua necesaria, presencia de organismos y actuar como reserva nutritiva (CHEN, 2000).

WADSWORTH (2000) indica que el contenido de nutrimentos y la capacidad de intercambio de la mayoría de suelos tropicales, se da principalmente en el complejo orgánico constituido por 20 cm superior del suelo mineral. Una disminución del 1% en el contenido de materia orgánica del horizonte superficial (0 - 20 cm) representa una pérdida de 1100 Kg de N y 110 Kg de P por hectárea.

2.2.3. El nitrógeno del suelo

Según FASSBENDER Y BORNEMISZA (1987), las formas asimilables de nitrógeno por las plantas son la nítrica y la amoniacal. La mayor reserva de nitrógeno se encuentra en la atmósfera. Este contenido atmosférico se aprovecha en parte a través de los procesos microbianos como la fijación de nitrógeno.

En forma de amonio NH_4^+ es más retenido en suelos alcalinos mientras que en forma de nitrato NO_3^- y nitrito NO_2^- tienen alta movilidad y se vuelven difícilmente intercambiables. Este elemento puede perderse del sistema por procesos físicos de lixiviación, escorrentía, erosión, volatilización, desnitrificación y por la quema de residuos (GONZALO, 1987).

Según FASSBENDER Y BORNEMISZA (1987), además de los factores propios de la simbiosis de la bacteria y de su planta hospedera, existen otros que influyen sobre la fijación de nitrógeno; entre ellos el pH y los nutrientes; la temperatura, el régimen hídrico y la aireación.

2.2.4. El fósforo del suelo

Suele ser el segundo elemento más limitante para la producción, se obtiene de fuente mineral y es fundamental para el crecimiento de las plantas. El ión fosfato en sus diferentes formas (H_2PO_4^- ó HPO_4^{2-} ó PO_4^{3-}) es la única forma asimilable para la planta; existe en bajas cantidades en disolución en los suelos ácidos debido a que a pH inferior a 6,5 es retenido por la atracción que

tiene con los iones Al_{3+} y Fe_{2+} . Sin embargo, el P no se lixivia fácilmente (GONZALO, 1987).

Según FASSBENDER Y BORNEMISZA (1987), todos los fosfatos son derivados del ácido fosfórico (H_3PO_4) y se encuentra en dos formas generales: orgánicos e inorgánicos; el fósforo orgánico se encuentra como: fosfolípidos, ácidos nucleicos y fosfato de inositol; el fósforo inorgánico se encuentra principalmente como fosfatos de Ca, Al, Fe, y Mn predominando en suelos ácidos; estos suelos además de ser normalmente pobres en fósforo, tienden a retener o fijar este elemento en formas no solubles, difícilmente asimilables por las plantas.

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

El fósforo desempeña un papel importante en la fotosíntesis y la respiración, en el almacenamiento y transferencia de energía, en la división y crecimiento celular y otros procesos que se llevan a cabo en la planta. Además, promueve la rápida formación y crecimiento de las raíces. Es importante mencionar que, si el aluminio se une al fósforo, las plantas no pueden absorberlo. El suelo no necesita mucho fósforo para satisfacer la demanda de las plantas, pero sí necesitan de él las leguminosas, para producir las enzimas que le permita absorber nitrógeno del aire.

2.2.5. El 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. Además, la deficiencia de potasio aumenta la vulnerabilidad del cultivo a enfermedades y lo hace menos resistente a condiciones de "stress" tales como sequías, heladas etc. (GOMERO, 1999).

2.3. Cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura pueden reemplazar parcial o totalmente a la fertilización química, ya sea por la fijación de N por parte de las leguminosas, como por la reducción de la pérdida de nutrientes por lixiviación cuando se utilizan gramíneas que los acumulan en su biomasa para liberarlos luego, lentamente, e inhibir el crecimiento y desarrollo de malezas (DERPSCH et al., 1991; AITA et al., 2001).

SALTON y MIELNICZUCK (1995) indican que además del reemplazo del N y la fijación de nutrientes, los cultivos de cobertura pueden aumentar los rendimientos de los cultivos comerciales, manteniendo la

humedad del suelo, la disminución de las temperaturas máximas y amplitud térmica, como el reciclaje de nutrientes como el fósforo y potasio.

POUND (1998) menciona que los cultivos de cobertura más comúnmente usados en plantaciones tropicales y subtropicales son *Pueraria phaseoloides* (kudzu tropical), el cual se establece lentamente alcanzando una cobertura total del suelo después de 10 meses y deberán mantenerse los troncos de los árboles libres de esta leguminosa), *Desmodium ovalifolium* (el cual es tolerante a la sombra), *Arachis pintoi*, *Calapogonium muconoides*, *Mucuna pruriens*, *Centrosema macrocarpum* y *Canavalia ensiformis*.

Las funciones y papeles de los cultivos de cobertura se le pueden atribuir varias funciones:

- Reducir costos; reducir la necesidad de insumos externos como fertilizantes, herbicidas, alimentos para animales, así como reducción de la mano de obra para el desmalezado.
- Generar ingresos; ventas de semillas y follaje.
- Incrementar productividad; disminuir periodo de cultivo, incrementar fertilidad del suelo, reducir competencia de malezas, producción de alimentos para animales y producción para la alimentación humana.
- Reducir la degradación de recursos naturales; reducir residuos de agroquímicos, reducir pérdida del suelo por erosión, mejorar la infiltración del agua reduciendo inundaciones y sedimentación,

reducir deforestación y la pérdida de biodiversidad (PUERTAS et al., 2008).

2.4. Especies de cultivos de cobertura

2.4.1. *Canavalia ensiformes*

Canavalia es una planta leguminosa erecta en forma de enredadera, puede ser anual o perenne. Tiene un ciclo de cultivo de 170 - 240 días, su germinación es rápida entre 2 a 3 días llegando a una altura de 60 a 130 cm. Es una planta de crecimiento rápido con alta producción de forraje y granos con un buen contenido proteico (MORA et al., 1982).

La canavalia o frijol espada se adapta bien a temperaturas que van desde los 15 – 30 °C, con precipitaciones de 640 - 4200 mm/año. Crece en los rangos de altitud de 0 - 1800 msnm, es tolerante a sequías y a sombra; pero muy poco a inundaciones, su sistema radicular presenta alta capacidad de reciclaje de nutrientes. Se desarrolla bien en suelos pobres y con poco contenido de fósforo y se adapta a suelos salinos. El pH es de 4.3 – 8.0; y se adapta a suelos de textura arenoso – franca a arcillosa (ULRIKE, 1997).

En este sentido, se ha señalado que el gran tamaño de la semilla (1 a 1,5 g) y su alta germinación (>90%) generan plantas vigorosas por lo que presenta un rápido y fácil establecimiento (ESCOBAR et al., 1984).

Es considerada la mejor leguminosa para enfrentar frecuentes sequías en una región dada, esta especie es sumamente resistente a períodos

secos y a la tierra deteriorada, produce alrededor de 60 t ha⁻¹ de biomasa, fija hasta 240 kg ha⁻¹ de nitrógeno (RUBIDO, 2014)

Es una leguminosa de altos rendimientos en grano y forraje, constituye una de las especies más utilizada como cultivo de cobertura (PUERTAS et al., 2008), y abonos verdes (CRESPO et al., 2011).

2.4.2. *Centrosema macrocarpum*

SKERMAN et al. (1988) indica que es una hierba vigorosa, rastrera, voluble y trepadora; en rodales puros forma una cubierta compacta y densa de 40 a 45 cm de alto a los cuatro u ocho meses de la siembra. Esta especie es nativa de Sudamérica tropical, prefiere los trópicos húmedos con una precipitación que exceda de 1750 mm o con riego, pero crece en zonas que reciben 750 mm o más. En los suelos pobres responde al fósforo y al molibdeno y algunas veces al magnesio.

El *Centrosema macrocarpum*; se adapta a suelos de baja a mediana fertilidad, alta acidez, desde francos a franco arcillosos, no tolera exceso de humedad y soporta periodos de hasta 5 meses de sequía. La producción de materia seca alcanza los 3 t/ha al año con contenidos de proteína hasta del 25% (AREVALO Y SONCCO, 2002).

PUERTAS (2009) menciona que esta especie crece en el trópico húmedo hasta los 1650 m de altitud, con una precipitación anual que varía desde 1000 a 2000 mm, para su óptimo crecimiento requiere rasgos de temperatura que oscilan entre 20 a 30 grados centígrados, se desarrolla bien

en un amplio rango de suelos que van desde franco arenosos a arcillosos, crece en suelos de mediana fertilidad, es tolerante a la acidez y alta saturación de aluminio, rangos de pH: 4.5 a 8.0, la fijación de nitrógeno atmosférico es adversamente afectado por toxicidad de Al y Mn. Aplicaciones de P y K en suelos con baja disponibilidad de éstos nutrientes puede mejorar el desarrollo y rendimiento de éste cultivo.

2.4.3. *Pueraria phaseoloides*

WADE Y SANCHEZ (1983) mencionan que es una leguminosa rastrera de ciclo perenne. Presenta moderada tolerancia a sequías no muy prolongadas y heladas leves. Soporta el sombreamiento y encharcamiento. 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. En la Amazonía peruana el kudzu no solo fija nitrógeno, sino también aumenta el fósforo, potasio, magnesio y calcio en el suelo, por tanto, la recuperación de la fertilidad del suelo en un barbecho con kudzu se hace en menos tiempo. Así mismo señala que posee lento establecimiento y baja resistencia al pastoreo continuo. Se adapta bien a suelos ácidos con pH menores de 4.5 de textura arcillosa, se cultiva asociada con gramíneas.

Sobre la producción de materia seca señala que oscila entre 5 y 6 t ha⁻¹ año⁻¹ y bajo corte puede superar las 10 t ha⁻¹ año⁻¹. El contenido de proteína el forraje oscila entre 15 y 23%. La persistencia de la especie depende del manejo y la gramínea acompañante (PÉREZ, 2005).

2.5. Germinación de semillas de leguminosas

La germinación es un proceso que consiste en la absorción de agua, la reactivación del metabolismo y la iniciación del crecimiento del embrión de una semilla (BIDWELL, 1990).

2.6. Escarificación de semillas de leguminosas

La escarificación forma parte de la metodología tradicional agrícola para incrementar y acelerar la germinación de las semillas frescas de leguminosas que tienen latencia exógena por impermeabilidad al agua de las cubiertas seminales (Nikolaeva, 1982 citado por SÁNCHEZ et al., 2002).

Algunos tipos de tratamientos son mecánicos como frotar la semilla con lija hasta observar un adelgazamiento o fractura de la testa, cortar una porción de la testa con una navaja, perforar la testa con aguja, colocar las semillas en agua hirviendo por diferentes periodos (desde 10 segundos hasta 60 minutos), colocar las semillas en ácido sulfúrico, y embeber las semillas en agua hasta 24 horas. (GODÍNEZ-ÁLVAREZ y FLORES-MARTÍNEZ, 2000).

2.7. Importancia de las enmiendas en suelos degradados

VALERIO; CASAS (1997) y RODRIGUEZ et al. (1993) señalan que las enmiendas tienen como propósito corregir la acidez del suelo y sus efectos negativos sobre el crecimiento de las plantas, mejorar las propiedades físicas del suelo, en las propiedades químicas aumenta los iones oxhidrilo y baja los iones de hidrogeno en la solución suelo; disminuye la toxicidad del aluminio

(Al), hierro(Fe) y manganeso (Mn), regula la disponibilidad del fósforo (P) y molibdeno (Mo), incrementando la disponibilidad de calcio (Ca) y magnesio (Mg) elevando el porcentaje de saturación de base.

2.7.1. Compost

Desde el punto de vista microbiológico, el compost se define como la degradación microbiana de la materia orgánica que implica una respiración aeróbica, pasando por un estado termofílico y que crea un producto final - estable. A medida que cada tipo de microorganismo ataca y digiere el material, empieza un cambio químico. Los productos liberados por la actividad de un grupo están a la vez bajo la acción de otro grupo, transformando el material hacia un estado de descomposición (Parr, 1978; citado por THIENHAUS, 1988).

El compost es el producto de la mezcla de restos orgánicos con el objeto de que sufran la descomposición microbiana mediante la fermentación, su composición varía entre límites muy amplios (SIMPSON, 1991).

2.7.2. Dolomita

RODRIGUEZ (1993) indica que 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 contiene 21.6 % de calcio (Ca) y 13.1% de magnesio

(Mg). El contenido mínimo de magnesio que contiene un material para que se catalogue como dolomita es de 7 % de magnesio (Mg) ó 12% de óxido de magnesio. Algunos productos combinan la dolomita con el yeso mediante mezcla mecánica, mejorando su potencial agronómico.

La dolomita es un material encalante que neutraliza la acidez del suelo (por cada mol de dolomita se neutralizan 4 moles de H⁺) por medio del anión carbonato (CO₃⁻²); y a su vez aporta Mg⁺² y Ca⁺², a comparación de la cal una mol de CaCO₃, consume 2 moles de H⁺ que tan solo aporta Ca⁺² (ZAPATA, 2004).

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

2.8. Trabajos de investigación relacionados a recuperación de suelos degradados con especies de leguminosas

La investigación llevada a cabo en Guayaquil - Ecuador por BORJA (2015) muestra, una de las ventajas de Canavalia sobre Pueraria fue la rápida germinación de las semillas, las mismas que aparecieron al tercer día, lo contrario de Pueraria que tardo entre 13 y 16 días.

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+} .

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona de estudio

3.1.1. Lugar de ejecución

El lugar de investigación se encuentra en el caserío Sausal en el km 6 de Tingo María a Aucayacu, en el distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente el área de investigación, se localiza con coordenadas UTM 392575 este y 8978600 norte, y una altitud de 765 m.s.n.m. en Datum WGS 1984, zona 18.

Cuadro 1. Coordenadas de parcela de investigación.

Coordenadas			
	Este	Norte	Altitud (m.s.n.m.)
Km 6 – sector Sausal	392575	8978600	765

3.1.3. Zona de vida

HOLDRIDGE (1986), establece en su diagrama bioclimático que ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zonas de vida; la provincia de

Leoncio Prado se encuentra con formaciones vegetales de bosque muy húmedo premontano tropical (bmh – PT) y de acuerdo a las regiones naturales del Perú, se encuentra en la selva alta o Rupa Rupa (PULGAR, 1987).

3.1.4. Clima

Las mayores precipitaciones se produjeron en los meses de enero y marzo. Con una humedad relativa de 84.5%, de temperatura máxima de 30.5 °C, mínima 21.05 °C, y media de 25.53 °C (Gabinete de Meteorología y Climatología - UNAS, 2019).

3.1.5. Vegetación

El terreno fue un ex cocal erradicado y con ningún cultivo agrícola, en total estado de abandono. Se encontró especies como rabo de zorro (*Andropogon bicornis* L), cortadera (*Paspalum millegrana*) y clidemia (*Clidemia hirta*) que son indicadores de suelos degradados.

3.1.6. Suelo

El área de la investigación, presenta una topografía semi – plana, presentando suelo con textura franco arcilloso limoso, pH fuertemente ácido, niveles bajo de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio.

3.1.7. Accesibilidad

Para acceder al área de investigación, nos ubicamos en el grifo Primax aproximadamente en el km 6 de la carretera de Tingo María – Aucayacu, frente del grifo existe una trocha, que caminando unos 30 minutos

nos lleva al área de investigación perteneciente al Sr. Faustino Duran en el caserío Sausal en el distrito de Luyando.

3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental.

3.3. Materiales y equipos

3.3.1. Materiales de campo

- Alimento
- Bolsas
- Impermeable
- Machete
- Pala

3.3.2. Materiales de laboratorio

- Aza colle
- Pipetas
- Placa petri
- Probeta
- Tubos de ensayo

3.3.3. Equipos de campo

- Cámara digital
- GPS

3.3.4. Equipos de laboratorio

- Balanza de precisión
- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Estufa
- pH metro

3.3.5. Semillas

- *Canavalia ensiformes*
- *Centrosema macrocarpum*
- *Pueraria phaseoloides*

3.3.6. Enmiendas

- Compost
- Dolomita

3.4. Reconocimiento de la zona de estudio

Se coordinó con el Sr. Faustino Duran Vega, dueño del predio, para el reconocimiento del área de estudio, permitiéndome realizar la investigación y también previa coordinación con los vecinos del lugar, se procedió a recopilar información disponible de la zona.

3.4.1. Muestreo del suelo

En el muestreo inicial del suelo, empleando una pala recta en cada punto determinado se tomó muestras en forma de zeta formando una sola muestra compuesta de 1 kg de suelo, a una profundidad de 20 cm. Posterior, a los 90 días, de la misma forma se tomaron 27 muestras compuestas (01 muestra por cada sub parcela).

Todas las muestras se colocaron en bolsas plásticas y rotuladas, los cuales fueron llevadas al laboratorio de análisis de Suelos LASA TINGO MARIA, para su respectivo análisis físico – químico. (Anexo 4)

3.5. Instalación de la parcela de investigación

El establecimiento de la parcela de investigación inicio el 12 de enero del 2019, primero se identificó la vegetación existente en el lugar como cola de zorro (*Ceratophyllum demersum*), cortadera (*Paspalum millegrana*) y clidemia (*Clidemia hirta*), luego se pasó a delimitar y a cercar con palos y rafia el área de estudio, 39 metros de largo y 12 metros de ancho. Luego se procedió al desmalezamiento del área de estudio y a tomar 01 muestra compuesta del suelo para su respectivo análisis físico - químico. Seguidamente

se delimitó las subparcelas (3m x 3m) y las calles (1.5 m x 1.5 m). Posterior, con procedio a remover el suelo haciendo hoyos de 10 cm de profundidad, se procedió a aplicar las enmiendas mezclándolo con el suelo removido. Por último, se sembró las semillas con densidad de siembra en *Canavalia ensiformes* será de (50 x 50 cm) 4 semillas por golpe, en *Centrosema macrocarpum* (50 x 50 centímetros) con 4 semillas por golpe y en *Pueraria phaseoloides* (50 x 50 centímetros) con 4 semillas por golpe respectivamente.

3.5.1. Variables independientes

3.5.1.1 Especies de leguminosas

- *Canavalia ensiformes*
- *Centrosema macrocarpum*
- *Pueraria phaseoloides*

3.5.1.2 Enmiendas

- Compost
- Dolomita

3.6. Tratamientos entre leguminosas – enmiendas

Los tratamientos dentro del trabajo experimental se hicieron al azar con 03 repeticiones (bloques) en función a la interacción entre las leguminosas (*Canavalia ensiformes*, *Centrosema macrocarpum*, *Pueraria phaseoloides*), con

las enmiendas (dolomita y compost), teniendo en cuenta el control (sin enmienda). Los nueve tratamientos distribuidos se esquematizan de la siguiente manera:

A1 L1= Canavalia

L1C= Canavalia + compost (a1b1)

L1D= Canavalia + dolomita (a1b2)

L1B= Canavalia + control (a1b3)

A2 L2= Centrosema

L2C= Centrosema + compost (a2b1)

L2D= Centrosema + dolomita (a2b2)

L2B= Centrosema + control (a2b3)

A3 L3= Pueraria

L3C= Pueraria + compost (a3b1)

L3D= Pueraria + dolomita (a3b2)

L3B= Pueraria + control (a3b3)

3.7. Diseño de distribución de los tratamientos

Para la distribución de los tratamientos del trabajo experimental se realizó el diseño de bloques completamente al azar en función a la interacción entre leguminosas (*Canavalia ensiformes*, *Centrosema macrocarpum*, *Pueraria*

phaseoloides) con las enmiendas (dolomita y compost), teniendo en cuenta el control (testigo).

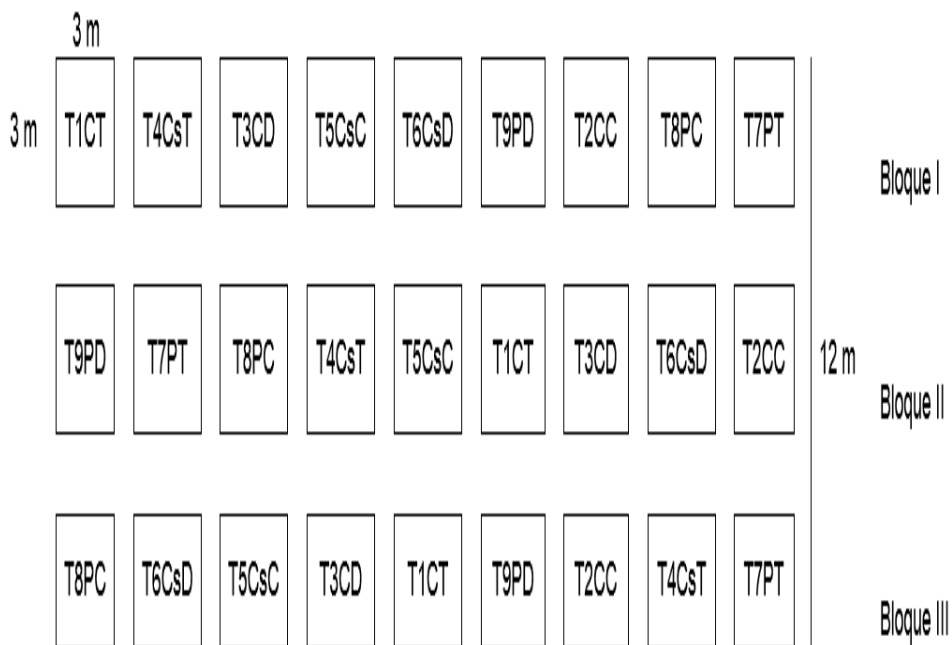


Figura 1. Diseño de distribución de tratamientos.

3.7.1. Descripción del diseño experimental

Nº de unidades experimentales: 27

Ancho de las calles (bloque a bloque): 1.5 m

Ancho entre sub parcela a sub parcela: 1.5 m

Área total experimental: 468 m²

Área neta experimental: 243 m²

Distancia entre plantas: 0.5 m, 0.5 m y 0.5 m

Número de agujeros por leguminosas: 25, 25, 25

Número de plantas por tratamiento: 100, 100, 100

3.8. Análisis estadístico

Para el análisis de las variables analizadas, se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 9 tratamientos (leguminosa x enmienda) y 3 repeticiones/tratamiento, las cuales se sometieron al análisis de variancia (ANVA) y la comparación de medias se realizó la prueba de Duncan (CALZADA, 1976).

Cuadro 2. Esquema del análisis de varianza (ANVA)

F. V	GL	SC	CM	FC
Bloques	2	SC _{bloq}	CM _{bloq}	CM _{bloq} / CM _e
Tratamiento	4	SC _{trat}	CM _{trat}	CM _{trat} / CM _e
Error aleatorio	8	SC _e	CM _e	
Total	14	SC _{total}		

3.8.1. Variables dependientes

- Altura de planta
- Composición química
- Longitud y biomasa radicular
- Obtención de materia verde y materia seca
- Porcentaje de cobertura
- Porcentaje de germinación

3.9. Determinar el porcentaje de germinación, altura, porcentaje de cobertura y longitud radicular de las especies de leguminosas.

3.9.1. Determinación del porcentaje de germinación

Las evaluaciones se dieron a los 7 y 14 días después de la siembra, se tuvo en consideración que presenten dos hojas en el brote para cada una de las leguminosas. El conteo se realizará por cada subparcela establecida (CIAT, 1982).

3.9.2. Determinación de altura de la planta

Para medir la altura de la leguminosa, se midió a una planta con altura media y para ello se utilizó una cinta métrica de 3 metros, expresando la medición en centímetros. La medición se realizó a cada subparcela de cada especie de leguminosa (CIAT, 1982).

3.9.3. Determinación de cobertura

Se realizó cada 15 días post siembra, se utilizó un bastidor de 1 m² subdivididos en 25 cuadrículas de 20 x 20 cm, se midió dándoles un valor de 1 a cada cuadrícula, sumando luego el valor obtenido y multiplicándolo por 4, obteniendo así el valor real en porcentaje (CIAT, 1982). El bastidor fue colocado dentro de cada subparcela de leguminosas evaluadas.

3.9.4. Determinación de la longitud radicular

CIAT (1982). Indica que al término del experimento; con la ayuda de una cinta métrica metálica, se midió desde el cuello de la raíz hasta el

meristemo terminal de la raíz más larga expresada en cm, se tomaron las medidas de las leguminosas que se encontraban dentro de cada subparcela (2 largos, 1 mediano y 2 pequeños) promediándolos y sacando una sola medida.

3.10. Determinar que leguminosas con enmienda aporta más nutrientes para la recuperación del suelo degradado.

Al termino del experimento (90 días), se tomó una muestra compuesta por cada sub parcela de investigación, en total fueron 27 muestras que luego fueron llevadas al laboratorio de análisis de suelos. Posterior se procedio a realizar el análisis de varianza de cada sub parcela de investigación.

3.11. Determinar la producción de materia verde, materia seca durante el tiempo determinado de crecimiento de las especies de leguminosa

3.11.1. Obtención de materia verde

Al termino del experimento (90 días), con un machete se cortó las leguminosas a una altura de 5 centímetros del suelo y se pesó toda la materia verde (Mv), luego este valor se llevó a cantidades por hectárea (CIAT, 1982).

Se determinará con la siguiente formula:

$$P = PCP \times \frac{10000}{ANCm^2}$$

Donde

P= producción de materia verde en Kg ha⁻¹

PCP= peso de campo por parcela en Kg

ANC= área neta cosechada en m²

3.11.2. Obtención de materia seca de la biomasa

Luego de las 12 semanas de investigación, se tomó submuestras de biomasa fresca (500 gramos) por cada subparcela, los cuales fueron envueltas con papel periódico, rotuladas y llevadas al laboratorio de análisis de suelos LASA TINGO MARIA, para obtener su respectivo seco constante. (Anexo 4).

El cálculo se realizó con la siguiente fórmula

$$\mathbf{MS/m^2 = \frac{PF \times ps}{pf}}$$

Donde:

MS/m²: Materia seca por metro cuadrado

PF : Peso fresco de la muestra total (m²)

ps : Peso seco de la submuestra

pf : Peso fresco de la submuestra (500 gr)

IV. RESULTADOS

4.1. Determinar el porcentaje de germinación, altura, porcentaje de cobertura y longitud radicular de las especies de leguminosas.

4.1.1. Porcentaje de germinación

Las mejores combinaciones que repercutieron sobre la germinación fueron la canavalia en los tres niveles de enmiendas 100%, siendo seguido por el uso de centrosema con compost 90.67% y el kudzu con dolomita 70.67 %.

Considerando la media de las combinaciones en el estudio, se observa que la canavalia germinaron las semillas en su totalidad, mientras que la mayor variabilidad se registró para las semillas de kudzu (Figura 2).

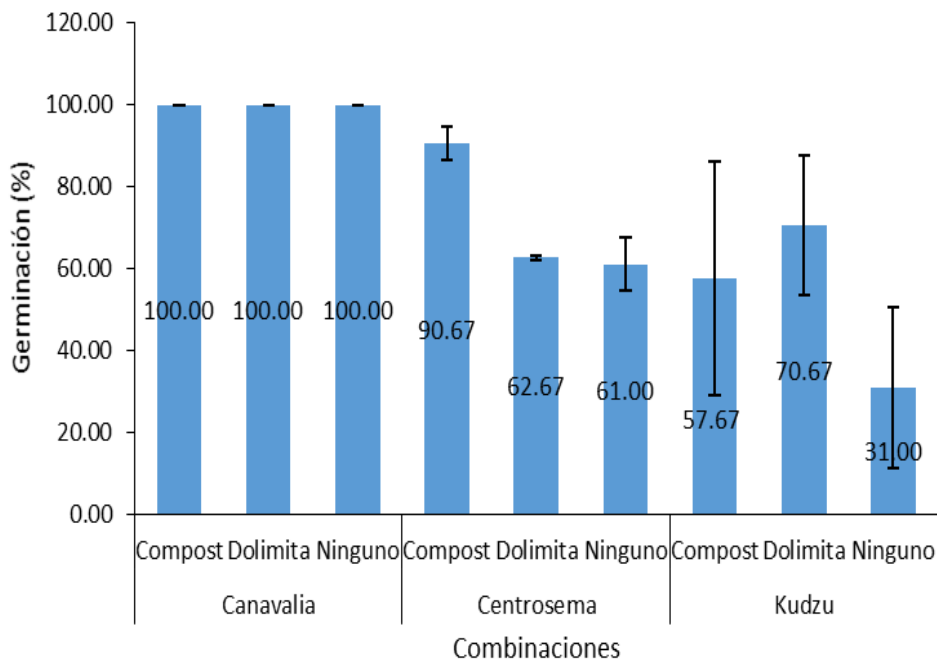


Figura 2. Germinación de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.

En caso de buscar la mejor combinación de los niveles de cada factor en estudio se realizó el análisis de la varianza para efectos simples, de la cual se obtiene que, al analizar la canavalia (a_1) sobre el uso de diferentes niveles de enmiendas no se pudo obtener un p-valor debido a que no hubo variabilidad a causa de que germinaron en todas las repeticiones fue el 100% de semillas; en caso del centrosema se tiene que al menos uno de los niveles de las enmiendas repercutieron de manera diferente en la germinación, mientras que en caso del Kudzu el uso de los diferentes niveles de las enmiendas tuvieron efectos similares sobre la germinación. Comportamientos significativos de las especies leguminosas se observó al utilizar de manera independiente cada nivel de las enmiendas (Cuadro 3).

Cuadro 3. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la germinación de sus semillas.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
a_1 (canavalia) en B	0.000	2.000	0.000	----	----
a_2 (centrosema) en B	1666.889	2.000	833.444	41.214	<0.001*
a_3 (kudzu) en B	2453.556	2.000	1226.778	2.459	0.166 ^{ns}
A en b_1 (compost)	2968.222	2.000	1484.111	5.354	0.046*
A en b_2 (Dolomita)	2318.222	2.000	1159.111	11.801	0.008*
A en b_3 (ninguno)	7182.000	2.000	3591.000	24.995	0.001*

ns: No existe significancias significativas; *: existe significancia estadística.

4.1.2. La evaluación de altura

4.1.2.1. Efecto principal

Las combinaciones en estudio respecto a la altura de las plantas establecidas en suelos degradados empleando diferentes niveles de enmiendas a los 90 días de investigación, reporta que la canavalia con compost registraron el mayor promedio (110.3 cm) con poca variabilidad entre los bloques establecidos, seguidos por establecimiento de centrosema a pesar de registrarse mayor variabilidad entre bloques al utilizar la dolomita y la combinación que obtuvo menor altura fue el kudzu sin enmienda 17.3 cm (Figura 3).

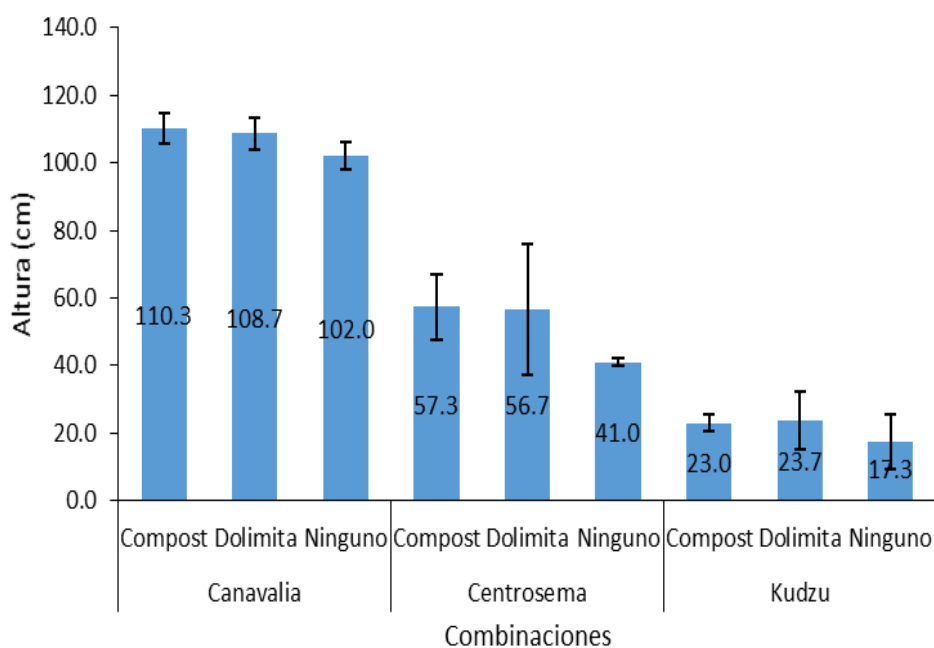


Figura 3. Atura de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.

4.1.3. Porcentaje de cobertura

Al sembrar canavalia en suelos degradados empleando enmiendas como compost, dolomita o sin ninguna enmienda presentan estadísticamente diferentes comportamientos respecto a su cobertura del suelo, mientras que en caso de sembrar la especie leguminosa centrosema no se repercute de manera significativa sobre el porcentaje de cobertura, la cual es muy similar al sembrar el kudzu en suelos degradados (Cuadro 4).

Al utilizar alguna de las enmiendas de manera independiente en la siembra de canavalia, centrosema y kudzu en suelos degradados, al menos una especie presenta diferentes grados de cobertura (Cuadro 4).

Cuadro 4. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la cobertura.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
a ₁ (canavalia) en B	1609.556	2.000	804.778	23.983	0.001*
a ₂ (centrosema) en B	590.889	2.000	295.444	2.125	0.201 ^{ns}
a ₃ (kudzu) en B	13.556	2.000	6.778	1.109	0.389 ^{ns}
A en b ₁ (compost)	7104.667	2.000	3552.333	55.028	<0.001*
A en b ₂ (Dolomita)	2577.556	2.000	1288.778	19.726	0.002*
A en b ₃ (ninguno)	3436.222	2.000	1718.111	35.223	<0.001*

ns: No existe significancias significativas; *: existe significancia estadística.

Pasado los 90 días luego de haber realizado la siembra respectiva de las leguminosas se tiene que mayor cobertura se registró en la combinación

de la especie canavalia sembrado con una porción de compost (a₁b₁) en donde la cobertura promedio fue 97.67% (Figura 4).

El uso de compost y dolomita en suelos degradados registraron promedios muy cercanos de cobertura; mientras que, promedios más bajos se reportaron al sembrar el kudzu ya sea con la aplicación de compost por alcanzar un valor de 29.00%, dolomita por registrar una media de 27.33% o en caso de ser sembradas sin ninguna enmienda donde la media respecto al porcentaje de cobertura fue nada más que 26.00% a tres meses posteriores a la siembra (Figura 4).

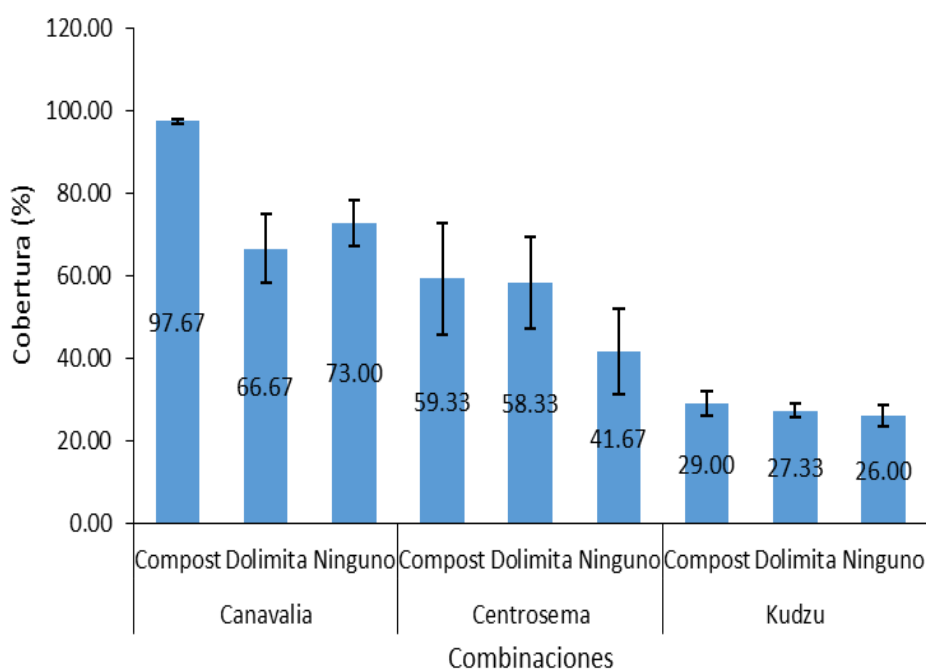


Figura 4. Cobertura de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.

4.1.4. Longitud radicular

Las combinaciones en estudio respecto a la longitud radicular de las plantas establecidas en suelos degradados empleando diferentes niveles de enmiendas reporta que a los 90 días posteriores a la siembra se tuvo que las plantas de canavalia con compost registraron 29.0 cm siendo el mayor promedio con mucha variabilidad (barras de error en base la desviación estándar) entre los bloques establecidos, dichos promedios fueron seguidos por establecimiento de centrosema con dolomita que registraron 28.33 cm además de registrarse menor variabilidad entre bloques al utilizar el compost debido a que se observa menor tamaño de las barras de error. El menor promedio de la longitud radicular se observó al utilizar el kudzu y también se observó mayor variabilidad al utilizar el compost en dichos suelos (Figura 5).

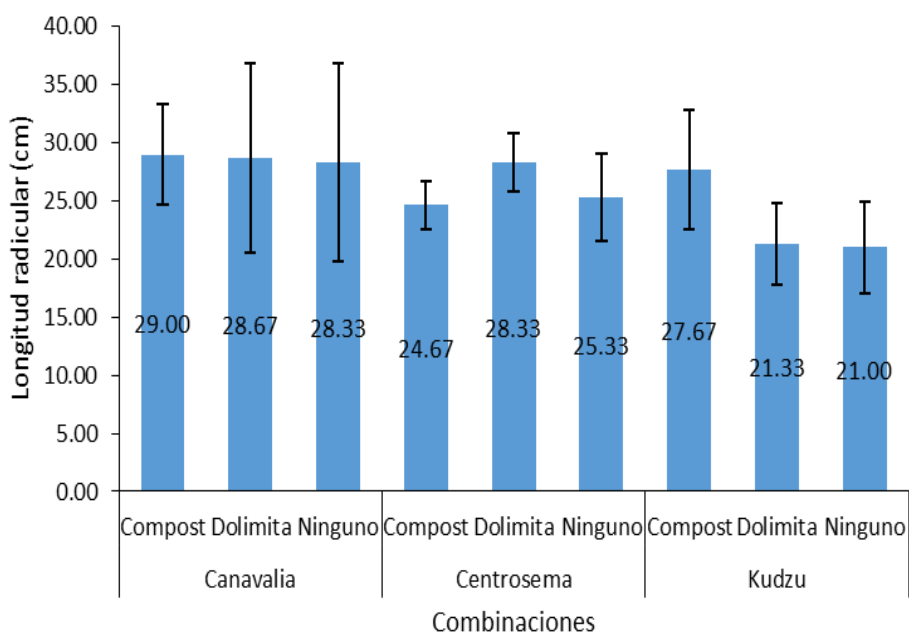


Figura 5. Longitud radicular de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.

Considerando los 90 días posteriores a la siembra de las leguminosas en suelos degradados, se registró que los bloques que se consideraron en el experimento no repercutieron de manera significativa sobre la longitud radicular de dichas leguminosas con la cual se indica que en diferentes puntos de la pendiente se comportaron de manera similar la variable mencionada; en caso de las tres especies leguminosas utilizadas, se determinó que no hubo diferencias estadísticas significativas y en caso de analizar el uso de las enmiendas en dichos suelos no se encontró diferencias estadísticas significativas sobre la longitud del sistema radicular. Además, considerando la interacción de los diferentes niveles de cada factor en estudio, se registró que no hubo diferencias estadísticas significativas; por otro lado, se encontró que los datos obtenidos en dicha variable fueron de regular dispersión (Cuadro 5).

Cuadro 5. ANVA para la longitud radicular de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Bloque	30.296	2	15.148	0.545	0.590 ^{ns}
Especie	128.074	2	64.037	2.306	0.132 ^{ns}
Enmienda	22.296	2	11.148	0.401	0.676 ^{ns}
Especie * Enmienda	85.926	4	21.481	0.773	0.558 ^{ns}
Error	444.370	16	27.773		
Total	710.963	26			

CV = 20.24%; ns: No existe significancias significativas.

4.2. Determinar que leguminosas con enmienda aporta más nutrientes para la recuperación del suelo degradado.

4.2.1. Variación del nivel de pH

En caso de las combinaciones en estudio respecto a la variación de los niveles de pH por efecto de las plantas establecidas en suelos degradados empleando diferentes niveles de enmiendas reporta que a 90 días posteriores a la siembra se registraron, que las plantas de centrosema obtuvieron los promedios más altos, dichos promedios fueron seguidos por la siembra de canavalia a pesar de registrarse mayor variabilidad entre bloques al no utilizar enmienda debido a que se observa mayor tamaño de las barras de error (Figura 6).

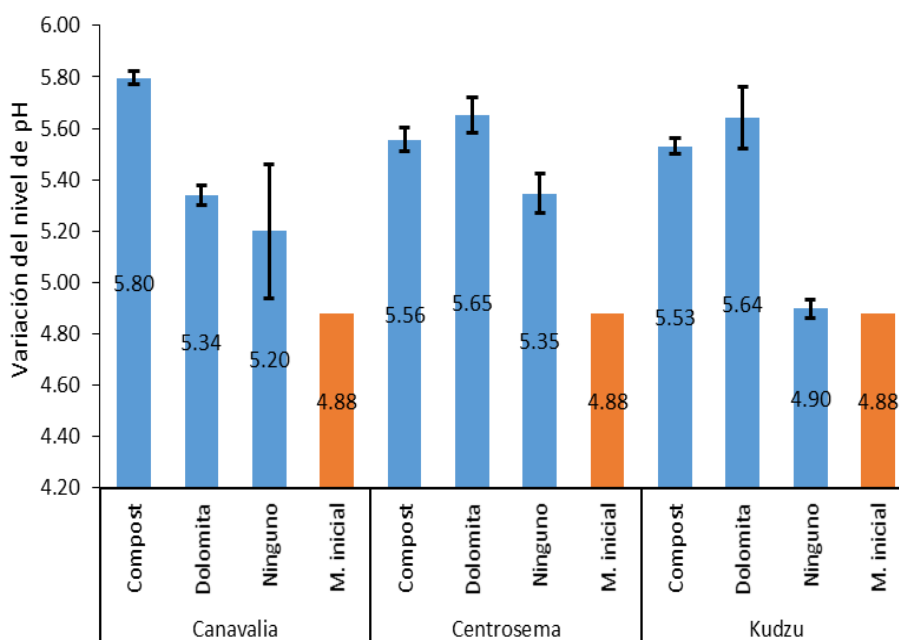


Figura 6 . Variación del pH usando leguminosas y enmiendas en suelos degradados.

Pasados los 90 días en la siembra de las leguminosas sobre suelos degradados, se registró que los bloques que se consideraron en dicho experimento no repercutieron de manera significativa sobre el nivel de pH de los suelos con la cual se indica que a diferentes puntos de la pendiente se comportaron de manera similar dicha variable; para el caso de las especies leguminosas utilizadas, se muestra que al menos una de ellas presentó mayor efecto respecto a las demás ratificando la diferencias estadísticas; en caso del uso de las enmiendas se muestra diferencias estadísticas significativas sobre las variable mencionada. Además, considerando la interacción de los diferentes niveles de cada factor en estudio, se registró que la presencia de diferencias estadísticas significativas; añadido a ello, se encontró que los datos obtenidos para la presente variable presentaron buena dispersión (Cuadro 6).

Cuadro 6. ANVA para la variación de pH en suelos degradados luego de sembrar leguminosas y utilizar enmiendas.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Bloque	0.008	2	0.004	0.339	0.717 ^{ns}
Especie	0.119	2	0.059	5.011	0.020*
Enmienda	1.182	2	0.591	49.816	<0.001*
Especie * Enmienda	0.513	4	0.128	10.805	<0.001*
Error	0.190	16	0.012		
Total	2.011	26			

CV = 19.46%; ns: No existe significancias significativas; *: existe significancia estadística.

4.2.1.1. Efecto simple

En caso de buscar la mejor combinación de los niveles de cada factor en estudio se realizó el análisis de la varianza para efectos simples, de la cual se obtiene que, al analizar la canavalia (a_1), el centrosema (a_2) y el Kudzu (a_3) de manera independiente, se tiene que al menos uno de las enmiendas utilizadas presentó efectos significativos sobre la variación del pH en el suelo degradado. Además, en caso de realizar un análisis inverso en donde se considera a los niveles de las enmiendas de manera independiente, se encuentra que al menos una de las especies leguminosas presentó efectos significativos sobre la variación del pH (Cuadro 7).

Cuadro 7. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la variación del pH.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
a_1 (canavalia) en B	0.584	2.000	0.292	12.547	0.007*
a_2 (centrosema) en B	0.145	2.000	0.072	17.286	0.003*
a_3 (kudzu) en B	0.966	2.000	0.483	87.619	<0.001*
A en b_1 (compost)	0.129	2.000	0.065	54.430	<0.001*
A en b_2 (Dolomita)	0.186	2.000	0.093	13.364	0.006*
A en b_3 (ninguno)	0.316	2.000	0.158	6.366	0.033*

*: existe significancia estadística.

El uso de diferentes especies leguminosas y la aplicación de enmiendas al establecerse en suelos degradados repercutieron de manera muy diferente sobre la variación del pH en el suelo, del cual se registra a la canavalia combinada con el compost, repercutieron sobre el mayor incremento de los niveles de pH con una media de 0.92, el cual fue superior significativamente a las demás combinaciones (Figura 6).

El uso del compost no fue favorable para todas las especies, ya que en caso del kudzu y centrosema fue favorable empleando la dolomita; además, menores promedios de incremento se registraron al sembrar el kudzu sin ninguna enmienda al registrar un valor de 0.02 a los 90 días posteriores de haberse realizado la siembra (Figura 6).

4.2.2. Variación del nivel de materia orgánica

Las combinaciones en estudio respecto a la variación del nivel de materia orgánica por efecto de las plantas establecidas en suelos degradados empleando diferentes niveles de enmiendas reporta que a los 90 días posteriores a la siembra se registraron que las plantas de centrosema obtuvieron los promedios más altos con poca variabilidad (barras de error en base la desviación estándar) entre los bloques establecidos, seguidos por el establecimiento de kudzu a pesar de registrarse mayor variabilidad entre bloques al no utilizar enmiendas debido a que se observa mayor tamaño de las barras de error. Los promedios más bajos de la respectiva variación se

observaron al utilizar el canavalia y también se observó mucha variabilidad de los datos respecto a las repeticiones (Figura 7).

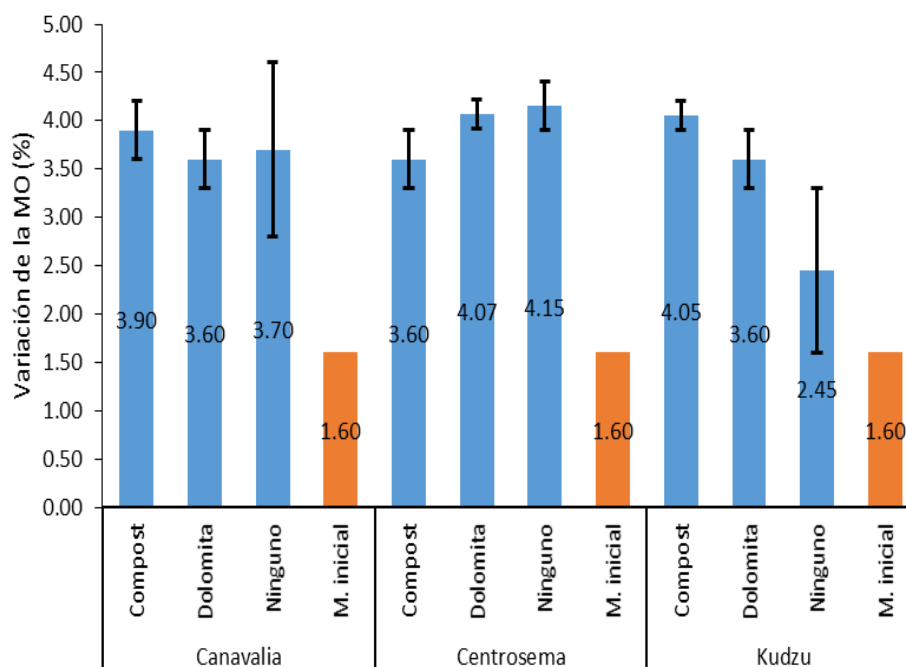


Figura 7. Variación de la materia orgánica usando leguminosas y enmiendas en suelos degradados.

Considerando los 90 días posteriores a la siembra de las leguminosas en suelos degradados, se registró que los bloques generados en el experimento repercutieron de manera significativa sobre la variación de la materia orgánica, con la cual se indica que en diferentes puntos de la pendiente se comportaron de manera diferente dicha variable; en caso de las tres especies leguminosas utilizadas, se muestra que al menos una de ellas presentó mayor efecto respecto a las demás ratificando la diferencias estadísticas; al analizar el uso de las enmiendas existe diferencias estadísticas significativas sobre el nivel de materia orgánica. Igualmente, considerando la interacción de los diferentes niveles de cada factor en estudio, se registró

diferencias estadísticas significativas; por otro lado, se encontró que los datos obtenidos presentaron regular dispersión (Cuadro 8).

Cuadro 8. ANVA para la variación de la materia orgánica en suelos degradados luego de sembrar leguminosas y utilizar enmiendas.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Bloque	1.502	2	0.751	4.809	0.023*
Especie	1.857	2	0.928	5.944	0.012*
Enmienda	3.004	2	1.502	9.614	0.002*
Especie * Enmienda	3.949	4	0.987	6.320	0.003*
Error	2.499	16	0.156		
Total	12.811	26			

CV = 20.08%; *: existe significancia estadística.

4.2.2.1. Efecto simple

En las combinaciones de los niveles de cada factor en estudio se realizó el análisis de la varianza para efectos simples, del cual, en las parcelas con canavalia (a_1) y centrosema (a_2) no se demostró que los diferentes niveles de enmiendas tuvieron efectos significativos sobre la variación del contenido de materia orgánica; resultados contrarios se muestra en el caso del el kudzu (a_3). En caso de considerar de manera separada las unidades experimentales por cada nivel de enmiendas, se observa que las especies de leguminosas no

presentaron efectos estadísticos significativos en la variación de la materia orgánica (Cuadro 9).

Cuadro 9. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la variación de la materia orgánica.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
a ₁ (canavalia) en B	2.340	2.000	1.170	3.545	0.096 ^{ns}
a ₂ (centrosema) en B	0.527	2.000	0.264	4.498	0.064 ^{ns}
a ₃ (kudzu) en B	4.085	2.000	2.043	7.338	0.024*
A en b ₁ (compost)	0.315	2.000	0.158	2.333	0.178 ^{ns}
A en b ₂ (Dolomita)	0.436	2.000	0.218	3.213	0.113 ^{ns}
A en b ₃ (ninguno)	5.055	2.000	2.528	4.754	0.058 ^{ns}

ns: No existe significancias significativas; *: existe significancia estadística.

Al establecerse las especies leguminosas y la aplicación de diferentes niveles de enmiendas en suelos degradados, se registró que la combinación con mayor promedio respecto a la variación del contenido de materia orgánica en el suelo resulto observarse cuando se sembró centrosema sin enmienda y cuando se utiliza dolomita con valores de 2.55% y 2.47% respectivamente (Figura 7).

En caso de las menores variaciones de la materia orgánica se registró en las combinaciones de las especies canavalia y el kudzu pero sin el aporte de ninguna enmienda por registrar promedios de 1.10% y 0.85%

respectivamente a los 90 días posteriores a realizarse la siembra en dicho suelo degradado (Figura 7).

4.2.3. Variación del nivel de nitrógeno

Las combinaciones respecto a la variación del nivel de N por efecto de las plantas establecidas en suelos degradados empleando diferentes enmiendas, representa que a los 90 días posteriores a la siembra se registraron que las plantas de centrosema obtuvieron mejores promedios con poca variabilidad entre los bloques establecidos, fueron seguidos por el kudzu con mayor variabilidad entre bloques al no utilizar enmienda. Los promedios más bajos de dicha variación se observaron en canavalia y también se observó mayor variabilidad al no utilizar enmiendas (Figura 8).

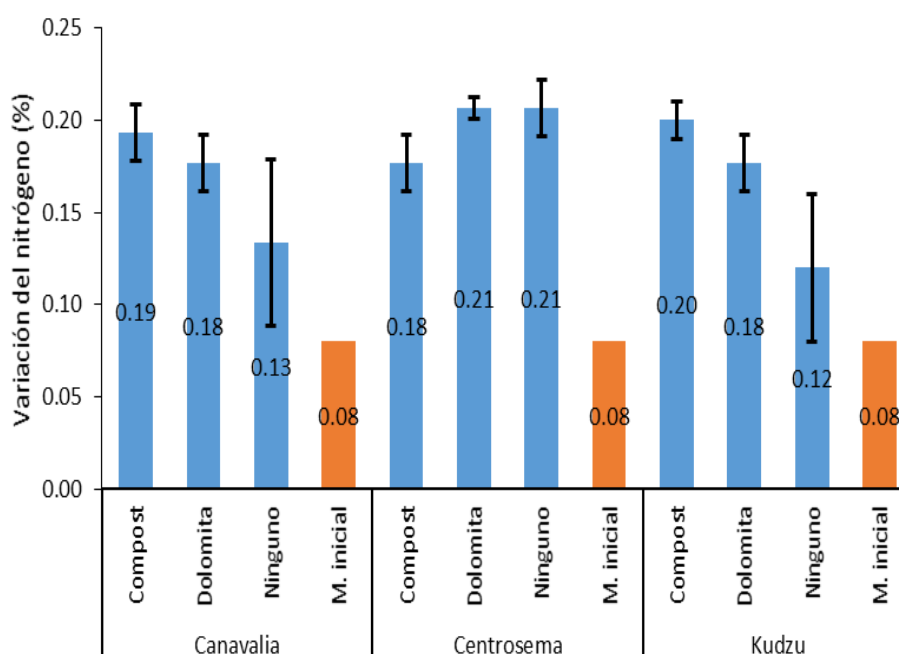


Figura 8. Variación del nitrógeno usando leguminosas y enmiendas en suelos degradados.

Pasado los 90 días de la siembra de leguminosas en suelos degradados, se registró que los bloques que se consideraron en el experimento repercutieron de manera significativa sobre la variación del nitrógeno con la cual se indica que en diferentes ubicaciones de la pendiente se comportaron de manera diferente dicha variable; en caso de las tres especies leguminosas, se muestra que al menos una de ellas registró mayor efecto en la variación del nitrógeno respecto a las demás especie; al utilizar las enmiendas se encontró diferencias estadísticas significativas sobre la variable mencionada. Asimismo, en la interacción de los diferentes niveles de cada factor en estudio, se registró que hubo diferencias estadísticas significativas; por otro lado se encontró que los datos obtenidos para la presente variable presentaron regular dispersión respecto a la media general (Cuadro 10).

Cuadro 10. ANVA para la variación del nitrógeno en suelos degradados luego de sembrar leguminosas y utilizar enmiendas.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Bloque	0.003	2	0.002	4.376	0.030*
Especie	0.005	2	0.003	6.801	0.007*
Enmienda	0.007	2	0.004	9.282	0.002*
Especie * Enmienda	0.010	4	0.003	6.467	0.003*
Error	0.006	16	0.000		
Total	0.033	26			

CV = 20.65%; *: existe significancia estadística.

4.2.3.1. Efecto simple

En el análisis de las combinaciones de los niveles de cada factor en estudio se realizó el análisis de la varianza para efectos simples, de la cual se obtiene que, al analizar la canavalia (a_1) sobre el uso de diferentes niveles de enmiendas no se pudo demostrar significancia estadística, con la cual se deduce que los diferentes niveles de las enmiendas repercutieron de manera similar sobre la variación del contenido de nitrógeno; resultados contrarios se muestra en el caso del centrosema y el kudzu. Solo en el caso de considerar la dolomita se determina que al menos una de las especies leguminosas presentó mejores efectos en la variación del nitrógeno (Cuadro 11).

Cuadro 11. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la variación del nitrógeno.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
a_1 (canavalia) en B	0.006	2.000	0.003	3.453	0.100 ^{ns}
a_2 (centrosema) en B	0.002	2.000	0.001	5.400	0.046*
a_3 (kudzu) en B	0.010	2.000	0.005	7.879	0.021*
A en b_1 (compost)	0.001	2.000	0.000	2.294	0.182 ^{ns}
A en b_2 (Dolomita)	0.002	2.000	0.001	5.400	0.046*
A en b_3 (ninguno)	0.013	2.000	0.007	5.069	0.051 ^{ns}

ns: No existe significancias significativas; *: existe significancia estadística.

En caso del análisis sobre el incremento de los niveles del nitrógeno al sembrarse tres especies de leguminosas con la aplicación de enmiendas en suelos degradados, se registró mayor incremento de dicho elemento en las plantas de centrosema con la aplicación de dolomita y sin ninguna enmienda en donde los valores fueron 0.13% para ambas combinaciones (Figura 8).

En caso de las especies canavalia y el kudzu a pesar de presentar particularidades importantes sobre la mejora del suelo, se observa que al no aplicar dosis de enmienda alguna los incrementos del nivel de nitrógeno en el suelo degradado fueron menores con valores correspondientes a 0.05% y 0.04% respectivamente (Figura 8).

4.2.4. Variación del nivel de fósforo

Las combinaciones en estudio respecto a la variación de los niveles de fósforo por efecto de las leguminosas establecidas en suelos degradados empleando diferentes niveles de enmiendas reporta que a los 90 días posteriores a la siembra se tuvo que las plantas de centrosema registraron los mejores promedios con poca variabilidad (barras de error en base la desviación estándar) entre los bloques establecidos, dichos promedios fueron seguidos por el establecimiento de canavalia a pesar de registrarse mayor variabilidad entre bloques al utilizar el compost debido a que se observa mayor tamaño de las barras de error. El menor promedio de la variación del fósforo se observa al utilizar el kudzu sin la aplicación de enmienda alguna al suelo (Figura 9).

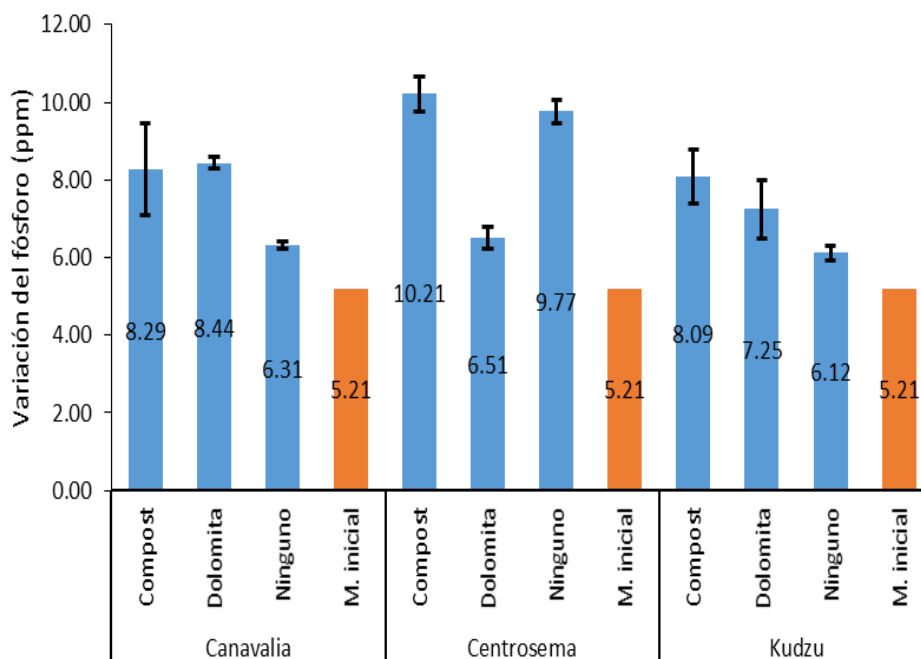


Figura 9. Variación del fósforo usando leguminosas y enmiendas en suelos degradados.

A los 90 días posteriores a la siembra de las leguminosas, se registró que los bloques que se consideraron en el experimento no repercutieron de manera significativa sobre la variación del fósforo del suelo con la cual se indica que en diferentes ubicaciones de la pendiente se comportaron de manera similar dicha variable; en caso de las especies leguminosas sembradas, se tiene que al menos una de ellas presentó mayor efecto sobre el contenido del fósforo respecto a las demás ratificando la diferencias estadísticas; en caso del uso de las enmiendas, se encontró diferencias estadísticas significativas sobre la variable mencionada. También, en caso de la interacción entre los diferentes niveles de cada factor en estudio, se registró que diferencias estadísticas; por otro lado, se encontró que los datos obtenidos para la variable presentaron regular dispersión (Cuadro 12).

Cuadro 12. ANVA para la variación del fósforo en suelos degradados luego de sembrar leguminosas y utilizar enmiendas.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Bloque	1.076	2	0.538	1.851	0.189 ^{ns}
Especie	13.275	2	6.638	22.844	<0.001*
Enmienda	12.838	2	6.419	22.092	<0.001*
Especie * Enmienda	25.932	4	6.483	22.312	<0.001*
Error	4.649	16	0.291		
Total	57.771	26			

CV = 20.14%; ns: No existe significancias significativas; *: existe significancia estadística.

4.2.4.1. Efecto simple

Al buscar la mejor combinación de los niveles de cada factor en estudio se realizó el análisis de la varianza para efectos simples, del cual se obtiene que, al analizar la canavalia (a_1) sobre el uso de diferentes niveles de enmiendas, se determinó efectos significativos en la variación del contenido de fósforo, dicho comportamiento similar se reportó para el caso de la centrosema (a_2) y el kudzu (a_3). Comportamientos significativos de las especies leguminosas se observó al utilizar de manera independiente cada nivel de las enmiendas con la cual se demuestra que al menos una de las especies leguminosas presenta mayor variación del nivel de fósforo en el suelo degradado (Cuadro 13).

Cuadro 13. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la variación del fósforo.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
a ₁ (canavalia) en B	8.452	2.000	4.226	8.845	0.016*
a ₂ (centrosema) en B	24.474	2.000	12.237	98.658	<0.001*
a ₃ (kudzu) en B	5.845	2.000	2.922	8.296	0.019*
A en b ₁ (compost)	8.275	2.000	4.137	5.992	0.037*
A en b ₂ (Dolomita)	5.650	2.000	2.825	12.926	0.007*
A en b ₃ (ninguno)	25.283	2.000	12.641	280.643	<0.001*

*: existe significancia estadística.

Al analizar los incrementos del contenido de fósforo en los suelos degradados donde se instalaron tres especies de leguminosas con la aplicación de enmiendas, se determinó que la combinación con el mayor valor respecto a dicha variable se registró al sembrar el centrosema empleando el compost y ninguna enmienda con promedios de 5.0 y 4.56 ppm respectivamente. Los incrementos más bajos se registraron en las combinaciones conformadas por los niveles especie leguminosa canavalia sin enmienda y la especie kudzu sin enmienda con promedios de 1.10 y 0.91 ppm respectivamente (Figura 9).

4.2.5. Variación del nivel de potasio

Las combinaciones en estudio respecto a la variación del nivel de K por efecto de las plantas establecidas en suelos degradados empleando

diferentes niveles de enmiendas reporta que, a los 90 días posteriores a la siembra, se registró mayor promedio de incremento de K en la canavalia con compost, seguidos por el establecimiento de centrosema con la aplicación de compost y dolomita a pesar que con el uso de dolomita se registró mayor variabilidad de los datos. Además, el menor valor promedio respecto de incremento de K se registró en las plantas de kudzu sin enmienda; en caso de los resultados más homogéneos se registró al sembrar centrosema y aplicar compost (Figura 10).

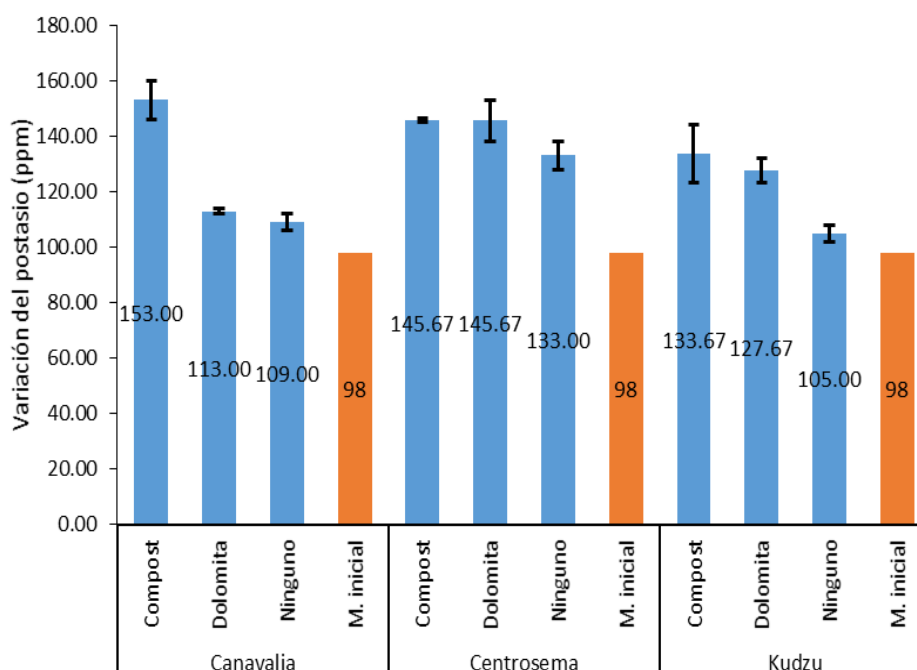


Figura 10. Variación del potasio usando leguminosas y enmiendas en suelos degradados.

Pasado los 90 días de la siembra de las leguminosas, se registró que los bloques que se consideró en el experimento no repercutió de manera significativa sobre la variación del potasio en los suelos degradados ratificando que a diferentes ubicaciones de la pendiente se comportaron de manera similar

la variable; en caso de las tres especies leguminosas sembradas, se muestra que al menos una de ellas presentó mayor efecto sobre la variación del potasio respecto a las demás ratificando la diferencias estadísticas; al analizar el uso de las enmiendas hubo diferencias estadísticas significativas sobre las la variable mencionada. Además, se registró significancia estadística en la interacción de los diferentes niveles de cada factor en estudio; por otro lado se encontró que los datos obtenidos para la presente variable presentaron buena dispersión (Cuadro 14).

Cuadro 14. ANVA para la variación del potasio en suelos degradados luego de sembrar leguminosas y utilizar enmiendas.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Bloque	1.185	2	0.593	0.017	0.983 ^{ns}
Especie	1957.630	2	978.815	27.992	<0.001*
Enmienda	3648.296	2	1824.148	52.167	<0.001*
Especie * Enmienda	1596.148	4	399.037	11.412	<0.001*
Error	559.481	16	34.968		
Total	7762.741	26			

CV = 18.76%; ns: No existe significancias significativas; *: existe significancia estadística.

4.2.5.1. Efecto simple

En caso de buscar la mejor combinación de los niveles de cada factor en estudio se realizó el análisis de la varianza para efectos simples, de la

cual se obtiene que, al analizar la canavalia (a_1), el centrosema (a_2) y el kudzu (a_3) sobre el uso de diferentes niveles de enmiendas se obtuvo que al menos uno de los niveles de las enmiendas repercuten de manera significativa sobre la variación del potasio. De manera inversa a lo analizado anteriormente, el uso del compost (b_1), dolomita (b_2) y ninguna enmienda (b_3) de manera independiente repercuten de significativamente en las especies de leguminosas sobre la variación del contenido de potasio en el suelo degradado (Cuadro 15).

Cuadro 15. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la variación del potasio.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
a_1 (canavalia) en B	3552.000	2.000	1776.000	90.305	0.001*
a_2 (centrosema) en B	320.889	2.000	160.444	5.894	0.038*
a_3 (kudzu) en B	1371.556	2.000	685.778	14.730	0.005*
A en b_1 (compost)	571.556	2.000	285.778	5.370	0.046*
A en b_2 (Dolomita)	1606.222	2.000	803.111	31.021	0.001*
A en b_3 (ninguno)	1376.000	2.000	688.000	48.000	<0.001*

*: Existe significancia estadística.

El contenido de potasio en los suelos degradados donde se establecieron tres especies leguminosas y se aplicaron enmiendas registraron que la mejor combinación estuvo conformada por la siembra de la canavalia con la aplicación del compost (a_1b_1) en donde la media concerniente a la

variación del nivel de potasio en el suelo fue 55 ppm a los 90 días posteriores a la siembra (Figura 10).

De manera general se observa que al no utilizar enmienda alguna (b₃) las especies leguminosas repercutieron en menor medida sobre el incremento del nivel de potasio, registrando menor valor al sembrar kudzu sin la aplicación de ninguna enmienda que alcanzó un promedio de 7.00 ppm en los 90 días después de la siembra (Figura 10).

4.3. Producción de materia verde, materia seca durante el tiempo determinado de crecimiento de las especies de leguminosas

4.3.1. Producción de materia verde

Considerando los 90 días posteriores a la siembra de las especies leguminosas en suelos degradados empleando diferentes niveles de enmiendas, la mejor combinación se observa en la canavalia con compost alcanzó 16.02 kg siendo el mayor promedio respecto a la producción de materia verde y también se registró mayor variabilidad de los datos al utilizar la dolomita y el compost debido a que se observa mayor tamaño de las barras de error. Los promedios más bajos de la producción de la materia verde se observaron al utilizar el kudzu y centrosema, donde se registró mínima producción de materia verde en las plantas de kudzu sin la aplicación de enmienda 0.37 Kg. (Figura 11).

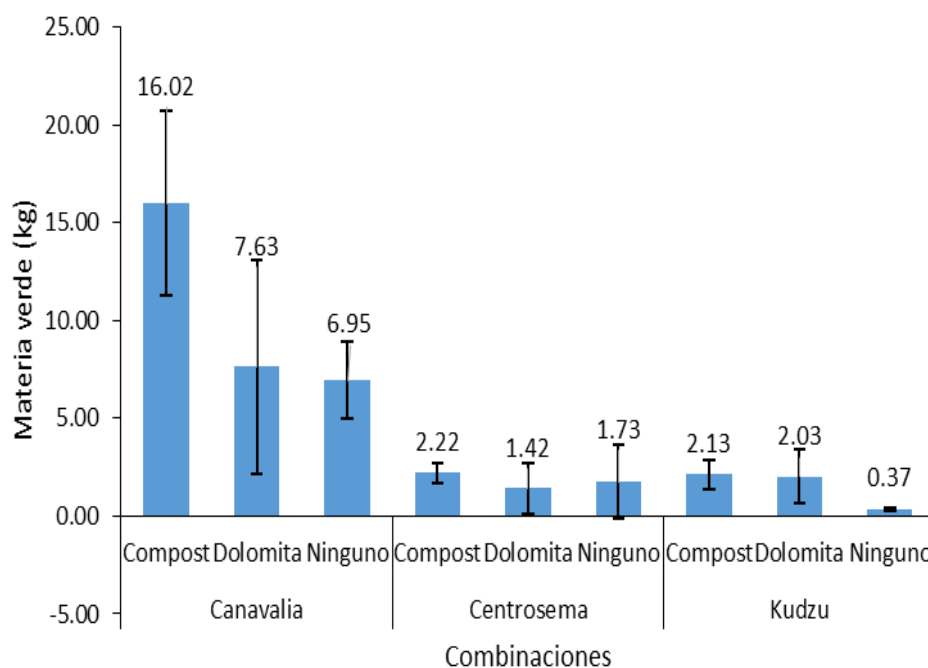


Figura 11. Materia verde de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.

Pasado los 90 días de sembrado las especies leguminosas, se registró que los bloques que se consideraron en el experimento no repercutieron de manera significativa sobre la producción de materia verde en las plantas, por la cual se deduce que en diferentes ubicaciones de la pendiente se comportaron de manera similar dicha variable; en caso de las especies leguminosas utilizadas en el experimento, se muestra que al menos una de ellas presentó mayor cantidad de materia verde respecto a las demás corroborando la diferencia estadística; en caso del uso de enmiendas se encontró diferencias estadísticas significativas sobre la variable mencionada. Además, considerando la interacción de los diferentes niveles de cada factor en estudio, se registró diferencias estadísticas significativas; por otro lado, se encontró que los datos obtenidos fueron de muy mala dispersión (Cuadro 16).

Cuadro 16. ANVA para la materia verde de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Bloque	27.851	2	13.926	2.232	0.140 ^{ns}
Especie	438.843	2	219.421	35.167	<0.001*
Enmienda	72.735	2	36.367	5.829	0.013*
Especie * Enmienda	87.054	4	21.764	3.488	0.031*
Error	99.830	16	6.239		
Total	726.313	26			

CV = 55.50%; ns: No existe significancias significativas; *: existe significancia estadística.

4.3.1.1. Efecto simple

Con la finalidad de encontrar la mejor combinación de los niveles de cada factor en estudio se realizó el análisis de la varianza para efectos simples, de la cual se obtiene que, al analizar la canavalia (a_1), centrosema y el kudzu se obtuvo que no presentaron efectos estadísticos significativos sobre la producción de materia verde; mientras que en caso del uso de manera independiente de las enmiendas tuvieron efectos significativos sobre la producción de materia verde en las plantas leguminosas, pero en caso del uso de la dolomita no se observó diferencias estadísticas en las especies leguminosas (Cuadro 17).

Cuadro 17. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la producción de materia verde.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
a ₁ (canavalia) en B	152.952	2.000	76.476	4.105	0.075 ^{ns}
a ₂ (centrosema) en B	0.974	2.000	0.487	0.270	0.772 ^{ns}
a ₃ (kudzu) en B	5.863	2.000	2.932	3.471	0.100 ^{ns}
A en b ₁ (compost)	383.194	2.000	191.597	24.834	0.001*
A en b ₂ (Dolomita)	70.387	2.000	35.194	3.169	0.115 ^{ns}
A en b ₃ (ninguno)	72.316	2.000	36.158	14.702	0.005*

ns: No existe significancias significativas; *: existe significancia estadística.

4.3.2. Producción de materia seca

Las combinaciones en el experimento respecto a la altura de las plantas establecidas en suelos degradados empleando diferentes niveles de enmiendas reporta que a los 90 días posteriores a la siembra se registraron que las plantas de canavalia obtuvieron los mejores promedios con alta variabilidad (barras de error de tamaño muy prolongados) entre los bloques establecidos, dichos promedios fueron seguidos por el establecimiento de centrosema a pesar de registrar mayor variabilidad entre bloques al no utilizar enmienda debido a que se observa mayor tamaño de las barras de error. Los menores promedios de la materia seca se observaron al utilizar el kudzu debido no superaron los 638.17 g y también se observó mayor variabilidad al utilizar la dolomita en dichos suelos (Figura 12).

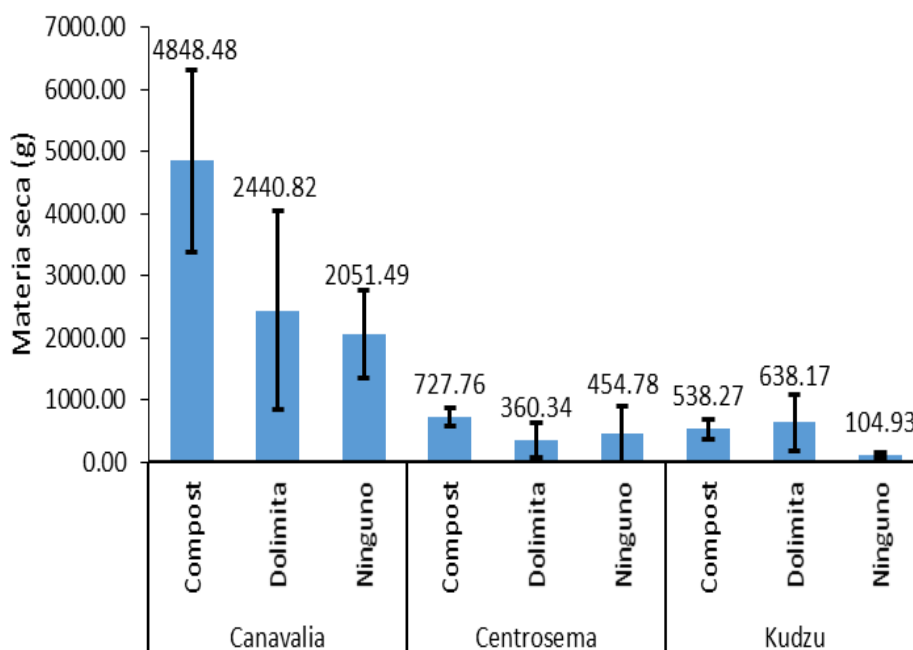


Figura 12. Materia seca de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.

A los 90 días posteriores a la siembra de las leguminosas en suelos degradados, se registró que los bloques que se consideraron en el experimento no repercutieron de manera significativa sobre la biomasa o materia seca de las plantas con la cual se indica que en diferentes puntos de la pendiente se comportaron de manera similar en variable mencionada; en caso de las especies leguminosas utilizadas, se muestra que al menos una de ellas presentó mayor biomasa respecto a las demás ratificando la diferencias estadísticas; al analizar el uso de las enmiendas hubo diferencias estadísticas significativas sobre la biomasa de las plantas; considerando la interacción de los diferentes niveles de cada factor en estudio, se registró que existe diferencias estadísticas significativas; Además, se encontró que los datos obtenidos para la presente variable fueron muy dispersos (Cuadro 18).

Cuadro 18. ANVA para la biomasa de leguminosas con el uso de enmiendas en suelos degradados.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Bloque	2797795.421	2	1398897.710	2.592	0.106 ^{ns}
Especie	41943331.402	2	20971665.701	38.859	<0.001*
Enmienda	6705161.769	2	3352580.885	6.212	0.010*
Especie * Enmienda	7766933.349	4	1941733.337	3.598	0.028*
Error	8635019.483	16	539688.718		
Total	67848241.423	26			

CV = 54.35%; ns: No existe significancias significativas; *: existe significancia estadística.

4.3.2.1. Efecto simple

En caso de buscar la mejor combinación de los niveles de cada factor en estudio se realizó el análisis de la varianza para efectos simples, de la cual se obtuvo que, al analizar la canavalia (a_1) sobre el uso de diferentes niveles de enmiendas no presentaron biomasa diferentes; en caso del centrosema tampoco se registró diferencias estadísticas para las enmiendas, de manera similar para el Kudzu el uso de los diferentes niveles de las enmiendas tuvo efectos similares. Comportamientos significativos de las especies leguminosas se observó al utilizar de manera independiente al compost y sin enmienda en el suelo degradado (Cuadro 19).

Cuadro 19. ANVA resumido de los efectos simples de las especies leguminosas y enmiendas en la materia seca.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
a ₁ (canavalia) en B	13771549.798	2	6885774.899	3.993	0.079 ^{ns}
a ₂ (centrosema) en B	218440.014	2	109220.007	1.061	0.403 ^{ns}
a ₃ (kudzu) en B	482105.306	2	241052.653	3.084	0.120 ^{ns}
A en b ₁ (compost)	35594166.917	2.000	17797083.458	24.527	0.001*
A en b ₂ (Dolomita)	7655121.092	2.000	3827560.546	4.048	0.077 ^{ns}
A en b ₃ (ninguno)	6460976.742	2.000	3230488.371	13.785	0.006*

ns: No existe significancias significativas; *: existe significancia estadística.

La mejor combinación que repercutió en obtener mejores valores de la biomasa o peso seco correspondió al sembrar canavalia con compost (a₁b₁) con una media de 4848.48 g en los 90 días posteriores a la siembra, mientras que el menor valor se registró en la combinación de sembrar kudzu sin enmienda alguna que registró una media de 104.93 g.

V. DISCUSIÓN

5.1. Porcentaje de germinación, altura, porcentaje de cobertura y longitud radicular de las especies de leguminosas.

La *Canavalia ensiformes* con la enmienda compost no muestra diferencias estadísticas frente a las otras combinaciones (dolomita y sin enmienda) pero sí muestra, claramente, diferencias estadísticas en la evaluación de porcentaje de germinación (100%), altura (110.3 cm), porcentaje de cobertura (97.67 %) y longitud radicular (29 cm), la especie sobre las demás especies *Centrosema macrocarpum* y *Pueraria phaseoloides* debido a las características fenotípicas de la canavalia, en este sentido corroborando lo indicado por ESCOBAR et al.(1984) donde señala que la *Canavalia ensiformes* tiene gran tamaño de semilla (1 a 1,5 g) y su alta germinación (>90%) generan plantas vigorosas por lo que presenta un rápido y fácil establecimiento.

Mientras que en la *Pueraria phaseoloides* tuvo una mejor combinación con el compost obteniendo una germinación de (31 %) debido a que su desarrollo inicial es lento, coincidiendo lo indicado por WADE Y SANCHEZ (1983) donde menciona que la *Pueraria phaseoloides* tiene un proceso de establecimiento después de un período de 40 días, además cuando tiene buenas condiciones para su desarrollo puede llegar a un 100 % de cobertura a los 140 - 150 días

5.2. Aporte de nutrientes de leguminosas con enmienda para la recuperación del suelo degradado.

5.2.1. Variación del nivel de pH, M.O, N, P, K.

En la evaluación se ha registrado la variación del pH y MO en el suelo y asimismo de los elementos N, P, K en todos los tratamientos de la investigación, esto se debe a que al aplicar las enmiendas al suelo tienen como propósito corregir la acidez del suelo y sus efectos negativos sobre el crecimiento de las plantas, mejorar las propiedades físicas del suelo, en las propiedades químicas disminuyendo la toxicidad del aluminio (Al), hierro(Fe) y manganeso (Mn), regula la disponibilidad del fósforo (P) y molibdeno (Mo), incrementando la disponibilidad de calcio (Ca) y magnesio (Mg) elevando el porcentaje de saturación de base (VALERIO; C. 1997) y (RODRIGUEZ et al. 1993).

En la variación del pH (0.92) y K (55 ppm) se estableció que tuvieron mayor incremento en la combinación *Canavalia ensiformes* con el compost esto debido a que el compost regula la acidez del suelo y su sistema radicular de la canavalia presentando alta capacidad de reciclaje de nutrientes (ULRIKE, 1997) aprovechando mejor la disponibilidad de K.

En la variación del nivel de N y el nivel de P el centrosema obtuvo mayor incremento en los resultados. En el caso del N la mejor combinación fue el *Centrosema macrocarpum* con la aplicación de dolomita y sin ninguna enmienda en donde los valores fueron iguales (0.13 %) para ambas

combinaciones pero presentando mayor variabilidad en la combinación testigo, este resultado se da debido a que al menos un tratamiento de leguminosas testigo presenta un valor ampliamente menor en la geminación, mientras que en el tratamiento centrosema aplicado con dolomita no presenta variación significativa en valores obtenidos, asimismo en el incremento de N se da a la característica biológica del centrosema que se ve afectado por la toxicidad del Al y Mn que al corregir la acidez del suelo aplicando dolomita, el centrosema aproveche mejor la fijación de N en el contenido atmosférico y se encuentre disponible en el suelo (FASSBENDER Y BORNEMISZA 1987). Con respecto a la variación del nivel de P (5 ppm), la mejor combinación fue el *Centrosema macrocarpum* empleando el compost, esto se debe a que el ión fosfato es la única forma asimilable para la planta; existe en bajas cantidades en disolución en los suelos ácidos debido a que a pH inferior a 6.5 es retenido por la atracción que tiene con los iones Al_{3+} y Fe_{2+} . (GONZALO, 1987) al aplicar enmiendas eleva los niveles de pH y regula la disponibilidad del fósforo.

5.3. Producción de materia verde, materia seca durante el tiempo determinado de crecimiento de las especies de leguminosas

5.3.1. Producción de materia verde

Los resultados obtenidos en la producción de materia verde se registraron mejor resultado en la combinación *Canavalia ensiformes* con compost que incrementó la producción de materia verde mostrando diferencias estadísticas frente a las demás especies de leguminosas *Centrosema macrocarpum* y *Pueraria phaseoloides* con las enmiendas (control y dolomita),

debido a las características fenológicas de la planta, con crecimiento rápido con alta producción de forraje (MORA et al., 1982). La mayor cantidad de forraje verde obtenida fue 53.4 t ha^{-1} , encontrándose aproximado a lo obtenido por RUBIDO (2014) que establece reportes de alrededor de 60 t ha^{-1} de materia verde.

PULGAR (2013) reportó que la producción de materia verde de *Pueraria phaseoloides* en Jose Crespo y Castillo - Aucayacu se estima en 1.53 t ha^{-1} con la enmienda bocashi, sin embargo, en el experimento realizado se obtuvo resultados superiores a este valor con una cantidad de 7.1 t ha^{-1} con la enmienda compost con diferencias numéricas con las demás enmiendas.

5.3.2. Producción de materia seca

La mejor combinación que repercutió en obtener mejores valores de la biomasa en seco correspondió al sembrar canavalia con compost mostrando diferencias estadísticas significativas sobre la biomasa de la planta en relación a los demás. Los resultados obtenidos en la *Pueraria phaseoloides* en relación a la materia seca, se obtuvo mayor resultado en la combinación entre el kudzu con dolomita mostrando diferencias estadísticas significativas sobre la materia seca en comparación con el compost y el testigo, aun así superior a esto PÉREZ (2005) sobre la producción de materia seca señala que oscila entre $5 \text{ y } 6 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y bajo corte puede superar las $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

VI. CONCLUSIONES

La especie *Canavalia ensiformes* con compost obtuvo mejor resultado en función al porcentaje de germinación 100%, altura de la planta 110.3 cm, porcentaje de cobertura 97.67 % y longitud radicular 29 cm, obteniendo estadísticamente mejores resultados frente a las especies de *Centrosema macrocarpum* y *Pueraria phaseoloides* con las enmiendas aplicadas.

Las especies de leguminosas influyeron significativamente en la variación del pH, MO, N, P, K en todos los tratamientos de la investigación. Siendo la *Canavalia ensiformes* con el compost el tratamiento que más aportó en la variación del pH (0.92) y K (55 ppm). Mientras que el *Centrosema macrocarpum* con dolomita el tratamiento que aportó más N (0.13%). Asimismo, el *Centrosema macrocarpum* con compost el mejor tratamiento con respecto a la variación del nivel de P (5 ppm).

La especie *Canavalia ensiformes* en combinación con la enmienda compost obtuvo (16.02 kg) mejores resultados en la producción de materia verde y materia seca (4848.48 g) mostrando diferencias estadísticas frente a las demás especies de leguminosas *Centrosema macrocarpum* y *Pueraria phaseoloides* con las enmiendas (control y dolomita).

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar trabajos de investigación evaluando el aporte de nutrientes de la biomasa de las leguminosas, con la finalidad de conocer la relación entre la cantidad de biomasa con la cantidad de nutrientes aportado de las leguminosas al suelo degradado.
2. Realizar siembra de cultivos agrícolas con la leguminosa *Centrosema macrocarpum* con la finalidad de ver si aumenta la capacidad productiva del suelo.
3. Realizar trabajos en épocas con menores precipitaciones para poder evitar la pérdida de nutrientes por los procesos físicos de lixiviación, escorrentía y erosión.

VIII. ABSTRACT

Through a soil analysis it was determined that the soil presents strongly acidic pH levels, low in M.O, N, P and K, with the purpose of increasing the available nutrients in the soil; the proposed objective was to evaluate three species of legumes: *Canavalia ensiformes*, *Centrosema macrocarpum* and *Pueraria phaseoloides* for the recuperation of degraded soil.

Through a completely randomized block design with nine treatments (between legumes and improvements) with three repetitions, the treatments were submitted to a variance analysis and to the Duncan means comparison test in order to determine the best result in terms of germination percentage, height, percent of coverage and root length; as well as, which treatment is most beneficial in supplying nutrients and the greatest production of green matter and dry matter among the treatments.

Obtaining that the *Canavalia* had the best results in germination percentage, 100%, while the *Canavalia* and compost was the best combination, obtaining results in height of 110.3 cm, percentage of coverage of 97.67 % and root length of 29 cm. Likewise, the *Canavalia* and the compost is the combination that had the greatest increase in the pH level (from 4.88 to 5.80) and the K (98 to 153 ppm), while the *Centrosema* with dolomite increase in N (from 0.08 to 0.21%) and the *Centrosema* with compost increased the level of P (from 5.21 to 10.21 ppm).

The Canavalia obtained the best results in the production of green matter, obtaining an average of 10.20 kg and dry matter, 3113.60 g.

Keywords: *Canavalia ensiformes*, *Centrosema macrocarpum*, *Pueraria phaseoloides*, compost, dolomite, degraded soils.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES C.N. y DAROS, C.O. 2001. Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho. R. Bras. Ci. Solo. 25:157-165.
- ALDANA, J; SUNIAGA, P. 2005. Manual de sistemas silvopastoriles. Disponible [En línea] (http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/ /articulo11-s3.pdf. Consultado el 01 de noviembre).
- ÁLVAREZ, M. 2000. Los abonos verdes: una alternativa para la producción sostenible de maíz en las condiciones de los suelos Ferralíticos Rojos de la Habana. Tesis de Maestría. La Habana. Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. UNAH. 69 p.
- AREVALO, L., SONCCO, C. 2002. Manual de laboratorio para análisis fisicoquímico de suelos. ICRAF. Lima, Perú. 56 p.
- BERNIER, R. 2000. Acidez de suelo curso de capacitación para operadores del programa de recuperación de suelos degradados, INDAP, Décima Región, Serie Actas N° 2. Instituto de investigaciones Agropecuarias: 47 - 55 p.
- BOLIVAR, D., MUHAMMAD, I. y KASS, D. 2000. Características químicas de un suelo ácido y composición mineral de Brachiaria humidicola bajo un sistema silvopastoril con Acacia mangium. Chilán, Chile 60(1) [En línea]:

(<http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/BolivarS.htm>, 24 de Junio. 2019).

BORJA, B. 2015. Adaptabilidad de la Leguminosa *Canavalia ensiformis* en comparación con *Pueraria phaseoloides* en la zona de Limoncito, para mejorar las características físico-químicas del suelo. Guayaquil – Ecuador. 97 p.

BORNEMISZA, E. 1982. Introducción a la química de los suelos. secretaria general de la organización de los estados americanos. Washington, D.C. 65p.

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

CHEN, Z. 2000. Relationship between heavy metal concentrations in soils of Taiwan and uptake by crops. [En línea]: (<http://www.fftc.agnet.org/>, dctos, 12 Nov 2009).

COLEMAN, N.T., KAMPRATH, E.J., WEED, S. B. 1958. Liming. *Advances in Agronomy* (G. B.) 10:475 - 522.

CRESPO, G., RUIZ, T. E. y ÁLVAREZ, J. 2011. Efecto del abono verde de *Tithonia* (*T. diversifolia*) en el establecimiento y producción de forraje de *P. purpureum* vc. Cuba CT-169 y en algunas propiedades Del suelo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* vol. 45, no. 1, p. 79.

DERPSCH, R.; RITH, C.H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U.; KRAUSE, R. y BLANKEN. J. 1991. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Londrina, IAPAR. 269 pp

- DOMINGUEZ, D. 2013. Flora Mesoamericana. Tropicos, Missouri Botanical Garden. Consultada el 3 de octubre de 2019.
- ESCOBAR, A.; VIERA, J.; DIXON, R.; MORA, M. y PARRA, R. 1984. Canavalia ensiformis: Una leguminosa para la producción animal en los trópicos IPA. Informe anual'87. p 131
- FAO. 1994. Tropical soybean: improvement and production. FAO plant production and protection series No. 27.
- FAO. 2015. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 153 p.
- FASSBENDER y BORNEMISZA. 1987. Química de los suelos. Con énfasis en suelos de América Latina. IICA. Costa Rica
- GONZALO, 1987. Suelos y Ecosistemas Forestales con énfasis en América Tropical. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 447 p.
- GRAETZ, H. A. 2004. Suelos y fertilización; 2nd ed. México, Trillas. p.23-27.
- LUGO, T., y MAS, D. 2013. [En línea]: <http://www.nrcs.usda.gov/>. Recuperado el 8 de Enero de 2016, de (http://www.nrcs.usda.gov:8080/Internet/FSE_PLANTMATERIALS/publications/prpmcbk13_Part-04-N-S.pdf).
- MORA, M.; ESCOBAR, A., PARRA, R. y PARRA, ORNELLA DE. 1982. Comportamiento granero de Canavalia ensiformis en Rio Negro, Estado Miranda Venezuela». Informe anual'80. p. 29
- MUÑOZ FERNANDO 1996. Plantas medicinales y aromáticas, estudio, cultivo y procesado, Edit. Mundi Prensa. Barcelona- España 365 p.

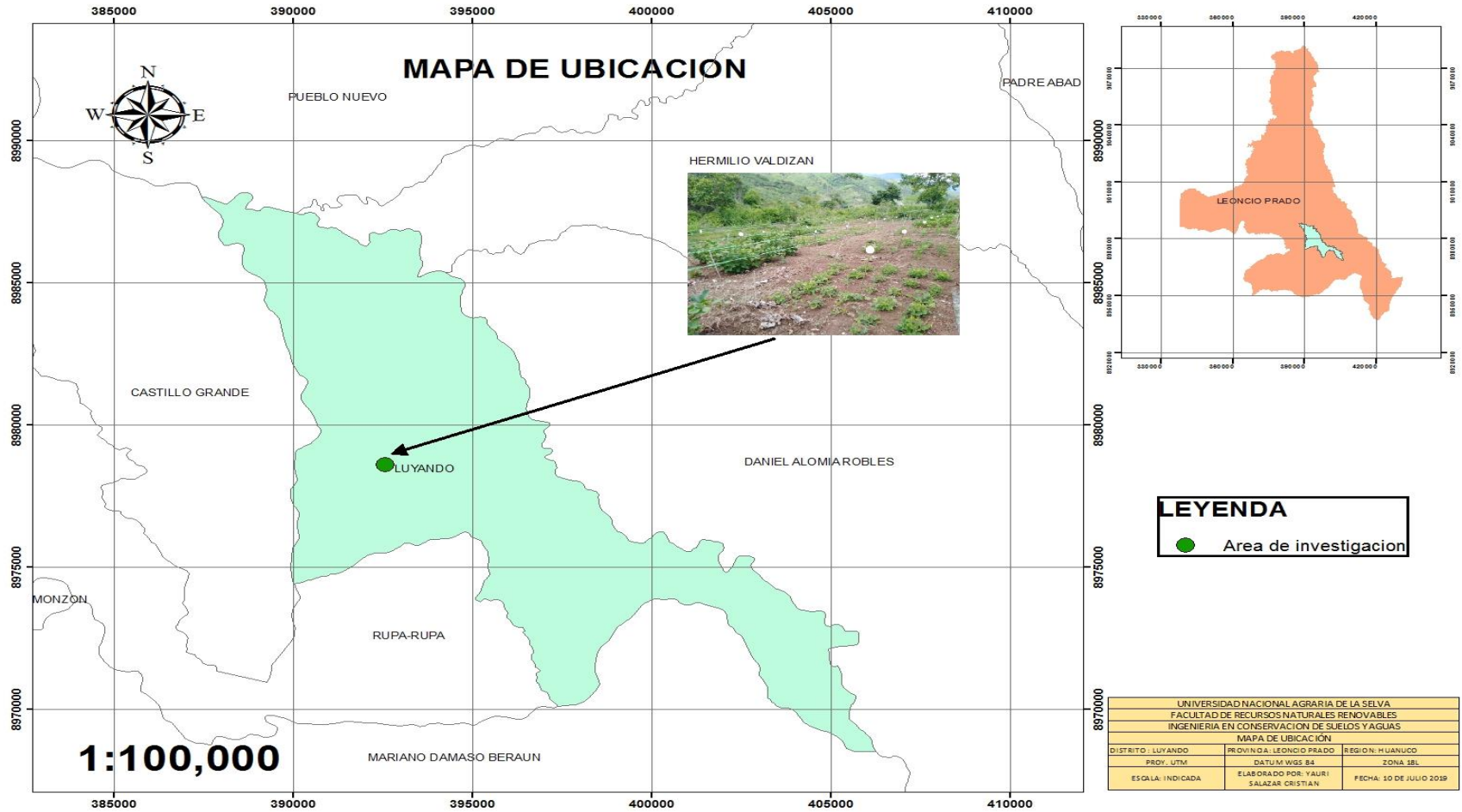
- ORREGO, P. 2006. Abono orgánico. [En línea]: Programa zonia, (<http://www.proamazonia.gob.pe/bpa/abonorgnico.htm#ABONOORGANICO> SFORRAJEROS, documentos, 17 Julio. 2019).
- PÉREZ, M.J., MORILLO, M., MALPICA, L. 2009. Eficiencia de cuatro especies de *Centrosema* para utilizar fósforo de la roca fosfórica en suelos con diferentes capacidades de retención de fósforo. *Zootecnia Tropical*, 27(3): 239 – 247.
- PLA, I. 1990. La degradación y el desarrollo agrícola de Venezuela. *Agronomía tropical* 40 p.
- POLO, E.; MEDINA, L. 2008. Canavalia (*Canavalia ensiformis*). Instituto Pro Mejoramiento de la Ganadería. Unidad de Manejo Nutrición y Forraje. Panamá 57 p.
- POUND, B. 1998. Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América Latina Natural. 24 p.
- PUERTAS RAMOS F. VOLKER. 2009. Índices de calidad del Suelo y Parámetros de Crecimiento de Cultivos de Cobertura en una plantación de cacao (*Theobroma cacao L*). Tesis Doctorado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú 175 p
- PUERTAS, F., ARÉVALO, E., ZÚÑIGA, L., ALEGRE, J., LOLI, O., SOPLIN, H. y BALIGAR, V. (2008). “Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en un suelo de trópico húmedo en la Amazonia peruana.” *Ecología Aplicada*, 7(1,2): 7 pp.

- RUBIDO, M. 2014. Influencia de la *Canavalia ensiformis* (L.) en la actividad biológica y distribución de los agregados del suelo en un área dedicada al cultivo del tabaco. *Investigación y Saberes.*;3(3):47–55.
- RUFFO, M. y BOLLERO, G.A. 2003. Modeling rye and hairy vetch residue decomposition as a function of degree-days and decomposition-days. *Agronomy Journal.* 95:900-907.
- SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. 1995. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um solo podzólico vermelho-escuro de Eldorado do Sul (RS). *Revista Bras. de Ciên. do Solo.* 19:313-319
- SÁNCHEZ E., J. A. 1992. Recuperación de terrenos degradados por el cultivo de coca (*Erythroxylon coca*) en Tingo María con aplicación de abonos verdes, compost y dolomita. Tesis para optar el Grado de Magíster Scientiae - U.N.A.L.M. Lima, Perú.
- SERPA, R.; GONZALEZ, M. A. 1979. Necesidad de cal en tles suelos "cidos de Costa Rica. *Agronomia Costarricense* 3(2): 1 01-1 08.
- SKERMAN, J., CAMERON, J., RIVEROS, F., 1988. *Tropical forage Legumes*, 2nd
- TEJADA, M., GONZÁLEZ, J., GRACIA, A. Y PARRADO, J. 1767. Los efectos de abonos verdes sobre suelo y diferentes propiedades biológicas y producción de maíz. En: *Bio-recursos Tecnología.* 2008. vol. 99. p. 1758
- TISDALE, S. y NELSON, W.1991. *Fertilidad de suelos y fertilizantes.* 1 ed. Tijuana, México, Limusa S.A. p 37 - 684.
- ULRIKE, B. (1997). *Manual de leguminosas de Nicaragua.* Tomo I, primera edición PASOLAC, EAGA. Estela, Nicaragua. p 88-90, 115-122

- VALERIO, C. y CASAS, T. 1997. Influencia de las enmiendas y fertilizantes en la dinámica de micronutrientes y azufre en suelos con diferentes texturas.
- VARGAS, Y. 1997. Estudio de impacto ambiental en los ecosistemas del trópico húmedo- cuenca del Tulumayo, zona Tingo Maria. Tesis de maestría. Huancayo, Perú. 125 p.
- WADE, M; SANCHEZ PA. 1983. Mulchig and green manure applications for continuos crop production in the Amazon basin. *Agronomy Journal* 75, 39, 45.
- WADSWORTH, F. 2000. Producción forestal para América tropical. Departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA), Servicio forestal; Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Washington, EE UU. 602 p.
- WADSWORTH, F. 2000. Producción forestal para América tropical. Departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA), Servicio forestal; Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Washington, EE UU. 602 p.
- ZAVALETA, A. 1992. Edafología: El suelo con relación a la producción. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología- CONCYTEC. 1° edición. lima - Perú. 190p.

ANEXO

Anexo 1. Mapa de ubicación



Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 13. Terreno antes de investigación.



Figura 14. Terreno cultivado y sin malezas.



Figura 15. Parcela de investigación a los 90 días.



Figura 16. Medición de altura de *Centrosema macrocarpum*.



Figura 17. Medición de longitud de raíz de *Canavalia ensiformes*.



Figura 18. Corte de leguminosas para su posterior medición de biomasa.



Figura 19. Medición de biomasa de *Pueraria phaseoloides*.

Anexo 3. Datos registrados

Cuadro 20. Matriz de datos.

Bloque	Especie	Enmienda	Cantidad	Altura (cm)	Cobertura (%)	Raíz (cm)	MS (g)	Germinación (%)	Materia verde
1	1	1	1	113	98	34	3250.4	100	11.95
1	1	2	2	107	64	25	1122.01	100	3.65
1	1	3	3	106	78	25	1293.91	100	4.7
1	2	1	4	59	51	24	707.525	94	1.75
1	2	2	5	47	50	31	315.495	63	0.95
1	2	3	6	42	50	21	112.545	67	0.45
1	3	1	7	24	26	22	438.075	47	1.65
1	3	2	8	31	27	21	719.46	89	2.1
1	3	3	9	22	29	21	111.074	47	0.38
2	1	1	1	105	97	27	5185.2	100	14.9
2	1	2	2	114	60	38	4215.94	100	13.85
2	1	3	3	102	67	38	2176.71	100	7.95

2	2	1	4	66	75	23	886.875	92	2.75
2	2	2	5	79	54	26	662.055	62	2.85
2	2	3	6	41	45	28	281.095	62	0.85
2	3	1	7	20	29	32	721.2	90	3
2	3	2	8	14	26	18	147.18	55	0.6
2	3	3	9	8	24	17	62.88	9	0.3
3	1	1	1	113	98	26	6109.84	100	21.2
3	1	2	2	105	76	23	1984.5	100	5.4
3	1	3	3	98	74	22	2683.86	100	8.2
3	2	1	4	47	52	27	588.885	86	2.15
3	2	2	5	44	71	28	103.455	63	0.45
3	2	3	6	40	30	27	970.71	54	3.9
3	3	1	7	25	32	29	455.525	36	1.75
3	3	2	8	26	29	25	1047.88	68	3.4
3	3	3	9	22	25	25	140.844	37	0.44

Especie: 1: Canavalia; 2: Centrosema; 3: kudzu. Enmienda: 1: Compost; 2: Dolomita; 3: Ninguno

Cuadro 21. Resultados de análisis de suelos (inicio y final)

	Código de Muestra	Textura	PH	M.O (%)	N (%)	Fósforo (p.m.m.)	Calcio (meq/100g)	Potasio (meq/100g)
M. I	Testigo	Fr.Ar.Li.	4.88	1.6	0.08	5.21	1.1	
	T1 CT	Fr.Ar.Li.	4.94	1.8	0.09	6.22	1.2	
	T2 CC	Fr.Ar.	5.82	3.6	0.18	7.1	4.1	0.5
	T3 CD	Fr.Ar.	5.3	3.9	0.19	8.29	2.5	
	T4 CST	Fr.Ar.Li.	5.27	3.9	0.19	9.47	2	
Bloque I	T5 CSC	Fr.Ar.	5.6	3.3	0.16	10.66	3.6	0.6
	T6 CSD	Fr.Ar.Li.	5.58	3.9	0.2	6.81	4.1	0.8
	T7 PT	Fr.Ar.Li.	4.93	1.6	0.08	6.32	1.1	
	T8 PC	Fr.Ar.	5.56	4.2	0.21	7.4	4.2	0.5
	T9 PD	Fr.Ar.Li.	5.76	3.3	0.16	6.51	4	0.5

	T1 CT	Fr.Ar.Li.	5.46	3.6	0.18	6.4	1.8	
	T2 CC	Fr.Ar.	5.77	4.2	0.21	9.47	3.8	0.6
	T3 CD	Fr.Ar.Li.	5.38	3.3	0.16	8.58	2.4	
	T4 CST	Fr.Ar.	5.42	4.4	0.22	10.06	4.1	
Bloque II	T5 CSC	Fr.Ar.	5.51	3.9	0.19	9.77	4	0.8
	T6 CSD	Fr.Ar.Li.	5.72	4.2	0.21	6.22	4.1	0.6
	T7 PT	Fr.Ar.Li.	4.86	3.3	0.16	5.92	1.7	
	T8 PC	Fr.Ar.	5.5	3.9	0.19	8.77	1.9	
	T9 PD	Fr.Ar.	5.52	3.9	0.19	7.99	1.2	0.5
	T1 CT	Fr.Ar.Li.	5.2	2.7	0.13	6.31	1.5	
	T2 CC	Fr.Ar.	5.8	3.9	0.19	8.29	4	0.5
	T3 CD	Fr.Ar.	5.34	3.6	0.18	8.44	2.5	
Bloque III	T4 CST	Fr.Ar.Li.	5.35	4.15	0.21	9.77	3.1	
	T5 CSC	Fr.Ar.	5.56	3.6	0.18	10.21	3.8	0.6
	T6 CSD	Fr.Ar.Li.	5.65	4.1	0.21	6.51	4.1	0.6

T7 PT	Fr.Ar.Li.	4.9	2.45	0.12	6.12	1.4	
T8 PC	Fr.Ar.	5.53	4.05	0.2	8.09	3.1	0.5
T9 PD	Fr.Ar.	5.64	3.6	0.18	7.25	2.6	0.4

Anexo 4. Resultados de análisis físico –químico



LASA TINGO MARIA

Laboratorio de Análisis de Suelos y Agua

A.V. Asunción Saldaña Lt. 34 Telf. 999250084 - 988094215 Correo: lasatingomaria@gmail.com

RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE SUELO

Solicitante : CRISTIAN YAURI SALAZAR
 Procedencia : Sausal – Km 6 Tingo María
 Muestreado por : El interesado
 Recepción de muestra : 12 de Abril del 2019


Bloque	Código de Muestra	% DE ARENA	% DE ARCILLA	% DE LIMO	TEXTURA	PH (1:1)	M.O (%)	N (%)	P (p.m.m.)	K (p.m.m.)	CIC	Calcio (meq/100g)	Magnesio (meq/100g)	Potasio (meq/100g)	Sodio (meq/100g)	Al (meq/100g)	H ⁺ (meq/100g)	CiCe	% Bas. Camb	% Ac. Camb	% Sat. Al.	
BLOQUE I	Testigo	18	36	46	Fr.Ar.Li.	4.88	1.60	0.08	5.21	98		1.1	0.4			4.08	0.85	6.432	23.32	76.68	63.45	
	T1 CT	17	38	45	Fr.Ar.Li.	4.94	1.80	0.09	6.22	106		1.2	0.6			3.08	0.85	5.732	31.40	68.60	53.75	
	T2 CC	24	32	44	Fr.Ar.	5.82	3.60	0.18	7.10	160	6.4	4.1	1.8	0.5	0.04				100.00			
	T3 CD	22	31	47	Fr.Ar.	5.30	3.90	0.19	8.29	112		2.5	0.4			3.08	0.85	6.832	42.45	57.55	45.10	
	T4 CST	19	39	42	Fr.Ar.Li.	5.27	3.90	0.19	9.47	128		2.0	0.5			2.05	0.85	5.405	46.25	53.75	38.00	
	T5 CSC	23	33	44	Fr.Ar.	5.60	3.30	0.16	10.66	145	5.0	3.6	0.8	0.6	0.02					100.00		
	T6 CSD	17	35	48	Fr.Ar.Li.	5.58	3.90	0.20	6.81	138	5.7	4.1	0.8	0.8	0.03					100.00		
	T7 PT	16	35	49	Fr.Ar.Li.	4.93	1.60	0.08	6.32	102		1.1	0.5			3.08	0.85	5.532	28.92	71.08	55.69	
	T8 PC	23	34	43	Fr.Ar.	5.56	4.20	0.21	7.40	144	5.8	4.2	1.1	0.5	0.02					100.00		
	T9 PD	20	38	42	Fr.Ar.Li.	5.76	3.30	0.16	6.51	132	5.3	4.0	0.8	0.5	0.02					100.00		
BLOQUE II	T1 CT	17	37	46	Fr.Ar.Li.	5.46	3.60	0.18	6.40	112		1.8	0.6			2.05	0.85	5.305	45.24	54.76	38.72	
	T2 CC	22	37	41	Fr.Ar.	5.77	4.20	0.21	9.47	146	5.4	3.8	1.0	0.6	0.03					100.00		
	T3 CD	19	33	48	Fr.Ar.Li.	5.38	3.30	0.16	8.58	114		2.4	0.5			3.08	0.85	6.832	42.45	57.55	45.10	
	T4 CST	22	37	41	Fr.Ar.	5.42	4.40	0.22	10.06	138		4.1	0.8			2.05	0.85	7.805	62.78	37.22	26.32	
	T5 CSC	22	34	44	Fr.Ar.	5.51	3.90	0.19	9.77	146	5.8	4.0	1.0	0.8	0.04					100.00		
	T6 CSD	19	38	43	Fr.Ar.Li.	5.72	4.20	0.21	6.22	153	5.9	4.1	1.2	0.6	0.03					100.00		
	T7 PT	15	36	49	Fr.Ar.Li.	4.86	3.30	0.16	5.92	108		1.7	0.6			2.05	0.85	5.205	44.19	55.81	39.46	
	T8 PC	21	36	43	Fr.Ar.	5.50	3.90	0.19	8.77	123		1.9	0.4			3.08	0.85	6.232	36.91	63.09	49.44	
	T9 PD	25	36	39	Fr.Ar.	5.52	3.90	0.19	7.99	123	2.3	1.2	0.6	0.5	0.02					100.00		
	BLOQUE III	T1 CT	17	38	45	Fr.Ar.Li.	5.20	2.70	0.13	6.31	109		1.5	0.6			3.08	0.85	6.032	34.81	65.19	51.08
T2 CC		23	35	42	Fr.Ar.	5.80	3.90	0.19	8.29	153	5.9	4.0	1.4	0.5	0.02					100.00		
T3 CD		21	32	47	Fr.Ar.	5.34	3.60	0.18	8.44	113		2.5	0.4			2.05	0.85	5.755	49.52	50.48	35.69	
T4 CST		20	38	42	Fr.Ar.Li.	5.35	4.15	0.21	9.77	133		3.1	0.6			2.05	0.85	6.555	55.68	44.32	31.33	
T5 CSC		23	34	43	Fr.Ar.	5.56	3.60	0.18	10.21	146	5.3	3.8	0.9	0.6	0.02					100.00		
T6 CSD		18	37	45	Fr.Ar.Li.	5.65	4.10	0.21	6.51	146	5.7	4.1	1.0	0.6	0.03					100.00		
T7 PT		17	36	47	Fr.Ar.Li.	4.90	2.45	0.12	6.12	105		1.4	0.5			3.08	0.85	5.832	32.58	67.42	52.83	
T8 PC		22	35	43	Fr.Ar.	5.53	4.05	0.20	8.09	134	4.2	3.1	0.6	0.5	0.03					100.00		
T9 PD		23	37	40	Fr.Ar.	5.64	3.60	0.18	7.25	128	3.6	2.6	0.6	0.4	0.01					100.00		

Tingo María, 27 de Abril de 2019

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUA
LASA TINGO MARIA E.I.R.L.
 Dr. José Wilfredo Zavala Solorzano
 JEFE DE LABORATORIO


Oficina Tingo María: Asunción Saldaña Lt 34; Teléfono de consultas: #999250084, #943909888, #988094215; Correo: lasatingomaria@gmail.com

Anexo 5. Informe meteorológico.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
Gabinete de Meteorología y Climatología



“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

INFORME DE DATOS METEOROLOGICOS

ESTACION: UNAS - TINGO MARIA

MESES Y AÑO: Noviembre, diciembre 2018; Enero – Abril 2019

COORDENADAS GEOGRAFICAS LOCALES:
Latitud: 09°18'00", **Longitud:** 76°01'00", **Altitud:** 660: m.s.n.m.


Mediante el presente adjunto a usted lo solicitado, que se explica en el siguiente cuadro:

MESES	MAXIMA	MINIMA	MEDIA	Humedad Relativa %	Precipitación P.P. m.m.	Horas de Sol
Noviembre 2018	29.6	21.3	25.4	86	494.1	107.0
Diciembre 2018	30.3	21.4	25.8	85	454.4	122.2
Enero 2019	29.9	21.0	25.4	85	547.6	107.8
Febrero 2019	29.6	21.0	25.3	84	159.1	92.5
Marzo 2019	30.2	21.0	25.6	85	500.9	123.3
Abril 2019	30.5	21.2	25.8	84	212.0	141.7

Es todo cuanto puedo informar para los fines que estime conveniente

Atentamente,

UNAS - TINGO MARÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
GABINETE DE METEOROLOGIA Y CLIMATOLOGIA

Ing. Msc. Lucio Manrique De Lara Suárez
JEFE

c.c.arch.

