

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS
RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**"ESTABLECIMIENTO DE MUCUNA (*Mucuna sp*) COMO ABONO
VERDE PARA RECUPERACIÓN DE UN SUELO DEGRADADO EN
TINGO MARÍA"**

Tesis

Para optar el título de :

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MENCIÓN: CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

BECKER ALFREDO ABENDAÑO LLANOS

PROMOCIÓN II - 2002

Tingo María - Perú

2008

F04

A12

Abendaño Llanos, Becker A.

Establecimiento de *Mucuna* (*Mucuna sp*) como Abono Verde para la Recuperación de un Suelo Degradado en Tingo Maria, 2008

59 h.; 23 cuadros; 5 figs.; 30 cm

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

MUCUNA SP / SUELO DEGRADADO / FERTILIDAD DE SUELO / ABONO VERDE / ANALISIS DE SUELO / TINGO MARIA/RUPA RUPA/LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERU.



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 16 de noviembre del 2006, a horas 06:30 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

" ESTABLECIMIENTO DE MUCUNA (*Mucuna sp*) COMO ABONO VERDE PARA RECUPERACION DE UN SUELO DEGRADADO EN TINGO MARIA"

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

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el Título de INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, Mención CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título de conformidad con lo establecido en el Art. 82 inc. i) del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 02 de Abril del 2007

Ing. M.Sc. JOSE LEYANO CRISOSTOMO
Presidente

Presidente



Ing. M.Sc. WILFREDO ZAVALA SOLORZANO
Vocal

Vocal

Ing. M.Sc. LADISLAO RUIZ RENGIFO
Vocal

Vocal

Ing. M.Sc. YTAVCLERH VARGAS CLEMENTE
Asesor

AUSENTE

Asesor

DEDICATORIA

**A Dios, por su eterno amor,
misericordia y perdón...**

A mis queridos padres:

Marcela y Michel.

**Con mucho respeto y agradecimiento por sus
abnegados sacrificios, apoyo y sabios consejos
que me dieron a lo largo de mi vida y formación
profesional. A ellos con todo el amor y cariño de
siempre.**

A mis queridas Hermanas:

Mery, Lucy y Patricia

Con mucho cariño, porque son parte de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de La Selva - Tingo María, alma mater, por la oportunidad que me dio de realizar uno de mis anhelados sueños de culminar mis estudios universitarios.

Al M.Sc. Ing. Ytavclerh Vargas Clemente, asesor del presente trabajo de investigación, por su oportuna y acertada orientación en la ejecución del experimento.

Al Ing. Jaime Torres García, asesor también del presente trabajo de investigación, por su ayuda y orientación.

A mis amigos, especialmente a: Raúl Gutiérrez, Manuel López Machado, Rolando Zelaya Ríos, por su colaboración en la ejecución de la tesis.

A mis padres y hermanas, por su ayuda oportuna en los momentos más difíciles.

ÍNDICE GENERAL

	Página.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 De la degradación de los suelos.....	3
2.2 La fertilidad de los suelos tropicales.....	4
2.3 Manejo ecológico de suelos.....	16
2.4 Los abonos verdes.....	17
2.5 <i>Mucuna (Mucuna sp)</i>	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1 Ubicación del experimento.....	25
3.2 Descripción del área de trabajo.....	25
3.3 Historia de campo.....	26
3.4 Condiciones climáticas.....	26
3.5 Análisis de suelo.....	27
3.6 Materiales.....	28
3.7 Descripción de los tratamientos en estudio.....	28
3.8 Análisis estadístico.....	28

3.9 Dimensiones del campo experimental.	30
3.10Ejecución del experimento	30
3.11Determinación de las observaciones	32
IV. RESULTADOS.....	34
4.1 De la fertilidad de suelo	34
V. DISCUSIÓN.....	43
5.1 De la fertilidad del suelo	43
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	53
VIII. ABSTRACT.....	54
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro:	Página.
1. Relación (C/N) de descomposición de materia orgánica.....	20
2. Descripción agroecológica de la mucuna.	24
3. Historia de la parcela de investigación.....	26
4. Análisis físico-químico del suelo antes de la ejecución el experimento.....	27
5. Descripción de los tratamientos de estudio.....	28
6. Esquema del análisis de varianza.....	30
7. Parámetros para la determinación de la fertilidad.....	33
8. Resumen de análisis de varianza de los parámetros de suelo.....	35
9. Prueba de significación de Duncan para la reacción del suelo.....	36
10. Prueba de significación de Duncan para la materia orgánica.....	37
11. Prueba de significación de Duncan para el nitrógeno total del suelo.....	39
12. Prueba de significación de Duncan para el fósforo del suelo.....	40
13. Prueba de significación de Duncan para el potasio del suelo.....	42
14. Análisis de suelos antes de la incorporación (<i>Mucuna sp</i>).....	61
15. Análisis de suelos después de la incorporación (<i>Mucuna sp</i>).....	62
16. Niveles críticos de los parámetros para la interpretación de suelos.....	63

17. Niveles críticos del pH del suelo.....	63
18. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución de tesis.....	64
19. Análisis de varianza del pH del suelo.....	65
20. Análisis de varianza de la materia orgánica del suelo.....	65
21. Análisis de varianza del nitrógeno del suelo.....	65
22. Análisis de varianza del fósforo del suelo.....	66
23. Análisis de varianza del potasio del suelo.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura:	Página.
1. Comportamiento de acidez del suelo antes y después de la incorporación del abono verde (<i>Mucuna sp</i>).....	36
2. Comportamiento de la materia orgánica del suelo antes y después de la incorporación del abono verde (<i>Mucuna sp</i>).....	38
3. Comportamiento de nitrógeno del suelo antes y después de la incorporación del abono verde (<i>Mucuna sp</i>) a un suelo degradado.....	39
4. Comportamiento de fósforo del suelo antes y después de la incorporación del abono verde (<i>Mucuna sp</i>) en suelo degradado.....	41
5. Comportamiento de potasio del suelo antes y después de la incorporación del abono verde (<i>Mucuna sp</i>) a un suelo degradado.....	42
6. Distribución de los bloques y parcelas en el campo experimental.....	67

RESUMEN

Se desea la restitución de los nutrientes extraídos y lixiviados. El objetivo es evaluar la densidad óptima de siembra, el rendimiento de la leguminosa (*Mucuna sp*) como abono verde y los cambios en la fertilidad para la recuperación de un suelo degradado (ex -cocal).

Las condiciones fisicoquímico antes del experimento fue: franco arcilloso a franco arcillo limoso, de reacción muy ácido, con contenido bajo en: materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio .disponibles del suelo. Se uso el diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, el T1 testigo (sin mucuna); T2 (1m x 1m); T3 (0,6m x 0,6m); T4: (0,3 m x 0,3m).

Se evaluó los parámetros de la fertilidad del suelo como el pH, la materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio del suelo, al inicio y a los ocho meses.

Según los resultados luego la incorporación del abono verde, el pH

del suelo se mantuvo con nivel muy ácido (3.74) con un incrementó en 3%, la materia orgánica se incrementó en 37,6%; con promedio de 3,54%; cuyo nivel fue medio. El nitrógeno total se incrementó en 40%; con promedio de 0,160%; siendo de nivel medio, la mucuna aportó 124,02 Kg/ha de nitrógeno disponible. El fósforo disponible se incrementó en 23,7%; con promedio de 9,61ppm de nivel medio, con 57,217Kg de P_2O_5 por hectárea. El potasio disponible se incrementó en 2,3 %; con promedio de 136,88 Kg/ha de K_2O con nivel bajo.

El uso del abono verde con una densidad optima de 0,3m x 0,3m; permite recuperar la fertilidad de un suelo degradado a mediano y largo periodo.

I. INTRODUCCIÓN

La tala excesiva de los bosques, las prácticas de los monocultivos agrícolas, las labranzas inadecuadas; el sobre pastoreo y la falta de costumbre de incorporar periódicamente nutrientes al suelo, propician la mayor destrucción de los bosques y los suelos.

Existen áreas (ex-cocales) que se encuentran abandonadas cubiertas unas veces por especies de gramíneas formando "los pajonales" como el rabo de zorro (*Andropogon sp*) y por especies de helechos formando los llamados "shapumbales" o "macorillales" (*Pteridium sp*), que cada año van invadiendo los suelos dejadas por el hombre.

Esta situación conlleva a la necesidad de desarrollar tecnologías apropiadas y sistemas de producción que armonicen los aspectos señalados, es decir, que por un lado conserven el ecosistema tropical y por otro, se ajusten a las condiciones técnicas, económicas y sociales reinantes en la zona del Alto Huallaga.

Los sistemas integrales de producción agrícola responden plenamente estas expectativas, por lo que actualmente estos sistemas tienen

una importancia en el óptimo aprovechamiento de los recursos naturales renovables.

Bajo este contexto el presente trabajo de investigación tiene por finalidad de restituir los nutrientes necesarios y proteger los suelos degradados mediante la incorporación de abono verde de la mucuna; cuyos objetivos son las siguientes:

1.1 Objetivo general

- Conocer la eficiencia de la leguminosa mucuna (*Mucuna sp*) como abono verde para la recuperación de un suelo degradado.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar los cambios en la fertilidad del suelo, después de la incorporación de mucuna, como abono verde.

- Determinar la densidad óptima de siembra de la mucuna para obtener mayor rendimiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 De la degradación de los suelos

2.1.1 Agricultura migratoria:

WATHERS (1971) conceptualiza como aquella agricultura de carácter muy primitiva, desarrollada sobre suelos de baja fertilidad y al cabo de dos, tres o cuatro cosechas, son abandonados por lapsos de 2 a 10 años, debido a la disminución rápida de la fertilidad a causa de las condiciones climáticas y las malas prácticas culturales, incursionando en nuevas áreas de bosques naturales. Transcurrido ese lapso vuelven a ser cultivados por períodos cada vez más cortos que los precedentes, debido a su degradación, para su posterior abandono.

CHIRRIF (1986) reporta que cuando los colonos disponían de tierras en la selva, su desconocimiento del medio y la falta de asistencia técnica, con tecnología productiva no apropiada para la selva, sin considerarse la vocación natural de los suelos amazónicos y el crédito restringido; les impidió lograr una producción eficiente y sostenible que permitiera mejorar su calidad de vida. Frente a esta frustración de desarrollo agropecuario, se intensifica la proliferación del cultivo de coca (*Eritroxylon coca*).

2.1.2 Cultivo intensivo de la coca

DOUROJEANNI (1987) refiere que el cultivo de la coca (*Eritroxylon coca*) está asociado a la intensa migración poblacional y a la deforestación, atraído por la economía de la coca, ocasionando la depredación de la flora y fauna.

Para Cabieses (1992), citado por VARGAS (1997), el crecimiento catastrófico del cultivo ilegal de la coca, debido a la economía monstruosa que representa este cultivo, está ocasionando daños ecológicos; así como la extinción de los recursos genéticos, la alteración del régimen hídrico, el deterioro de la capa superficial del suelo.

MUÑIZ (1988) reporta que el cultivo de la coca por su naturaleza se desarrolla de preferencia en lugares de fuerte gradiente, habiéndose propiciado la utilización de tierras de protección para éstos fines. Los suelos degradados son invadidos por malezas heliófitas, que se caracterizan por crecer en suelos empobrecidos.

2.2 La fertilidad de los suelos tropicales

CHIRRIF (1986) reporta que se hizo creer que la región selva es sinónimo de tierra fértil, de trabajo fácil y deshabitado, por eso se empezó a desplazar hacia la selva a la población andina desposeída de tierras.

Según Sánchez e Isabell (1979), citado por BOLIVAR *et al.* (2000), el 55% (822 millones de hectáreas) de los suelos de América tropical son considerados de baja fertilidad (oxisoles y ultisoles), los cuales presentan limitaciones principalmente químicas para la producción de cultivos, incluyendo deficiencias de los nutrientes como: P, N, K, S, Ca, Mg y Zn.

2.2.1 Reacción del suelo (pH)

WADSWORTH (2000) reporta que la formación de suelos en los trópicos está dada por la meteorización y la lixiviación proveniente de la combinación de altas precipitaciones y temperaturas, que a lo largo produce suelos ácidos con abundante concentración de H^+ , Al^{+++} y Fe^{+++} ; con una pobre saturación de bases, debido a la reacción del agua con el suelo.

Según ZAVALETA (1992), la acidez del suelo depende del material parental del suelo, su edad, forma y los climas actual y pasado. Puede ser modificado por el manejo del suelo.

La acidez del suelo está asociada con varias características, como el bajo nivel de calcio y magnesio intercambiables, el bajo porcentaje de saturación de bases, alta proporción de elementos tóxicos como aluminio intercambiable y manganeso; menor actividad de muchos microorganismos del suelo, llevando en casos extremos a una acumulación de la materia orgánica, a una menor mineralización y a una más baja disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre.

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.

2.2.2 La materia orgánica

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.

Según 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.

El suelo pierde su textura suelta por la falta de materia orgánica y del micro fauna, compactándose rápidamente. La fertilidad del suelo decae

abruptamente y en pocos años la producción rentable de plantas sobre él no será posible.

BORNEMISZA (1982) menciona que toda fracción coloidal como la arcilla y el humus, estado de descomposición de la materia orgánica poseen carga negativa superficial los cuales atraen a los cationes disponibles. Las arcillas contienen a los iones de H^+ y Al^{3+} , se pierden estos iones por un proceso edafocímico de las redes de minerales; estas arcillas no son tan estables sino que se descomponen eliminando H^+ y sustituyendo H^+ proveniente del agua por el aluminio de la red cristalina de la arcilla. El aluminio (Al^{3+}) reacciona con el agua formando hidróxido y liberan el H^+ que disminuirá el pH.

Según la ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO) (1997), señala que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, es una medida de la cantidad de las cargas negativas presentes en las superficies minerales y orgánicas del suelo; representa la cantidad de cationes que pueden ser retenidos en esas superficies. Un suelo con alta CIC puede retener una gran cantidad de cationes de los nutrimentos en los lugares de intercambio.

Esto implica que esos suelos con baja CIC necesitan un manejo diferente en lo que hace a la aplicación de fertilizantes, con pequeñas dosis de nutrimentos aplicadas frecuentemente.

Según FAO (1997), la disponibilidad de los nutrimentos es fundamental para el desarrollo de los cultivos. El contenido de nutrimentos del suelo depende del material original del suelo y su proceso de formación.

Además de evaluar los contenidos y proporciones de cationes intercambiables (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+), también será necesario evaluar el contenido de nitrógeno del suelo, a través de la materia orgánica, el contenido de fósforo disponible, el contenido de micronutrientes esenciales y el valor de la CIC del suelo.

2.2.3 El nitrógeno del suelo

BRACK y MENDIOLA (s.d) sostienen que la materia orgánica hacia la formación del humus, es una fuente importante de nutrientes, a través de los procesos de descomposición con la participación de bacterias y hongos absorben nutrientes disponibles los pone a disposición de las plantas. Fijan nitrógeno (NO_3^- , NH_4^+), fósforo (H_3PO_4), calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), potasio (K^+) y sodio (Na^+).

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.

Según CEPEDA (1991), los microorganismos simbióticos contribuyen con la mayor proporción en la fijación de nitrógeno. La fijación simbiótica ocurre generalmente en la rizósfera, en los primeros días de la inoculación, las bacterias se alimentan exclusivamente de la planta hospedera, se reproducen rápidamente y empieza la fijación de nitrógeno molecular, el que inicialmente es usado en su metabolismo al aumentar la producción comienza a ceder nitrógeno a la planta; en estados avanzados hasta un 90 % del nitrógeno fijado cede a la planta hospedera.

Según FASSBENDER Y BORNEMISZA (1987), el mecanismo de fijación es complicado y aún no se conoce íntegramente las formas finales de la síntesis de nitrógeno en la fijación; aminoácidos como el ácido glutámico y el aspártico, que participan en la formación de proteínas vegetales. 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 nutrimentos; la temperatura, el régimen hídrico y la aireación.

2.2.4 El fósforo del suelo

FORJAN (2003) menciona que el fósforo se encuentra en los suelos tanto en forma orgánica ligada a la materia orgánica, como inorgánicas que es la forma en que absorben los cultivos.

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.

El fósforo posee baja solubilidad causante de la deficiencia en la disponibilidad de la planta, que las absorben en forma de fosfatos derivados del ácido fosfórico. El contenido total de fósforo también depende de la materia orgánica en suelos tropicales, al aumentar predominan los fosfatos orgánicos y se obtiene una mayor cantidad de fósforo total; la participación del fósforo total generalmente varía entre 25 al 75 %. Algunos factores como la temperatura, la precipitación, la acidez y la actividad biológica de los suelos determinan la participación de las fracciones orgánicas e inorgánicas en el fósforo total.

Según CEPEDA (1991), en estudios de laboratorio se encontró que la mineralización es óptima con pH de 5,5 a 7; con temperaturas entre 25 a 45 °C y en condiciones intermedias de humedad. Al aumentar el fósforo disponible, la población microbiana se desarrolla considerablemente, ocasionándolo la inmovilización del fósforo.

La práctica de encalado acelera la mineralización al mejorar las condiciones de desarrollo de los microorganismos. El conocimiento de valores

de fósforo total en el suelo implica ciertas dificultades; como la información sobre las formas de fósforo asociados con la formación de fosfatos de Ca, Al y Fe; no están siempre disponibles, en los suelos tropicales predominan los fosfatos férricos e inertes, formas menos solubles.

Según FASSBENDER Y BORNEMISZA (1987), generalmente en los ecosistemas existen una distribución adecuada de fósforo en el suelo y el bosque ; así las reservas en la vegetación representa entre 20 % y 50 % de la reserva en el suelo, con la alteración de la materia orgánica se libera fósforo, que reacciona con el agua, para formar ácido fosfórico, finalmente este reacciona con Ca^{++} , Fe^{+++} , y Al^{+++} formando fosfatos insolubles.

Para el manejo de la fertilidad de los suelos en forma racional y sustentable es indispensable aumentar al máximo la eficiencia de su utilización, que no depende de la aplicación de mayores niveles de fertilizantes, sino de fomentar procesos de reciclaje y de solubilización del fósforo en el suelo.

Los equilibrios de reacción entre las distintas formas de fósforo dependen de los coloides y minerales presentes en el suelo, el pH, la actividad microbiológica, la presencia de enzimas, ácidos orgánicos y la intensidad de la demanda del nutriente.

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. El fósforo mejora la calidad de las frutas, hortalizas y granos; además es vital para la formación de la semilla. El fósforo está involucrado en la transferencia de características hereditarias de una generación a la siguiente.

Las concentraciones más altas de fósforo en plantas jóvenes se encuentran en el tejido de los puntos de crecimiento, debido a que el fósforo se mueve rápidamente de los tejidos viejos a los tejidos jóvenes, las deficiencias aparecen primero en las partes bajas de la planta; a medida que las plantas maduran, la mayor parte del fósforo se mueve a las semillas o al fruto.

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.

La fijación del fósforo puede ser el problema más serio en la rehabilitación de los suelos enfermos que sufren el síndrome de acidez, particularmente en suelos ricos en barro (arcilla).

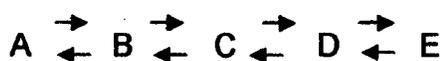
La disponibilidad de fósforo es más importante en el caso de leguminosas, que son plantas ideales para regenerar el suelo con materia orgánica como parte de los abonos verdes.

2.2.5 El potasio del suelo

Según CEPEDA (1991), la distribución del contenido total del potasio en los suelos, sigue un esquema geomorfológico relacionado con la presencia y la meteorización de micas y feldespatos, los suelos formados a partir de rocas pobres en feldespatos y micas serán pobres en potasio, los suelos formados a partir de rocas ricas en feldespatos y micas, resultan ricos en potasio, como sucede en muchos vertisoles.

En los suelos minerales la mayor cantidad de potasio se encuentra asociado con silicatos, en los feldespatos (ortosa u ortoclasa), en las micas (moscovita, leucita y biotita) y en los minerales arcillosos (illita, vermiculita, montmorillonita, cloritas y otros).

Según FASSBENDER Y BORNEMISZA (1987), el potasio presente en la solución del suelo, donde se produce la absorción por las planta, es una parte muy pequeña del potasio total; generalmente varía entre 0,1 y 100 mg/lt, en el suelo el potasio se encuentra en diferentes fracciones, los cuales presentan un equilibrio químico con distintas velocidades de reacción; que se representa en la ecuación:



Donde:

A: Es el potasio estructural, nativo contenido en los minerales

primarios (feldespatos potásicos y micas).

B: Es el potasio en minerales secundarios (illitas, micas hidratadas, vermiculita, montmorillonita, clorita y otros.

C: Es el potasio adsorbido en parte por la materia orgánica.

D: Es el potasio intercambiable en la superficie electrostáticas de las arcillas, materia orgánica y sesquióxidos.

E: Es el potasio en la solución del suelo.

El potasio intercambiable se encuentra adsorbido al complejo coloidal del suelo. El potasio cambiante es muy pequeño del potasio total.

La dinámica del potasio así como la de otros elementos catiónicos nutritivos presentan una naturaleza diferente a los de nutritivos aniónicos. La distinción radica en su comportamiento con respecto a la materia orgánica o humus, como los cationes no son componentes de la materia orgánica; el potasio en la solución del suelo es directamente disponible por las plantas pero en condiciones específicas puede ser percolado; cuando las plantas absorben potasio, o al ser este lavado, su reposición en la solución del suelo se produce a partir del potasio cambiante; a medida que se agota el potasio intercambiable, será necesario la reposición a través del potasio no cambiante pero disponible; la percolación causa pérdidas de potasio en el suelo, la aplicación de fertilizantes y su disolución rápida o lenta interfieren nuevamente en el equilibrio del potasio; parte del potasio aplicado pasa, entonces, a formar cambiantes o fijas.

La fijación del potasio es un proceso importante; este fenómeno ocurre debido a características específicas de los minerales arcillosos del grupo 2:1 como las illitas, montmorillonitas y vermiculitas. El espacio inter laminar de la illita sólo permite la acumulación de iones de potasio y NH_4^+ por tener diámetro menor. El potasio fijado llena el espacio y se establece una configuración química estable con el resto del mineral

CONTI (s.d) sostiene que las plantas obtienen el potasio del suelo que proviene de la meteorización de los minerales, de la mineralización de los residuos orgánicos o proviene de los abonos y fertilizantes.

Las bases K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} se encuentran formando sales o en forma iónica en el citoplasma celular de los tejidos vegetales; que al ser mineralizadas forman óxidos de potasio, calcio, magnesio en la solución del suelo; esta acumulación disminuye gradualmente en el suelo por lixiviación, erosión y absorción de plantas.

Sardi y Debreczeni, (1992); Buhman (1993), citado por CONTI (s.d), sostienen que varias investigaciones confirmaron que el sistema agrícola no tiene otra vía de ingreso natural para el balance de potasio que la reposición primaria proveniente de la liberación de los minerales primarios y secundarios, siendo preponderante la participación de la fracción arcilla. Los minerales arcillosos son la fuente principal de potasio en el suelo.

2.3 Manejo ecológico de suelos

CORONADO (s.d) sostiene que una forma de manejar un terreno, es cuidarlo, enriquecerlo y que se basa en hacer uso eficiente de los recursos disponibles.

2.3.1 Principios para un manejo agroecológico del suelo

FELIPE (1987) sostiene que uno de los principios agroecológicos del suelo es concebir al suelo no como un ente estático o soporte de la vegetación sino como un ente dinámico, con interrelaciones recíprocas entre sus componentes físicos, químicos y biológicos; por lo tanto la modificación de uno de ellos trae consigo una alteración del suelo en su conjunto, un constituyente valioso e irremplazable para lograr esta fertilidad global del suelo es la materia orgánica.

2.3.2 Los Abonos orgánicos

FAO (1997) sostiene que los abonos orgánicos son todos los materiales de origen orgánico que se pueden descomponer por la acción de microbios y del trabajo del ser humano, incluyendo además a los estiércoles de organismos pequeños y al trabajo de microbios específicos, que ayudan a la tierra a mantener su fuerza o fertilidad.

El abono orgánico lo puede crear la naturaleza o el ser humano con su trabajo. Esto lo hace con la ayuda organizada de las lombrices, las hormigas

y de millones y millones de microbios que se llaman hongos, bacterias y actinomicetos; todos participan hasta que los materiales orgánicos quedan convertidos en tierra rica en nutrientes.

ZAVALETA (1992) reporta que la materia orgánica tiene la habilidad de retener cationes y minimizar la pérdida por lavaje pues adsorbe nutrientes disponibles, el humus es un estado descomposición de la materia orgánica y posee una alta capacidad de intercambio catiónico, contienen ácidos orgánicos como carboxílicos ($-COOH$), fenólicos ($-OH$) que permiten el intercambio de H^+ del grupo carboxilo con otros cationes como (K^+ , Na^+ , Ca^{++} y NH_4^+), por tener una baja y débil afinidad de absorción.

Según CORONADO (s.d) y FAO (1997), los abonos orgánicos modernos son:

- 1 Compostas.
- 2 Abonos verdes.
- 3 Humus.
- 4 Biofertilizantes.
- 5 Abonos líquidos.

2.4 Los abonos verdes

Según ABONOS verdes (2002), cuando hablamos de "abonado en

verde" hacemos referencia a la utilización de cultivos de vegetación rápida, que se cortan y se entierran en el mismo lugar donde han sido sembrados y que están destinados especialmente a mejorar las propiedades físicas del suelo, a enriquecerlo con un "humus joven" de evolución rápida además de otros nutrientes minerales y sustancias fisiológicamente activas, así como a activar la población microbiana del suelo.

FRYE (1999) luego de evaluar el efecto de la *Crotalaria juncea* y *Phaseolus aureus* (frijol mungo), concluye que la fertilización mediante abonos verdes produjo mejoras en la cantidad y calidad de sus biomásas, tuvo efectos adicionales en el rendimiento de cultivos de sorgo y arroz, permitió disminuir la fertilización de los mismos y mejorar la fertilidad de los suelos utilizados, por lo cual se recomienda con una práctica para una agricultura orgánica y sostenible.

FELIPE (1987) sostiene que en la selva, el uso de abonos verdes, a base de leguminosas, constituye la principal fuente de materia orgánica base de la fertilidad del suelo, entendida en su expresión más amplia, radica en la materia orgánica y su transformación en humus.

2.4.1 Características deseables en un abono verde

ABONOS verdes (2002) sostiene que un abono verde ideal posee las siguientes características importantes:

- Un crecimiento rápido, follaje abundante, succulento y aumenten la materia orgánica de la tierra.

- Evitan la erosión, mejoran la textura de la tierra y evitan el crecimiento de malezas, enriquecen la tierra con más nutrientes, pues disminuyen la filtración y pérdida de nutrientes.
- Disminuyen enfermedades y plagas, en algunos casos, elimina problemas de transporte del abono, ya que se usa en el mismo lugar en donde se produce.
- La práctica es económicamente viable para diferentes tipos de campesinos.
- Deben crecer con vigor en los suelos más pobres sin aplicar ningún tipo de fertilizante y con un mínimo de preparación de la tierra y sembrado con macana o al voleo.
- Deben ser resistentes a la sombra para sembrarla intercalada con cultivos básicos o bajo los árboles y resistentes a las sequías o ambos.

2.4.1.1 Relación carbono nitrógeno (C/N)

Según CEPEDA (1991), las leguminosas son mas ricos en nitrógeno (proteínas) con relación al carbono (carbohidratos) que los residuos de la mayoría de las plantas (es decir menor relación (C/N) en todos los casos lo que interesa es la proporción que existe entre el contenido de carbono y nitrógeno, denominado carbono-nitrógeno (C/N), como se puede observar en el Cuadro 1, la descomposición es lenta mientras más amplia sea la relación C/N, por consiguiente menor cantidad de amonio será liberada; porque la proporción de carbono presente es mayor que la de nitrógeno.

Cuadro 1. Relación (C/N) y velocidades de descomposición de varios tipos de materia orgánica.

Tipo de material	Relación C/N	Descomposición
Rastrojo de sorgo	Alta (entre 30 y 100)	Lenta (Entre 90 y 100 días)
Granza de arroz	Muy alta (superior a 100)	Muy lenta (más de 180 días)
Aserrín de madera	Alta (superior a 100)	Muy lenta (más de 180 días)
Vaina de frijol	Baja (inferior a 30)	Rápida (menos de 60 días)
Pulpa de café	Baja (inferior a 30)	Rápida (menos de 60 días)
Estiércol de ganado	Baja (inferior a 30)	Rápida (menos de 60 días)
Excreta de gallina	Baja (inferior a 30)	Rápida (menos de 60 días)
Plantas de abonos verdes (mucuna, canavalia, vigna dolichos).	Baja (inferior a 30)	Rápida (menos de 60 días)
Rastrojo de maíz	Alta (entre 30 y 100)	Lenta (entre 90 y 100 días).

Según Fassbender (1982) y Allison (1993), citado por GERÓNIMO *et al.* (2002), durante la descomposición de la mucuna, los contenidos de materia orgánica y N total son altos, con una relación C/N de 10, que se clasifica como baja, indicativo que ocurrirá el proceso de mineralización, por lo tanto de liberación de N inorgánico disponible para la planta, pero en cantidades insuficientes para satisfacer las demandas del cultivo.

2.4.2 Las Desventajas de los abonos verdes

FAO (1997) sostiene que el uso en descanso de la tierra de los pequeños campesinos, quienes viven en pequeñas parcelas; y el uso de plantas como monocultivo trae consecuencias de aumento de insectos plagas. Aunque se pueden utilizar un número considerable de especies vegetales como abonos verdes, las tres familias de plantas más utilizadas para tal fin, son las leguminosas, las crucíferas y las gramíneas.

Las leguminosas son las más empleadas dada su capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico, en favor de los cultivos siguientes, además mejoran el terreno con la penetración de sus raíces y que incluso llegan a romper los terrenos más duros (las raíces de las leguminosas tienen más de 1m de longitud).

2.5 Mucuna (*Mucuna sp*)

2.5.1 Sinónimos:

Según CIDICCO (2003), *Stizolobium pruriens*, *Stizolobium aterrimum*, *Stizolobium deeringianum* Bort, *S. Niveum*.

2.5.2 Descripción:

GROLL (1997) sostiene que la mucuna como cultivo de barbecho puede mejorar la fertilidad del suelo, combatir la maleza, no deja crecer malas hierbas, crece muy rápidamente formando capas densas de tallos y hojas.

Se siembra la mucuna un metro por un metro, dos semillas por hoyo, durante la época lluviosa; la planta cubre todo el terreno después de aproximadamente 2 meses y medio.

La mucuna es una leguminosa que tiene la capacidad de asimilar nitrógeno del aire y almacenarlo en las raíces, tallos y hojas. El nitrógeno se encuentra concentrado sobretodo en los "nódulos" de las raíces, pequeñas "papitas", que se pueden observar cuando se arranca una planta con sus raíces cuidadosamente de la tierra.

REINDERS (2004) sostiene que siendo una leguminosa (Fam. Fabacea), la mucuna es capaz de fijar el nitrógeno atmosférico con los nódulos que se forman en sus raíces y almacenarlo en sus hojas.

Rozando la mucuna después de cuatro meses, el nitrógeno se libera durante la pudrición de la hojarasca y pasa a estar disponible para ser aprovechado.

Buckles *et al.* (1999), citado por REINDERS (2004), indican que la mucuna puede fijar entre 200 Kg y 350 Kg de nitrógeno por hectárea por año, lo que resulta en un incremento notable del potencial productivo del suelo y de la producción del maíz.

Según GERÓNIMO *et al.* (2002), puede descomponerse hasta el

65% del abono de mucuna, por lo que incorporando este material un mes antes de la siembra del maíz es posible sincronizar la liberación de N con las demandas del cultivo. La hoja de mucuna aporta mayor cantidad de N que el tallo llegando a liberar 254,8 y 288,4 Kg/ha de N, cuando los componentes de mucuna son aplicados superficial o enterrados. Los contenidos de P asimilable y K intercambiable se consideran altos, por lo que el cultivo de maíz tiene asegurado un buen suministro de estos nutrimentos.

Según CIDICCO (2003) tiene:

- **Tallos:** hasta 2-14 m de largo; densamente pilosos con tricomas blancos a parduscos.

- **Hojas:** trifoliadas, folíolos delgados, ovados, elípticos o romboides, ápice obtuso, base obtusa a truncada, folíolos laterales oblicuos, escasa a densamente pilosos, envés más piloso y más claro, pecíolos 6-21 cm de largo, estípulas estrechamente ovoides.

- **Inflorescencia:** en racimos axilares, hasta 20 cm de largo.

- **Flores:** con 5-15 flores fasciculadas; flores hasta 4 cm de largo, cáliz campánulado.

TSUZUKI (1993) sostiene que la mucuna, pica dulce, frijol terciopelo o frijol abono, es una vigorosa leguminosa trepadora anual, comunmente usado como abono verde. Según el Cuadro 2, se muestra la descripción agroecológica en la que la mayoría de las especies *Mucuna* presentan una razonable tolerancia a varios factores abióticos desfavorables,

como la sequía, la escasa fertilidad y la elevada acidez del suelo, si bien son sensibles a las heladas y se desarrollan deficientemente en los suelos húmedos y fríos.

Cuadro 2. Descripción Agroecológica de la mucuna.

Temperatura °C	Precipitación mm/año	Altura m.s.n.m	Tolerancia a ...			
			Sequia	Inundación	Sombra	Quema
13 - 32	400 - 2000	0- 1500	Excelente	Moderado	Buena	Poca

- **Usos:** forraje, medicinal, abono verde, cultivo de cobertura.
- **Siembra:** como monocultivo o en asociación, como yuca o maíz se necesitan 15 a 19 Kg por hectárea.
- **Número de Semillas:** 5500-6500 unidades por kilogramo.
- **Biomasa:** en relevo con maíz produce 1428 Kg /ha.
- **Fijación de Nitrógeno:** puede fijar hasta 350 Kg/ha/año.

3.3 Historia de campo

El área donde se instaló el presente experimento, tiene la siguiente secuencia histórica.

Cuadro 3. Historia de la parcela de investigación.

Año	Sucesiones de la vegetación
1983	Bosque primario
1984	Bosque secundario
1985	Cultivos anuales
1986	Purma
1987	Cocal
1992	(macurilla y rabo de zorro)
2004	Cultivo de mucuna

Fuente: Información de los Agricultores de la zona (2004).

3.4 Condiciones climáticas

Corresponde a una zona de vida como bosque muy húmedo, premontano subtropical (bmh-PST).

Los datos meteorológicos de la zona (Cuadro 19) fueron: la precipitación mensual (253,63 mm); y anual (3043,5 mm); la temperatura mensual fue de 24,75 °C; con una humedad relativa de 85,17 %.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del experimento

El experimento se llevó a cabo en el caserío de Santa Rosa ubicado a 14 Km del centro poblado mayor de Castillo Grande, en la margen izquierda del río Huallaga. Con coordenadas UTM E 384728, N 8981308, geográficamente se encuentra ubicada a 09° 08' 07" de Latitud Sur y 75° 57' 07" de Longitud Oeste, una altitud de 670 m.s.n.m.

Distrito	:	Rupa Rupa
Provincia	:	Leoncio Prado
Departamento:		Huánuco.

3.2 Descripción del área de trabajo

Zona con colinas de terraza media, con 40% de pendiente; con abundante vegetación de macorilla, rabo de zorro, y otras gramíneas formando pajonales a causa del monocultivo de la coca.

3.5 Análisis de suelo.

El análisis (Cuadro 4), indica las características de un suelo con textura franco arcilloso, de reacción muy ácido, con un contenido pobre en materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio disponible.

Cuadro 4. Análisis físico químico del suelo antes del experimento.

Parámetro	Contenido	Metodo
<u>Análisis Mecánico:</u>		
Arena %	24,6	Hidrómetro (Bouyoucos)
Limo %	38,8	Hidrómetro (Bouyoucos)
Arcilla %	36,6	Hidrómetro (Bouyoucos)
Textura	Franco arcilloso	Triángulo textural
<u>Análisis Químico:</u>		
pH	3,5	Potenciómetro
Materia orgánica %	1,7	Walkley y Black
Nitrógeno total %	0,08	% m.o x 0,045
Fósforo disponible ppm	6,3	Olsen modificado
Potasio disponible K ₂ O		
Kg/ha	123,5	Acido sulfúrico 6N

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelo de la UNAS Tingo María (2004).

3.6 Materiales

3.6.1 Herramientas

Para la instalación de la siembra de mucuna se utilizó las siguientes herramientas como son: el machete, cordel, wincha de 50 m, azadón, rastrillo, pintura.

3.7 Descripción de los tratamientos en estudio

Los tratamientos son el resultado de la combinación de la mucuna y las tres densidades de siembra más un testigo adicional (sin mucuna) representadas en claves, las cuales se puede observar en el siguiente cuadro.

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos de estudio.

Nº	Clave	Tratamiento	Descripción
1	T1	Testigo	Sin mucuna
2	T2	d1 (100cm)	(100*100cm)
3	T3	d2 (60cm)	(60*60cm)
4	T4	d3 (30cm)	(30*30cm)

3.8 Análisis estadístico

3.8.1 Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloque completo randomizado.

3.8.2 Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \sigma_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta del i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque.

Para: $i = 1, \dots, a$ tratamientos, densidad de siembra (mucuna)

$j = 1, \dots, d$ repeticiones en bloques

μ = Media general.

σ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento (densidad de siembra de mucuna).

β_j = Efecto del j -ésimo bloque. (Repetición).

ε_{ij} = Error experimental.

3.8.3 Análisis de varianza

Cuadro 6. Esquema de análisis de varianza.

Fuentes de variabilidad	G. L.	S. C.	SCM
Bloque	$(r-1) = 3$	$\sum y^2_{.j} / t - fc$	$\frac{S.C.B}{G.L.B.}$
Tratamiento	$(t-1) = 3$	$\sum y^2_{.j} / r - fc$	$\frac{S.C.T}{G.L.T.}$
Error experimental	$(r-1)(t-1) = 9$	Por diferencia	$\frac{S.C.E}{G.L.E.}$
TOTAL	$(r t - 1) = 15$		

La prueba de significación utilizado en los tratamientos fue la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$).

3.9 Dimensiones del campo experimental.

La distribución y dimensión de las parcelas se realizaron tal como se muestran en el anexo A; las dimensiones del campo experimental fueron:

- Largo del campo experimental	68m
- Ancho del campo experimental	34m
- Área neta del campo experimental	2 450m ²

3.9.1 Características de las parcelas

- N° de parcelas	16
- Largo de parcela	10 m
- Ancho de parcela	10 m
- Área de cada parcela	100 m ²

3.9.2 Características de los bloques

- N° de bloques	4
- Largo de cada bloque	45 m
- Ancho de cada bloque	12 m
- Área de cada bloque	540 m ²

3.10 Ejecución del experimento

La fase de campo del presente trabajo se realizó entre los meses

de marzo - 2004 a marzo - 2005, y consistió en lo siguiente:

3.10.1 Preparación de terreno.

Consistió en la limpieza del terreno, de todo el material arbustivo y rastrojos, dejando completamente limpio el área, luego se procedió a la remoción del suelo.

3.10.2 Demarcación del terreno

Luego de ejecutada la labor anterior, se procedió al delimitado de los bloques y las parcelas, con sus respectivas repeticiones.

3.10.3 Selección y preparación de la semilla de mucuna

Después de haber obtenido las semillas se procedió a seleccionarlas para luego ser tratadas con fungicida con la finalidad de prevenir de las enfermedades. Se utilizó aproximadamente 20 kilogramos de semillas de mucuna.

3.10.4 Instalación de la mucuna en campo

La instalación se realizó según el diseño que se muestra en el anexo A. Se instaló cuatro bloques, cada bloque consta de cuatro parcelas, en los cuales se aplicó cuatro tratamientos al azar siendo:

T4: con distanciamiento de 30 cm

T3: con distanciamiento de 60 cm

T2: con distanciamiento de 100 cm

T1: sin mucuna.

Una vez instalado se realizaron labores de limpieza hasta los cuatro meses de desarrollo.

3.10.5 Incorporación de mucuna como abono verde

La mucuna a los cuatro meses de desarrollo, en la etapa de la floración se incorporó mediante la remoción del suelo. Este abono orgánico se descompuso por la acción de microorganismos específicos, que ayudaron a la tierra a incrementar su fuerza o fertilidad.

3.11 Determinación de las observaciones

Se efectuó mediante muestreos bajo la modalidad de zig zag, el primer muestreo se realizó antes de sembrar la mucuna (*Mucuna sp*) en la cual se obtuvo dieciséis muestras, siendo una muestra por tratamiento; el segundo muestreo se realizó a ocho meses de la incorporación de la mucuna como abono verde.

Los análisis se realizaron en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, los parámetros y métodos a utilizar para determinar la fertilidad se indican en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Parámetros para determinar la fertilidad del suelo.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Método
Materia orgánica	M.O	%	Walkley y Black
Nitrógeno total	N	%	% m.o x 0,045 Olsen
Fósforo disponible	P	ppm	modificado Acido
Potasio disponible	K	Kg/ha	sulfúrico 6N
Reacción del suelo	pH	—	Potenciómetro

IV. RESULTADOS

4.1 De la fertilidad de suelo

El análisis de varianza (Cuadro 8), para estos caracteres indica que:

- Del análisis de varianza, para el efecto de bloques se encontró alta significación estadística, excepto para el parámetro de la reacción (pH).
- Los tratamientos en estudio tiene efectos variables, altamente significativos, al aplicar el abono verde en sus diferentes medidas de siembra.
- Los coeficientes de variabilidad de los parámetros evaluados son bajos, están dentro de los rangos estadísticos, aceptables para el trabajo de campo, cuya calificación es buena.

Cuadro 8. Resumen de análisis de varianza de los indicadores de fertilidad del suelo luego de la incorporación del abono verde (*Mucuna sp*).

Cuadrados medios						
Fuente de Variación	Grado de Libertad	Reacción (pH)	M. O %	N %	P %	K %
Bloque	3	0,014 NS	0,454 **	0,001**	33,56**	2330,25**
Tratamiento	3	0,031*	0,352 **	0,001 **	9,486 **	194,25 **
Error	9	0,005	0,047	0,0001	0,581	16,25
Total	15					
CV (%)		1,89	6,12	6,25	7,93	2,91

NS : No significativo

****** : Altamente significativo

***** : Significativo

4.1.1 La reacción del suelo (pH)

Realizado la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$); el tratamiento T4 (3,83) obtuvo el primer lugar, seguido de T3 (3,78); T2 (3,70); y siendo el más bajo el testigo T1 (3,63). El promedio general de la reacción del suelo del presente estudio es de 3,74; siendo de calificativo de muy ácido (Cuadro 9).

Cuadro 9. Prueba de significación de Duncan para la reacción del suelo, luego de la incorporación de abono verde (*Mucuna sp*).

Clave	Tratamiento	Acidez del Suelo (pH)	Significación Duncan ($\alpha=0,05$)
T4	d3 (30 x 30 cm)	3,83	a
T3	d2 (60 x 60 cm)	3,78	ab
T2	d1 (100 x 100 cm)	3,70	b
T1	Testigo sin mucuna)	3,63	c
Promedio		3,74	

Según los promedios obtenidos para la reacción del suelo (muy ácido), tuvo un incremento de 3% con respecto al análisis preliminar como indica en la Figura 1, el cual no es muy significativo en la fertilidad del suelo.

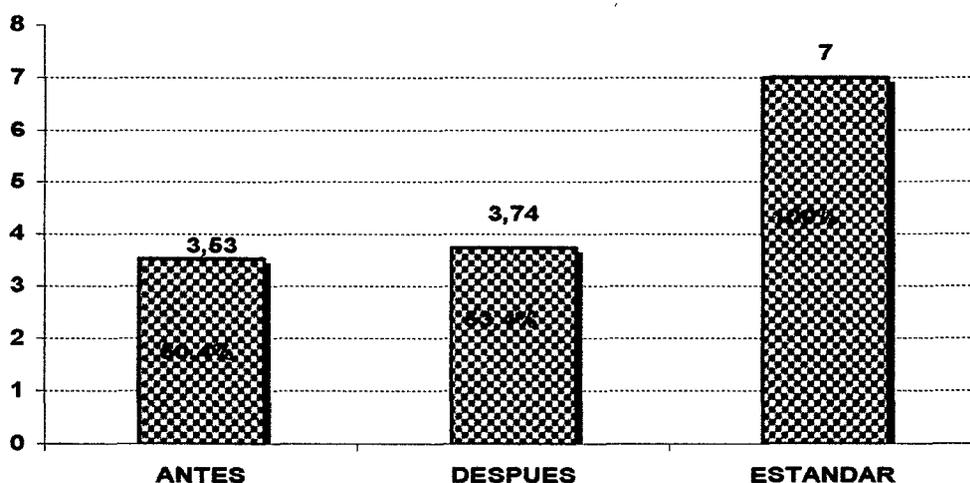


Figura 1. Los valores del pH antes y después de la incorporación del abono verde (*Mucuna sp*) a un suelo degradado.

4.1.2 La materia orgánica del suelo

Realizado la prueba de Duncan, el tratamiento T4 (3,93%) ocupa el primer lugar, el cual tiene diferencia significativa con el tratamiento T3 (3,60 %) y esto a su vez difiere significativamente con el T2 (3,43 %) y el testigo T1 (3,23 %). El promedio general de la materia orgánica del suelo es de 3,54%; siendo el nivel de fertilidad media (Cuadro 10).

Cuadro 10. Prueba de Duncan para la materia orgánica del suelo, luego de la incorporación de abono verde (*Mucuna sp*).

Clave	Tratamiento	Materia Orgánica (M.O %)	Significación Duncan ($\alpha= 0,05$)
T4	d3 (30 x 30 cm)	3,93	a
T3	d2 (60 x 60 cm)	3,60	b
T2	d1 (100 x 100 cm)	3,43	c
T1	Testigo (sin mucuna)	3,23	c
Promedio		3,54	

Según la Figura 2, la materia orgánica tuvo un incremento de 37,6% de incremento luego de la incorporación del abono verde, esto significa que a menor distanciamiento de siembra de la mucuna como abono verde (0,3; 0,6 m), incrementa la materia orgánica.

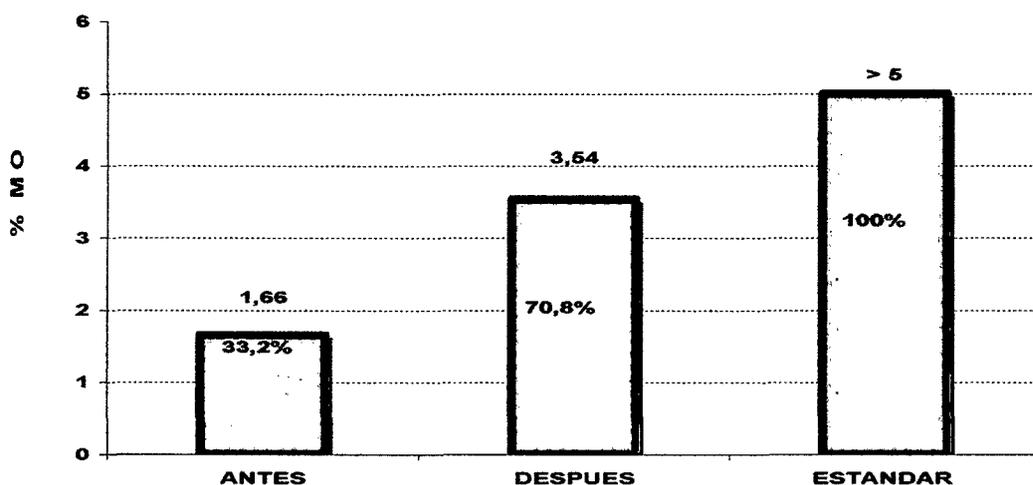


Figura 2. Los valores de la materia orgánica antes y después de la incorporación del abono verde (*Mucuna sp*) a un suelo degradado.

4.1.3 El nitrógeno total del suelo

Realizado la prueba de Duncan, el tratamiento T4 (177%) ocupa el primer lugar, el cual tiene diferencia significativa con el tratamiento T3 (0,162 %) y esto a su vez difiere significativamente con el T2 (0,154 %) y el testigo que es el más bajo T1 (0,145%). El promedio general del nitrógeno total de suelo del presente estudio es de 0,159 %; que equivale a 124,02 Kg/ha por cultivo de mucuna (Cuadro 11).

Cuadro 11. Prueba de significación de Duncan, para el nitrógeno total del suelo, luego de la incorporación del abono verde (*Mucuna sp*).

Clave	Tratamiento	Nitrógeno del Suelo (N) %	Significación Duncan ($\alpha=0,05$)
T4	d3 (30 x 30 cm)	0,177	a
T3	d2 (60 x 60 cm)	0,162	b
T2	d1 (100 x 100 cm)	0,154	cb
T1	Testigo (sin mucuna)	0,145	c
Promedio		0,160	

Las medias obtenidas, son de calidad media en todos los tratamientos de acuerdo a los niveles críticos en la fertilización de suelos, según la Figura 3, el nitrógeno del suelo se incrementó en 40% con la aplicación de abono verde.

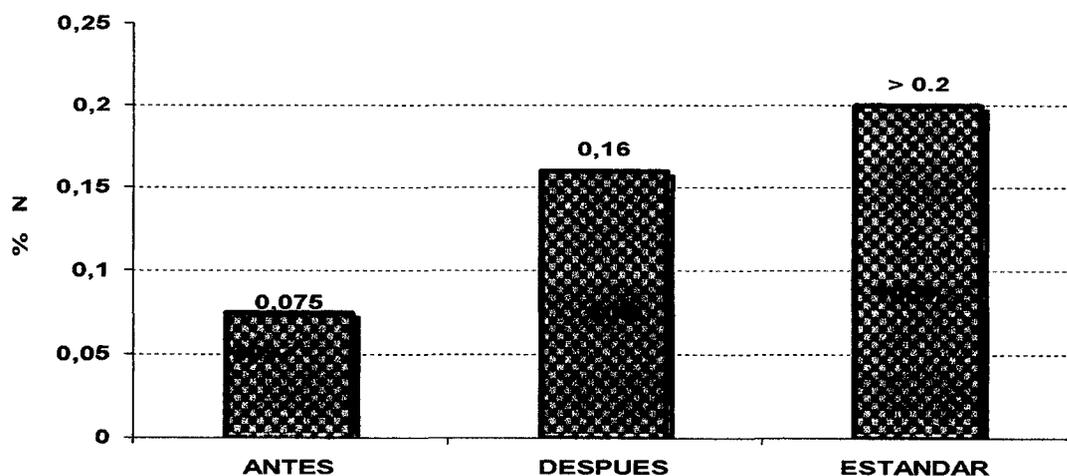


Figura 3. Los valores de nitrógeno total (%) antes y después de la incorporación del abono verde (*Mucuna sp*) a un suelo degradado.

4.1.4 El fósforo disponible del suelo

Realizado la prueba de Duncan, el tratamiento T4 (11,25 ppm) ocupa el primer lugar, el cual tiene diferencia significativa con el tratamiento T3 (10,38 ppm) y esto a su vez difiere con el T2 (9,080 ppm) y el testigo T1 (7,73 ppm). El promedio general del fósforo disponible del suelo del presente estudio fue de 9,61 ppm; que equivale a 57,217 Kg P₂O₅/ha por cultivo de mucuna (Cuadro 12).

Cuadro 12. Prueba de significación de Duncan para el fósforo disponible del suelo, luego de la incorporación del abono verde (*Mucuna sp*).

Clave	Tratamiento	Fósforo del Suelo (P ₂ O ₅) ppm	Significación Duncan (α = 0,05)
T4	d3 (30 x 30 cm)	11,25	a
T3	d2 (60 x 60 cm)	10,38	b
T2	d1 (100 x 100 cm)	9,08	c
T1	Testigo (sin mucuna)	7,73	c
Promedio		9,61	

Según los niveles críticos en la fertilización de suelos, los promedios obtenidos para el fósforo disponible son de calidad media en todo los tratamientos. Según la Figura 4, el fósforo disponible se incrementó en 23,7% luego de incorporar el abono verde.

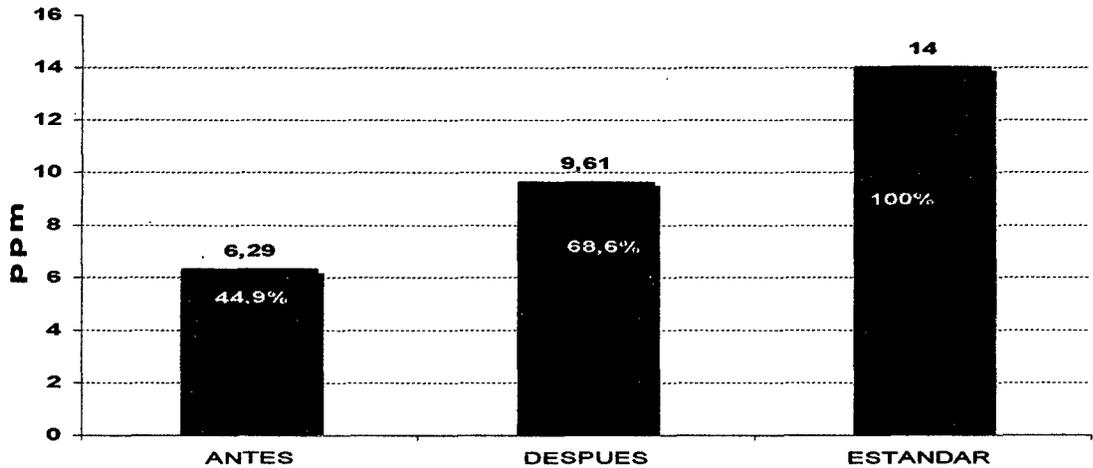


Figura 4. Los valores del fósforo disponible antes y después de la incorporación del abono verde (*Mucuna sp*) a un suelo degradado.

4.1.5 El potasio disponible del suelo

Realizado la prueba de Duncan ($\alpha= 0,05$); el tratamiento T4 (144 Kg/ha K_2O), ocupa el primer lugar, el cual tiene diferencia significativa con el tratamiento T3 (139,50 Kg/ha K_2O), T2 (136,50 Kg/ha K_2O) y el testigo T1 (127,50 Kg/ha K_2O).

El promedio general del potasio disponible del suelo del presente estudio es de 136,88 Kg/ha K_2O ; cuyo nivel en la interpretación del análisis de la fertilidad es bajo (Cuadro 13).

Cuadro 13. Prueba de significación de Duncan para el potasio disponible del suelo, luego de de la incorporación del abono verde (*Mucuna sp*).

Clave	Tratamiento	Potasio del Suelo Kg/ha K ₂ O	Significación Duncan ($\alpha=0,05$)
T4	d3 (30 x 30 cm)	144,00	a
T3	d2 (60 x 60 cm)	139,50	b
T2	d1 (100 x 100 cm)	136,50	b
T1	Testigo (sin mucuna)	127,50	c
Promedio		136,88	

Según los niveles críticos de la fertilización de suelos, obtenidos para el potasio disponible es de nivel baja, ya que el rango es bajo en la fertilidad de suelos (menor a 300 Kg/ha K₂O). Según la Figura 5, el potasio solo se incrementó en 2,3 % al incorporar el abono verde.

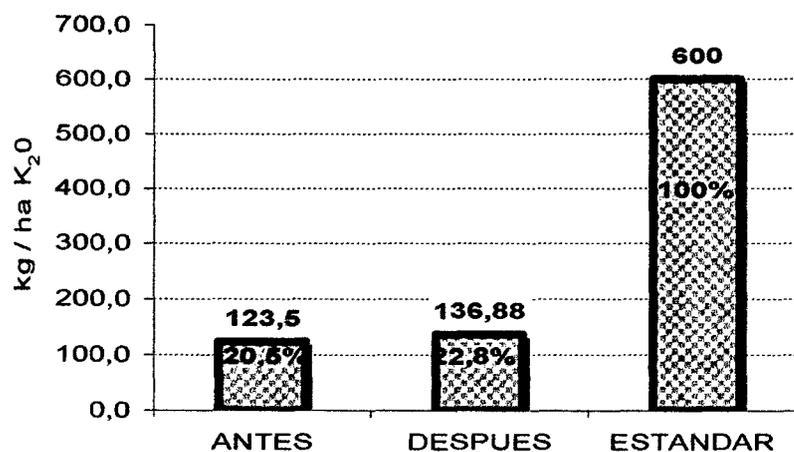


Figura 5. Los valores del potasio disponible antes y después de la incorporación del abono verde (*Mucuna sp*) a un suelo degradado.

V. DISCUSIÓN

5.1 De la fertilidad del suelo

Con respecto a la varianza de fertilidad del suelo de suelo (Cuadro 8), en la prueba de "F" nos indica que las diferencias son muy significativas estadísticamente para el efecto entre bloques, en la mayoría de los parámetros de la fertilidad, como materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio disponibles; de esta manera los bloques son distintos, pero dentro de un bloque las parcelas son relativamente homogénea esto es posiblemente por la heterogeneidad del suelo en cuanto a estos parámetros, que favorecen la precisión del experimento a excepción del pH, por lo que no fue significativo entre bloques, lo que indica que no se ha tenido éxito de reducir la varianza del error por agrupamiento de las unidades experimentales en bloques, los que han resultado muy homogéneo en toda su distribución.

Los tratamientos estudiados indican que tuvieron un comportamiento significativo para el pH y altamente significativo para la materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio disponibles del suelo.

En cuanto al coeficiente de variabilidad, los parámetros: pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio tuvieron valores bajas de

dispersión con respecto a sus valores medias otorgando mayor confiabilidad a los resultados; esto indica que los resultados son confiables.

En ese sentido la incorporación de la leguminosas como abono verde en áreas en suelos degradados permite en un tiempo no muy lejano recuperar e incrementar los nutrientes, hecho que es corroborado por muchos investigadores y en particular por FELIPE (1987) y FRYE (1999) quienes afirman que los abonos verdes son fuente de materia orgánica, y base importante de fertilidad, a través de los procesos de descomposición, además por su alta capacidad de intercambio catiónico que adsorbe nutrientes disponibles existentes como nitrógeno (NO_3^- , NH_4^+), fósforo (H_2PO_4^-), calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), potasio (K^+), sodio (Na^+) y otros, que los fija para poner a disposición de las plantas.

5.1.1 La reacción del suelo

En el Cuadro 9 en la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$); se observa que los tratamientos T4, T3, T2 y T1 con valores de 3,83; 3,78; 3,70 y 3,63 de respectivamente, que mostraron al final del estudio un nivel de acidez de muy ácido (Cuadro 17 del Anexo A), el cual es característico de los suelos tropicales degradados, producto de la lixiviación y precolación de cationes de baja adsorción.

Los tres tratamientos superaron al testigo; comparativamente todos los tratamientos tuvieron un incremento con respecto al del análisis de suelo

realizado antes de ejecutar el trabajo de investigación (Cuadro 4), se partió con un rango de muy ácido (3,50); luego de aplicar el abono verde como tratamiento se obtuvo incremento significativo de 3% estadísticamente con respecto al anterior, pero manteniéndose en el mismo nivel, el cual no es significativo en la fertilidad del suelo, esto se puede observar en la Figura 1.

Los suelos tropicales en su mayoría son ácidos como producto de la meteorización de la roca madre por altas temperaturas y precipitaciones que dan origen a la arcilla que es fuente de aluminio; la lixiviación de las iones cambiables por el efecto del agua de las precipitaciones; que da como consecuencia la acidez cambiante, debido a la presencia de aluminio (Al^{+++}), fierro(Fe^{++}); que por ser iones trivalentes y divalentes, que se adhieren fuertemente a los coloides (arcilla, humus) resistiendo al lavaje en comparación a otros cationes; estos a su vez se intercambian y proporcionan alta concentración de hidrógeno (H^+) al reaccionar con el agua formando óxidos, el cual es corroborado por (WADSWORTH, 2000 y ZAVALETA, 1992).

En términos generales la materia orgánica aportada por la leguminosa desplaza del complejo arcillo húmico al aluminio debido a su alta capacidad de intercambio catiónico, la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE); tuvo una variación de 0,2 o sea a un nivel bajo de 5,3 a 5,1 meq /100g de suelo, este cambio de niveles de la capacidad de intercambio catiónico efectivo, es debido a que el aluminio fue desplazado del complejo arcillo húmico y fue reemplazado por los cationes como el calcio, magnesio,

etc., hecho que es corroborado por ZAVALETA (1992), pero las proporciones no son significativas a nivel de la fertilidad, pues el incremento es mínimo, lo cual es necesario repetir los tratamientos mas veces que sea necesario para el pH tienda a la neutralidad.

5.1.2 La materia orgánica del suelo

En el Cuadro 10, en la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$); se observa que los tratamientos T4, T3, T2 y T1(testigo) con valores porcentuales de 3,93%; 3,60%; 3,43% y 3,23% respectivamente; al final del estudio mostraron niveles medios en materia orgánica del suelo, (Cuadro 16 del Anexo A), estos se incrementaron con respecto a los datos obtenidos antes de iniciarse la investigación, como se indica en el Cuadro 4, ya que el nivel era muy bajo 1,7%, al aplicar la *Mucuna sp* (abono verde) como tratamiento se obtuvo aumento significativo de materia orgánica a 3,54%, que significa un incremento de 37,6 % con respecto al anterior el cual se observa en la Figura 2.

El incremento significativo de la materia orgánica en los tratamientos incluyendo el testigo, nos indica que la materia orgánica es un constituyente valioso e irremplazable para lograr la fertilidad del suelo según BRAK (1992), porque es una fuente importante de nutrientes, a través de los procesos de descomposición con la participación de bacterias y hongos, hecho corroborado por FAO (1997), además tal como lo manifiesta ZAVALETA (1992) es responsable del incremento de la capacidad de intercambio catiónico, una de sus características importantes; en esta reacción un compuesto cambia al

sustituir uno de sus elementos por otro, así los elementos que estaban ligados a un compuesto pueden quedar libres en la solución del suelo y estar disponibles como nutrientes para las plantas; pues adsorbe nutrientes disponibles y los fija especialmente el nitrógeno (NO_3^- , NH_4^+), fósforo (H_2PO_4) calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), potasio (K^+), sodio (Na^+) y otros.

5.1.3 El nitrógeno total del suelo

En el Cuadro 11, en la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$); se observa que los tratamientos T4, T3, T2 y T1 con los valores porcentuales de 0,177; 0,162; 0,154 y 0,145 de nitrógeno respectivamente al final del estudio mostraron niveles medios de nitrógeno total en el suelo (Cuadro 16 del Anexo A), estos valores son mayores incluyendo el testigo con respecto a los datos obtenidos antes de iniciarse el trabajo de investigación, como se observa en el Cuadro 4, que presenta un nivel muy bajo de nitrógeno (0,08%); pues el nitrógeno proviene de la materia orgánica por un proceso de mineralización luego de aplicar el abono verde, se obtuvo un incremento significativo de nitrógeno (40%) con respecto al anterior, tal como se observa en la Figura 3.

Asimismo, el nitrógeno aumentó significativamente en todos los tratamientos, esto debido a la adición de la materia orgánica y fijación de Nitrógeno por parte de las leguminosas y los microorganismos simbióticos del suelo; por acción de las bacterias en la formación de amoníaco a partir de proteínas de residuos vegetales por un proceso de simbiosis; las leguminosas son mas ricos en nitrógeno (proteínas) con relación al carbono (carbohidratos)

que los residuos de la mayoría de las plantas (es decir menor relación (C/N) Según el Cuadro 1, la mucuna tiene una relación C/N baja (menor de 30), hecho que es corroborado por CEPEDA (1991), esto permite una rápida descomposición de los residuos orgánicos de la leguminosa por ello muchos países lo prefieren como cobertura y abono verde asociados con cultivos de maíz, arroz, etc. que le permitieron incrementar su producción y disminuir los costos de limpieza y cultivo hechos que son afirmados por (GROLL, 1997).

Según Buckles (1999) citado por GERONIMO *et al.* (2002), puede descomponerse hasta el 65% del abono de mucuna y su hoja aporta mayor cantidad de Nitrógeno que el tallo llegando a liberar 200 - 350 Kg/ha de Nitrógeno total de suelo por año, en los resultados solo se obtuvo en promedio 124,02 Kg/ha de nitrógeno disponible por cultivo, inferior a la cantidad obtenida en investigaciones antes mencionadas por tratarse de un suelo muy degradado y un solo cultivo al año.

5.1.4 El fósforo disponible del suelo

En el Cuadro 12, en la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) se observa los tratamientos T4, T3, T2 y T1 (11,25; 10,38; 9,08 y 7,73) ppm; al final del estudio mostraron niveles medios de fósforo disponible en el suelo, (Cuadro 16 del Anexo A); incrementándose con respecto a los datos obtenidos antes de iniciarse el trabajo de investigación, como se indica en el Cuadro 4, ya que el nivel era muy bajo (6,30 ppm); luego de aplicar la *Mucuna sp* (Abono verde), como tratamiento se obtuvo un incremento significativo de fósforo de 23,7%

con respecto al anterior, el cual se puede observar en la Figura 4.

El incremento obtenido en los tratamientos es debido al aporte de la materia orgánica aportada por la leguminosa (*Mucuna sp*), que al descomponerse la estructura vegetal adicionan fósforo al suelo, estas referencias son reafirmadas por FASSBENDER Y BORNEMISZA (1987) y FORJAN (2003), quienes manifiestan que todos los fosfatos son derivados del ácido fosfórico (H_3PO_4); el fósforo orgánico se encuentra como: fosfolípidos, ácidos nucleicos; además por su alta capacidad de intercambio catiónico permite el desplazamiento de cationes de Al, Fe y Mn adsorbidos en los iones fosfatos de esta manera liberándolos para ser aprovechadas por las plantas; 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 tienen la tendencia de retener o fijar a este elemento en formas no solubles, difícilmente asimilables por las plantas.

El manejo de la fertilidad de los suelos tanto racional y sustentable hacen indispensable aumentar al máximo la eficiencia de su utilización, la que no depende de mayores tasas de aplicación de fertilizantes, sino de fomentar procesos de reciclaje y de solubilización del fósforo en el suelo, mediante la incorporación de mucuna se obtuvo 57,217Kg de P_2O_5 por hectárea.

Los equilibrios de reacción entre las distintas formas de fósforo dependen de los coloides y minerales presentes en el suelo, el pH, la actividad

microbiológica, la presencia de enzimas, ácidos orgánicos y la intensidad de la demanda del nutriente.

5.1.5 El potasio disponible del suelo

En el Cuadro 13, en la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$), se observa que los tratamientos T4, T3, T2 y T1 contienen 144; 139,5; 136,5 y 127,5 Kg/ha K_2O , respectivamente que muestran niveles bajos de potasio disponible en el suelo (Cuadro 16 del Anexo A), sin embargo, tuvo un incremento significativo con respecto a los datos obtenidos antes de iniciarse el trabajo de investigación, como se puede observar en el Cuadro 4, que fue de 123,5 Kg/ha K_2O . Luego de aplicar la *Mucuna sp* (Abono verde), como tratamiento se obtuvo un incremento de potasio con un porcentaje de 2,3% con respecto al anterior, el cual se puede observar en la Figura 5.

En cuanto a los resultados obtenidos se puede decir que el K_2O en comparación con nutrientes como N, P, Ca, Mg, etc., tiene poca dependencia de la materia orgánica como fuente de abastecimiento, ya que los minerales arcillosos son la fuente principal de K_2O en el suelo, hecho que es corroborado por CONTI (s.d) quien sostiene que el K_2O que las plantas obtienen del suelo, proviene mayormente de la meteorización de los minerales secundarios del suelo, luego de la mineralización de los residuos orgánicos; en los cuales están presente como factor enzimático y en forma de sales en el citoplasma vegetal, una porción del elemento requerido entra en la solución del suelo de forma inmediata, que queda disponible mientras que el resto participa en el

intercambio de bases y permanece en el suelo incorporado a los coloides.

Investigaciones realizadas confirmaron que el sistema agrícola no tiene otra vía de ingreso natural para el balance de K_2O que la reposición primaria proveniente de la liberación de los minerales primarios y secundarios, siendo preponderante la participación de la fracción arcilla.

En general los nutrientes aportados por la mucuna es significativo predominando la materia orgánica, nitrógeno seguido de fósforo y potasio, la mucuna por ser una leguminosa aportó en mayor proporción el nitrógeno orgánico fijado y como parte de su estructura vegetal al igual que el fósforo; siendo en menos proporción el aporte de potasio debido que es fijado en la estructura vegetal en menos proporción como factor enzimático y formando sales en el citoplasma vegetal.

También es necesario mencionar las condiciones del suelo en cual se instaló la mucuna como abono verde, que corresponde a un suelo degradado con deficiencia de nutrientes debido al lavado del suelo por la lluvias, como consecuencia sufrió la pérdida de nutrientes esenciales como Ca, Mg, P, N, K, etc., debido a la precolación y lixiviación aumentando la concentración de H^+ y cationes de mayor adsorción como Al, Mn y Fe, acidificantes del suelo.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La eficiencia de la leguminosa *Mucuna sp* como abono verde fue de nivel medio, para la materia orgánica, el nitrógeno total y el fósforo disponible del suelo, que tuvieron un incremento al incorporar del abono verde, a excepción del pH del suelo que tuvo incremento no significativo en la fertilidad del suelo, luego de la incorporación del abono verde, con nivel de muy ácido (3,74) en la reacción; igualmente el potasio disponible del suelo (K_2O) tuvo un incremento mínimo de 2,3 % luego de la incorporación del abono verde, con nivel bajo en fertilidad de suelo; el cual puede incrementar con tratamientos seguidos en diversos periodos.

2. La densidad óptima para la siembra fue del T4, cuyo distanciamiento entre surco y planta fue de 0,3m x 0,3m; predominando en los cuatro bloques investigados, que permite mayor incorporación de biomasa.

VII. RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos y conclusiones establecidas, se sugieren las siguientes recomendaciones:

1. Evaluar costos de establecimiento y mantenimiento de otras especies para abono verde y coberturas de preferencia leguminosas.

2. Incorporar el abono verde más de una vez en periodos cortos.

3. Efectuar trabajos de coberturas y abono verde en diferentes tipos de suelo y épocas del año.

4. Determinar la eficiencia en la fijación de nitrógeno entre diversas especies de leguminosas.

5. Determinar el análisis y la cantidad de biomasa antes de incorporar como abono verde.

VIII. ABSTRACT

The present investigation title of whom is : Mucuna's establishment (*Mucuna sp*) as a green manure for recuperation of a soil degraded in tingo mary, it is wanted to develop a soil handling and the restitution of the extracted nutrients and leached. The objective is to evaluate the good density of sowing, the yield of the leguminous one (*Mucuna sp*) as green manure and the changes in the fertility for the recovery of a degraded soil (ex -coca plantation).

The conditions chemical physiques before the experiment were: clayey franc to clayey slime franc, of very sour reaction, with a low content in: organic matter, total nitrogen, and phosphorous and potassium .available, with design of blocks totally at random with 4 repetitions, where T1 witness (without mucuna), T2(1m x 1m); T3 (0,6m x 0,6m); T4 (0,3 m x 0,3m).

The fertility of the soil was evaluated whose parameters were: the pH, the organic matter, nitrogen, phosphorous and potassium of the soil, those that were carried out before and to the eight months.

According to the obtained results is settles down that: The pH of

the soil you increment in 3% after the incorporation of the green manure, with average of 3,74; whose level is very sour. The organic matter was increased in 37,6%; with average of 3,54% whose level of fertility of the soil was half. The total nitrogen of the soil was increased in 40%, with average of 0,160%; being its half level in fertility of the soil; the mucuna contributed 124,02 Kg/hectare of available nitrogen. The available phosphorous of the soil was increased in 23,7%; with an average of 9,61ppm; whose level of soil fertility was half, which was obtained 57,217Kg of P_2O_5 by hectare. The available potassium of the soil was increased in 2,3%; with an average of 136,88 Kg/hectare of K_2O whose qualifying in soil fertility it is low.

The use of green manure, with the good density for the sowing (0,3m x0,3m) allows to recover the fertility of a soil degraded to medium and long period.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABONOS verdes. 2002. Santiago de Chile. [En línea]: Abcagro.com, (http://www.abcagro.com/fertilizantes/abonos_verdes.asp, artículo, 20 de set. 2005).

BRACK, W. 1992. Experiencias agroforestales exitosas en la cuenca amazónica. FAO/ATP/GPS/RLA/ 118/ NET. 195 p.

BRACK, A. y MENDIOLA, C. s.d. Materia orgánica. *In*: Enciclopedia "Ecología del Perú". Lima, Perú [En línea]: Perú ecológico, (<http://www.peruecologico.com.pe>, documento, 30 de oct, 2005).

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>, artículo, 24 de oct. 2005).

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

CENTRO INTERNACIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE CULTIVOS DE

- COBERTURA. .1991. *Mucuna pruriens*. Honduras. [En línea]: CIDICCO, (<http://www.cidicco.hn/mucuna>, artículo, 6 de oct. 2005).
- CEPEDA, J. 1991. Química de los suelos. México.
- CHIRRAF, F. 1986. Saqueo amazónico. CETÁ. Iquitos, Perú.
- CONTI, M. s.d. Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo Universidad de Buenos Aires. Argentina. [En línea]: Internacional Plant Nutrition Institute (IPNI), (<http://www.ipni.net/ppiweb/ltams>, resumen, 6 agost. 2005).
- CORONADO, A. s.d. Manejo ecológico del suelo. Lima –Perú. [en línea]: Desarrollo CIED, (<http://www.ciedperu.org/manuales/suelin.htm>, manual técnico, 20 agost. 2005).
- DOUROJEANNI, M. 1987. Gran geografía del Perú ;Recursos naturales, desarrollo y conservación en -Perú. Vol. IV ed. Manfer. Lima, Perú. 240 p.
- FASSBENDER Y BORNEMISZA. 1987. Química de los suelos. Con énfasis en suelos de América Latina. IICA. Costa Rica.
- FELIPE, C. 1987. Concepción y manejo del suelo en la agroecología. Lima - Perú. [En línea]: CIED, (<http://www.ciedperu.org/bae/b64c.htm>, manual técnico, 20 agost. 2005).
- FORJAN, H. 2003. Producción de cultivos y exportación en la región sur Bonaerense. EEA INTA Balcarce. Buenos Aires, Argentina. [En línea]: Fertilizar.org.com,

(<http://www.fertilizar.org/mportanciadelfosforoorganicodelsuelo>, artículo, 20 agost. 2005).

FRYE, A. 1999. Efecto de la fertilización en dos abonos verdes y su incidencia en los suelos y en los rendimientos del cultivo siguiente. Universidad de Tolima. Colombia 2 (7). [En línea]: Universidad de Tolima, Comité central de investigaciones, (<http://www.ut.edu.co/investigación> , artículo, 16, ene 2006).

GERÓNIMO, A., SALGADO, S., CATZIN, F. Y ORTIZ, A. 2002. Descomposición del follaje de nescafé (*Mucuna sp*) en la época seca Venezuela – Caracas. [En línea]: Universidad de Tolima, Comité central de investigaciones, (<http://www.ut.edu.co/investigacion> , artículo, 24 feb.2005).

GROLL, H. 1997. Pasos hacia una agricultura más rentable y ecológicamente apropiada, Asociación de Agricultura Ecológica, Puerto Maldonado-Perú. [En línea]: (<http://www.uni-hohheim.dechman/mucuna.html>), artículo, 16 ene. 2006).

MUÑIZ, O. 1988. El cultivo de coca y sus implicancias en el desarrollo regional caso del departamento de San Martín en los valles del Huallaga central y Bajo Mayo. Editorial RUMI MAQUI. Lima, Perú. 40 p.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO) .1997. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO. N°8. Ibadan - Nigeria. [En línea]: FAO,

<http://www.FAO.org/ao.html>, boletín, 16 ene. 2006).

REINDERS, H. 2004. Producción de maíz con la cobertura y el abono verde de la mucuna en los bajiales del río Marañón en Loreto, Perú. 19 (4) [En línea]: LEISA, revista agroecológico, (<http://www.leisa-al.org.pe/anteriores/201>, revista, 7 junio. 2004).

TSUZUKI, G. 1993. Capítulo 1 - El frijol terciopelo: una planta nueva con historia. *In*: Los cultivos de cobertura en la agricultura en laderas. Canadá. [En línea]: Centro de investigaciones para el desarrollo, (<http://www.idrc.ca/es/ev.html>, documento, 30 mar. 2005).

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.

WATHERS, R. 1971. La agricultura migratoria en América Latina. FAO, Cuadernos de fomento forestal No 17. Roma. 32 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. 1º edición. Lima – Perú. 190p.

ANEXOS

Anexo A. Datos de análisis químico, estadísticos, climático y diseño de parcelas

Cuadro 14. Análisis de suelos antes de la incorporación de mucuna (*Mucuna sp*).

N° Muestras	pH	co2ca	M. O	N	P	k ₂ O	Cambiabiles me /100g									
							Lab.	Campo	01:01	%	%	%	ppm	Kg/ha	CIC	Ca
M1	I-T1	3,5	0	1,5	0,07	6,6	108,0	0	0	0	0	0	3,0	2,0	2,2	5,2
M2	I-T2	3,6	0	1,9	0,09	6,6	114,0	0	0	0	0	0	2,8	1,8	2,4	5,2
M3	I-T3	3,6	0	1,9	0,09	7,4	120,0	0	0	0	0	0	3,0	1,8	2,2	5,2
M4	I-T4	3,6	0	1,5	0,07	5,8	122,0	0	0	0	0	0	2,8	2,0	2,5	5,3
M5	II-T1	3,5	0	1,8	0,08	5,2	107,0	0	0	0	0	0	2,7	1,6	2,6	5,3
M6	II-T2	3,4	0	1,6	0,07	6,6	126,0	0	0	0	0	0	2,9	1,3	2,7	5,6
M7	II-T3	3,6	0	1,9	0,09	5,7	135,0	0	0	0	0	0	3,0	1,8	2,5	5,5
M8	II-T4	3,7	0	1,5	0,07	6,4	126,0	0	0	0	0	0	3,0	1,5	2,6	5,6
M9	III-T1	3,4	0	1,4	0,06	5,6	126,0	0	0	0	0	0	2,6	1,4	2,6	5,2
M10	III-T2	3,5	0	1,5	0,07	6,5	142,0	0	0	0	0	0	2,8	1,6	2,4	5,2
M11	III-T3	3,5	0	1,8	0,08	5,2	142,0	0	0	0	0	0	3,0	1,3	2,6	5,6
M12	III-T4	3,6	0	1,9	0,09	6,9	138,0	0	0	0	0	0	3,0	1,9	2,4	5,4
M13	IV-T1	3,5	0	1,6	0,07	6,7	118,0	0	0	0	0	0	3,0	1,7	2,0	5,0
M14	IV-T2	3,4	0	1,9	0,09	7,4	110,0	0	0	0	0	0	2,8	1,8	2,3	5,1
M15	IV-T3	3,4	0	1,4	0,06	5,8	120,0	0	0	0	0	0	2,9	1,6	2,5	5,4
M16	IV-T4	3,6	0	1,5	0,07	6,2	122,0	0	0	0	0	0	2,6	1,6	2,4	5,0
Promedio :		3,5	0,0	1,7	0,1	6,3	123,5	0	0	0	0	0	2,9	1,7	2,4	5,3

Cuadro 15. Análisis de suelos después de la incorporación de mucuna (*Mucuna sp.*).

N° Muestras		pH	co ₂ ca	M. O	N	P	k ₂ o	Cambiables me /100g								
Lab.	Campo	01:01	%	%	%	ppm	Kg/ha	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al+H	Al+++	Ca + Mg	CICE
M1	I-T1	3,70	0,0	2,90	0,13	5,80	114,0	0	0	0	0	0	3,10	1,60	2,00	5,10
M2	I-T2	3,80	0,0	2,90	0,13	8,30	120,0	0	0	0	0	0	3,00	1,60	2,20	5,20
M3	I-T3	3,80	0,0	3,10	0,14	8,60	132,0	0	0	0	0	0	3,20	1,50	2,10	5,30
M4	I-T4	3,80	0,0	3,30	0,14	8,90	132,0	0	0	0	0	0	3,00	1,60	2,00	5,00
M5	II-T1	3,60	0,0	3,10	0,14	9,40	144,0	0	0	0	0	0	3,30	2,80	1,50	4,80
M6	II-T2	3,70	0,0	3,60	0,16	10,80	156,0	0	0	0	0	0	2,80	1,60	2,00	4,80
M7	II-T3	3,90	0,0	3,70	0,16	12,50	150,0	0	0	0	0	0	2,60	1,40	2,20	4,80
M8	II-T4	3,90	0,0	4,10	0,18	13,50	156,0	0	0	0	0	0	2,40	1,50	2,40	4,80
M9	III-T1	3,50	0,0	3,60	0,16	10,10	156,0	0	0	0	0	0	3,00	1,70	1,80	4,80
M10	III-T2	3,60	0,0	3,70	0,16	11,40	162,0	0	0	0	0	0	3,10	1,40	2,00	5,10
M11	III-T3	3,70	0,0	3,70	0,16	14,20	162,0	0	0	0	0	0	3,00	1,40	2,20	5,20
M12	III-T4	3,80	0,0	3,80	0,17	14,40	168,0	0	0	0	0	0	2,90	1,60	2,30	5,20
M13	IV-T1	3,70	0,0	3,30	0,15	5,60	96,0	0	0	0	0	0	3,40	1,60	2,00	5,40
M14	IV-T2	3,70	0,0	3,50	0,16	5,80	108,0	0	0	0	0	0	3,00	1,80	2,40	5,40
M15	IV-T3	3,70	0,0	3,90	0,18	6,20	114,0	0	0	0	0	0	3,20	2,00	2,10	5,30
M16	IV-T4	3,80	0,0	4,50	0,20	8,20	120,0	0	0	0	0	0	2,80	1,60	2,50	5,30
Promedio :		3,7	0,0	3,5	0,2	9,6	136,9	0	0	0	0	0	3,0	1,7	2,1	5,1

Cuadro 16. Niveles críticos para la interpretación de Análisis suelos.

Nivel Crítico	Cantidad en el suelo			
	M.o %	N %	P (ppm)	K Kg/ha k ₂
Bajo	< 2	< 0,1	< 7	< 300
Medio	2 - 4	0,1 - 0,2	7 - 14	300 - 600
Alto	> 4	> 0,2	> 14	> 600

FUENTE: curso de fertilidad de suelo - Ing. Luís Mansilla Minaya.

Cuadro 17. Niveles críticos de pH del suelo.

pH	Calificativo	Observaciones
Menores de 5,5	Muy ácido	Problemas de disponibilidad de P
5,5 - 6,5	Ácido	
6,6 - 7,3	Neutro	Alta disponibilidad de nutrientes
7,4 - 8,4	Básico	
Mayores de 8,5	Muy básico	Problemas de sodicidad

FUENTE: curso de fertilidad de suelo - Ing. Luís Mansilla Minaya.

**Cuadro 18. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución del experimento
(Enero - Diciembre 2004).**

Mes	Temperatura (°C)	H . R %	Precipitación (mm)
Enero	25,6	82	304,4
Febrero	24,3	86	298,1
Marzo	25,7	84	420,0
Abril	25,5	84	180,6
Mayo	25,0	84	137,0
Junio	24,0	85	86,9
Julio	23,9	87	237,0
Agosto	23,3	86	73,6
Setiembre	24,1	86	196,8
Octubre	25,1	85	303,3
Noviembre	25,1	86	466,1
Diciembre	25,4	87	339,7
Total	297,0	1022	3043,5
Promedio	24,75	85,17	253,63

FUENTE: Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones - Tingo María (2004).

Cuadro 19. Análisis de varianza de pH.

F.V.	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tabulado}		Sign.
					0,05	0,01	
Bloques	3	0,042	0,014	3,096	3,86	6,99	NS
Tratamiento	3	0,092	0,031	6,791	3,86	6,99	*
Error Experimental	9	0,041	0,005				
Total	15	0,174					

C.V. (%) = 1,89

Cuadro 20. Análisis de varianza de materia orgánica (%).

F.V.	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tabulado}		Sing.
					0,05	0,01	
Bloques	3	1,362	0,454	9,714	3,86	6,99	**
Tratamiento	3	1,057	0,352	7,539	3,86	6,99	**
Error Experimental	9	0,421	0,047				
Total	15	2,839					

C.V. (%) = 6,12

Cuadro 21. Análisis de varianza de Nitrógeno Total (%).

F.V.	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tabulado}		Sign.
					0,05	0,01	
Bloques	3	0,003	0,001	9,200	3,86	6,99	**
Tratamiento	3	0,002	0,001	7,133	3,86	6,99	**
Error Experimental	9	0,001	0,0001				
Total	15	0,006					

C.V. (%) = 6,25

Cuadro 22. Análisis de varianza de Fósforo Disponible (ppm).

F.V.	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tabulado}		Sig.
					0,05	0,01	
Bloques	3	100,682	33,561	57,746	3,86	6,99	**
Tratamiento	3	28,457	9,486	16,321	3,86	6,99	**
Error Experimental	9	5,231	0,581				
Total	15	134,369					

C.V. (%) = 7,93

Cuadro 23. Análisis de varianza de Potasio Disponible (Kg /ha).

F.V.	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tabulado}		Sign.
					0,05	0,01	
Bloques	3	6990,75	2330,25	143,40	3,86	6,99	**
Tratamiento	3	582,75	194,25	11,95	3,86	6,99	**
Error Experimental	9	146,25	16,25				
Total	15	7719,75					

C.V. (%) = 2,91

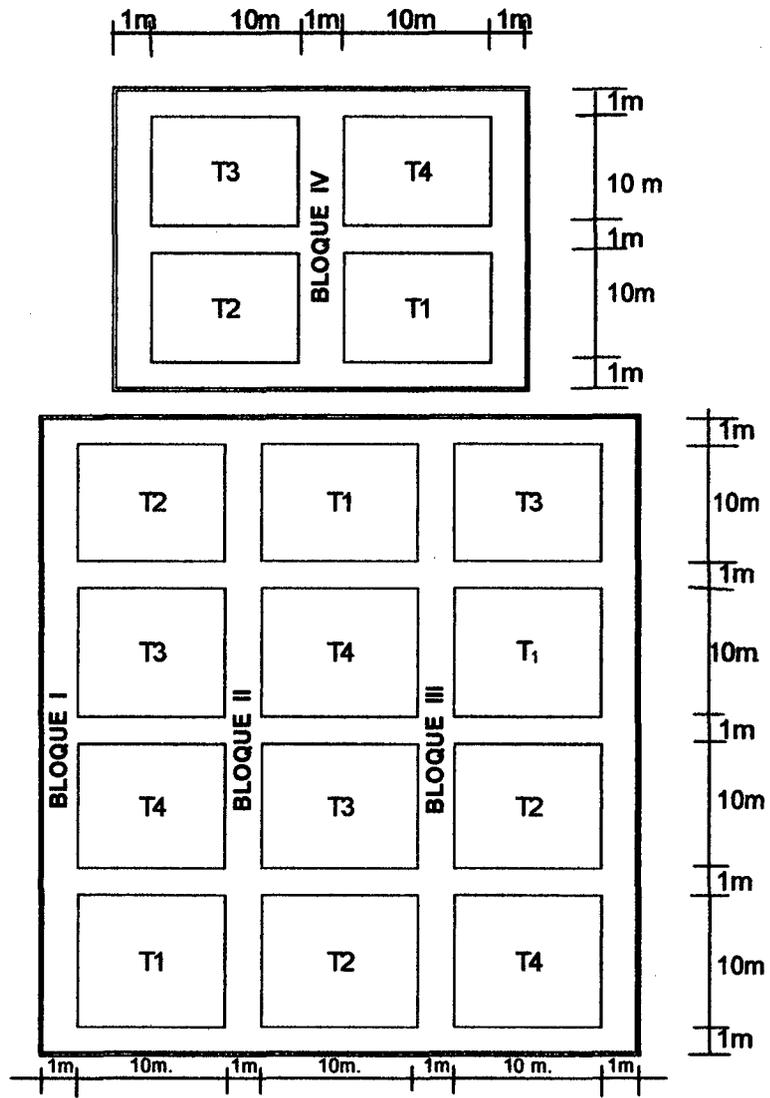


Figura 6. Distribución de los bloques y parcelas en el campo experimental.