

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**EFFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA, YESO Y DOLOMITA EN LA
CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO (Al^{+3}) EN SUELOS CON CULTIVO DE
FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MENCIÓN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

Presentado por:

JUAN JESÚS GARCÍA ROMERO

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 15 de Enero de 2020, a horas 11:00 a.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“EFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA, YESO Y DOLOMITA EN LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO (AL^{+3}) EN SUELOS CON CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)”

Presentado por el Bachiller: **JUAN JESÚS GARCIA ROMERO**, 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 el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 23 de Enero de 2020

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

Dr. **LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ**
MIEMBRO

Dr. **WILFREDO ALVA VALVIDIEZO**
MIEMBRO

Ing. MSc. **JOSÉ LÉVANO CRISÓSTOMO**
ASESOR





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 15 de Enero de 2020, a horas 11:00 a.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“EFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA, YESO Y DOLOMITA EN LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO (Al^{+3}) EN SUELOS CON CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)”

Presentado por el Bachiller: **JUAN JESÚS GARCIA ROMERO**, 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 el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 23 de Enero de 2020

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

Dr. **LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ**
MIEMBRO

Dr. **WILFREDO ALVA VALVIDIEZO**
MIEMBRO



Ing. MSc. **JOSÉ LÉVANO CRISÓSTOMO**
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN
DE SUELOS Y AGUA



EFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA, YESO Y DOLOMITA EN LA
CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO (AL^{+3}) EN SUELOS CON CULTIVO DE
FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)

Autor	: Bach. Juan Jesús García Romero
Asesor	: Ing. Lévano Crisóstomo José D.
Programa de Investigación	: Ciencias básicas
Línea (s) de Investigación	: Física y química de suelos
Eje Temático de Investigación	: Prácticas y uso de manejo que mejoren la calidad del suelo
Lugar de Ejecución	: Distrito Pueblo Nuevo
Duración	Fecha de Inicio : 01/08/2019
	Término : 10/12/2019
Financiamiento	: s/. 3,949.88 soles
	FEDU : NO
	Propio : SI
	Otros : NO

DEDICATORIA

A Dios por la fortaleza de siempre,
permitiéndome llegar a este momento
tan especial en mi vida. Por los
triunfos y momentos difíciles que me
han enseñado a valorar cada día más.

A mis queridos padres Alegunda
Romero Solís y Floriano García Verde
por haberme apoyado en todo
momento, por sus consejos, sus
valores, por la motivación constante
que me ha permitido ser una persona
de bien, por el valor mostrado para
salir adelante.

A mis hermanos: José García, Gabriel
García, María García y Maritrini García,
porque siempre he contado con ellos,
gracias a la confianza que siempre nos
hemos tenido; por el apoyo y la amistad.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables que contribuyó en mi formación profesional.
- A los miembros integrantes del jurado de tesis: Ing. M.Sc. Obregon Peña, Roberto; Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez; Dr. Wilfredo Alva Valdiviezo Ing. Erle O. J. Bustamante Scaglioni.
- Al Ing. M.Sc. José Lévano Crisóstomo, docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, asesor del presente trabajo, por su labor como formador, su amistad, su apoyo desinteresado y supervisión de la presente tesis.
- A mis amigos, Gean Franco Sinti Cometivos, Bryan Iddo, Joselyn Isidora, Evelin Alvarado, Santiago Gómez, Randy Gonzales, quienes me apoyaron desinteresadamente en el transcurso de mi carrera profesional.
- A todas aquellas personas que en forma directa o indirecta colaboraron en la realización del presente trabajo.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Acidez del suelo	4
2.1.1. Consecuencia del aluminio en el suelo	4
2.2. Encalados	5
2.2.1. Dolomita.....	7
2.3. Antecedentes de trabajos similares.....	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1. Lugar de ejecución	9
3.2. Materiales, insumos y equipos	10
3.2.1. Material vegetal.....	10
3.2.2. Material encalante	10
3.2.3. Fuentes de materia orgánica.....	10
3.2.4. Tratamientos en estudio.....	11
3.2.5. Diseño experimental	11

3.2.6.	Modelo aditivo lineal (MAL)	12
3.2.7.	Características de la parcela experimental	13
3.3.	Metodología	14
3.3.1.	Preparación del terreno	14
3.3.2.	Muestreo de suelos	14
3.3.3.	Siembra	15
3.3.4.	Abonamiento	15
3.3.5.	Control de malezas	15
3.3.6.	Control fitosanitario	15
3.3.7.	Cosecha	16
3.3.8.	Observaciones registradas	16
3.3.9.	Análisis de suelos	16
3.3.10.	Procesamiento de datos	17
IV.	RESULTADOS	18
4.1.	Propiedades fisicoquímicas de los suelos antes y después del ensayo	18
4.2.	Evaluación de la materia verde	20

4.3. Evaluación de la materia seca.....	22
4.4. Evaluación de altura de planta a los 15, 30, 45 y 60 días de evaluación.....	24
V. DISCUSIÓN	28
VI. CONCLUSIONES.....	30
VII. RECOMENDACIONES.....	31
VIII. ABSTRACT	32
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
ANEXO.....	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Coordenadas UTM de la parcela	9
2. Análisis del estiércol de vacuno y gallinaza	10
3. Descripción de los tratamientos en estudio.....	11
4. Esquema del análisis de varianza	12
5. Parámetros y métodos de determinación	17
6. Análisis fisicoquímico del suelo antes y después del ensayo experimental.....	19
7. Análisis de varianza para la variable materia verde (g) de frijol	20
8. Promedio de materia verde (g) de frijol al finalizar el ensayo	21
9. Análisis de varianza para la variable materia seca (g) de frijol.....	22
10. Promedio de materia seca (g) de frijol al finalizar el ensayo	23
11. ANOVA de la variable altura de planta a los 15, 30, 45 y 60 días de evaluación	24
12. Prueba Duncan de la variable altura de planta a los 15, 30, 45 y 60 días de evaluación.....	25
13. Rango de materia orgánica en el suelo	47

14. Niveles de pH del suelo	47
15. Niveles de contenido de Nitrógeno.....	47
16. Niveles de contenido de fósforo	47
17. Niveles de contenido de potasio	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Promedio de materia verde (g) de frijol al finalizar el ensayo	21
2. Promedio de materia seca (g) de frijol al finalizar el ensayo	23
3. Promedio de altura de planta a los 15 días de evaluación	26
4. Promedio de altura de planta a los 30 días de evaluación	26
5. Promedio de altura de planta a los 45 días de evaluación	27
6. Promedio de altura de planta a los 60 días de evaluación	27
7. Limpieza de terreno	40
8. Demarcación del área de estudio.....	40
9. Instalación del cultivo de frijol.....	41
10. Estado de la planta del cultivo de frijol	41
11. Primera evaluación de los tratamientos	42
12. Segunda evaluación del tratamiento T2	42
13. Segunda evaluación del tratamiento T3	43
14. Segunda evaluación del tratamiento T8	43
15. Segunda evaluación del tratamiento T0	44

RESUMEN

Un enfoque integrado al manejo de los suelos ácidos comprende una estrategia mediante un sistema variable de adición de cal, el uso de variedades tolerantes a la acidez, el uso de fertilizantes, rotaciones de cultivo y la diversificación de cultivos. La investigación se realizó en una parcela degradada con suelos ácidos, situado en el distrito Pueblo Nuevo, provincia Leoncio Prado - Huánuco. Con la finalidad de evaluar el efecto de la materia orgánica, yeso y dolomita en la concentración de aluminio (Al^{+3}) en suelos con cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al azar (DBCA) con diez tratamientos y tres repeticiones. Como material vegetal se utilizó *Phaseolus vulgaris* L. (frijol), material encalante fue yeso ($CaSO_4$) y dolomita ($Ca.Mg(CO_3)_2$), como fuentes de materia orgánica: estiércol de vacuno y gallinaza.

Los resultados indican que mediante la aplicación de materiales encalantes y fuentes orgánicas existe un efecto positivo sobre los índices de calidad del suelo. Al aplicar dolomita + gallinaza (T8) se obtuvo mayor materia verde del cultivo de frijol. Existió un efecto positivo en el peso de la materia verde al aplicar material encalante Yeso + Gallinaza (T6) y dolomita + gallinaza (T8). Por otra parte, los tratamientos T1 y TO fueron los que obtuvieron menor peso de materia seca. A los 15 días de siembra al aplicar material encalante de dolomita + gallinaza (T8) las plantas de frijol alcanzaron mayor altura con un promedio de 13.37 cm, sin embargo, los tratamientos T1 (Yeso), T2 (Dolomita) y TO (Testigo absoluto) obtuvieron menores. Consecuentemente, el comportamiento anterior se repite a los 30, 45 y 60 días de evaluación.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad en el distrito de Pueblo Nuevo existe áreas degradadas debido al manejo irracional de suelos, explotación intensiva del cultivo de coca, con predominancia de plantas indicadores como “rabo de zorro” (*Andropogon sp*) y “macorilla” (*Pteridium sp*), presentando condiciones de limitada fertilidad. Si bien estos suelos muestran una baja reserva nutricional debido a la extracción por la planta de la coca y el lavaje ocasionado por la alta precipitación de la zona, se debe considerar que solubilizan determinados compuestos tal el aluminio que representa un serio problema en el crecimiento de las plantas afectando su productividad. En suelos ácidos, la toxicidad del aluminio es la principal causa del pobre desarrollo de las plantas, limitando el desarrollo radicular y consecuentemente reduciendo la absorción, transporte y utilización de los nutrientes.

En la elaboración de las recomendaciones para el encalado, son definidos muchos criterios, los métodos para la determinación de la cantidad de correctivo para corregir la acidez en el suelo y modo de aplicación de los correctivos de acidez en función de los cultivos, del sistema de preparación y cultivo y tipo de suelo. El principal indicador de acidez utilizada para la recomendación del encalado es el pH del suelo. Los métodos para la determinación de la cantidad de calcáreo son respectivamente la saturación por

bases de la capacidad de intercambio catiónico a pH 7, la neutralización del aluminio cambiante y el contenido de calcio y magnesio cambiante del suelo.

La mayoría de los cultivos responden al encalado en suelos muy ácidos, como los que predominan en regiones tropicales y subtropicales. Esa es una práctica que favorece el desarrollo del sistema radicular, asegura el aprovechamiento de los nutrientes y aumenta la rentabilidad económica en la agricultura en ese tipo de suelo, sin embargo esta solución es temporal, por lo tanto no muy efectiva.

Por lo antes planteado, se tuvo como interrogante de investigación ¿las enmiendas como el yeso, la dolomita y la M.O reducirán la toxicidad del aluminio (Al) en los suelos ácidos?. Concluyéndose que existe un efecto positivo de estos encalantes y materia orgánica sobre los índices de calidad del suelo en condiciones de suelos ácidos.

Objetivo general

Evaluar el efecto del materia orgánica, yeso y dolomita en la concentración de aluminio (Al^{+3}) en suelos con cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Objetivos específicos

- Determinar y evaluar los indicadores fisicoquímicos del suelo antes y después de la aplicación de materiales encalantes y orgánicos en el suelo.

- Evaluar la materia verde del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo diferentes condiciones de aplicación de materiales encalantes y orgánica en el suelo.
- Evaluar la materia seca del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo diferentes condiciones de aplicación de materiales encalantes y orgánica en el suelo.
- Evaluar la altura de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en diferentes condiciones de aplicación de materiales encalantes y materia orgánica en el suelo a los 15, 30, 45 y 60 días de instalación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Acidez del suelo

En suelos ácidos, la acidez de los suelos es proporcional al contenido de aluminio (SADZAWKA Y CAMPILLO, 1999). Estos suelos presentan una baja capacidad de cambio de cationes, baja saturación de bases, baja disponibilidad de P, Ca, Mg y algunos micronutrientes, elevada concentración de aluminio, ocasionando problemas en la planta debido a la elevada concentración de aluminio y al manganeso, particularidades provocadas por las condiciones de zonas húmedas (QUIROZ y GONZALES, 1979).

2.1.1. Consecuencia del aluminio en el suelo

Al disminuir la reacción del suelo, acrecienta la solubilidad del aluminio, causando la toxicidad en las plantas. Asimismo, al incrementar el pH reduce la cuantía del aluminio intercambiable soluble, a consecuencia de las altas precipitaciones, causando que el aluminio sea insoluble (BUCKMAN y BRADY, 1966). La presencia de elevadas concentraciones de aluminio en el suelo priva que las plantas puedan absorber elementos como el calcio y magnesio. KAMPRATH *et al.* (1979), refieren que las concentraciones de aluminio en la solución del suelo tienden a decrecer a medida que se incrementa enmiendas de naturales encalante (ALAM *et al.*, 1979).

LEON (1971) refiere que es poco probable definir que el efecto de toxicidad del aluminio sobre el crecimiento de las plantas es directo. El sistema radicular de las plantas muestran los principales síntomas de toxicidad de aluminio. Trayendo como consecuencia que el sistema radicular de las plantas de características poco ramificadas, pequeñas, gruesas, etc. Las raíces principales no crecen como es debido (son deformadas). Las elevadas concentraciones de aluminio en la planta traen como consecuencia hojas pequeñas con entrenudos delgados y cortos. La frondosidad es oscura, con una coloración purpurea, siendo un indicador de carencia de elementos como el fósforo. A menudo se observan síntomas en deficiencia nutricional de magnesio o calcio, causado por el aluminio quien impide el funcionamiento de estos cationes en las células.

WAGATSUMA (1983) menciona que la asimilación de aluminio por el sistema radicular de las plantas no requiere de energía. Debido a que al ocurrir la reducción de actividad metabólica a consecuencia de la disminución de la temperatura, disminuye la absorción del aluminio.

En suelos ácidos, los elementos como el aluminio y magnesio se encuentran en la solución del suelo. La presencia de estos elementos son tóxicos para las plantas a pesar tener bajas concentraciones en el suelo, afectando en el desarrollo de las plantas (BERNIER, 2000).

2.2. Encalados

SÁNCHEZ (1980) refiere que las practicas agronómicas como el encalado, cuya finalidad es neutralizar la acidez del suelo mediante la

incorporación de elementos como el calcio y magnesio, mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, favoreciendo a un óptimo desarrollo y crecimiento de las plantas. Por su naturaleza, el encalado como practica agronómica no es suficiente para incrementar la producción de un cultivo, a esto se debe acompañar una adecuada fertilización y un manejo adecuado del suelo.

BERNIER (2000) afirma que, los suelos excesivamente ácidos se caracterizar por presentar elevadas concentración de aluminio, manganeso, zinc, cobre, hierro, y a la poca o baja disponibilidad de macro y micros nutrientes como fósforo, calcio, magnesio, potasio y molibdeno, el cual da indicio de toxicidad para las plantas. Por ello, la incorporación de enmiendas calcáreas debe aplicar para corregir la calidad de los suelos, anticipando al tiempo suficiente para la corrección del mismo.

La corrección de la toxicidad por aluminio en suelos ácidos ocurre al desplazamiento de iones de aluminio, mediante la liberación de calcio productos de materiales encalantes, quien desplaza al aluminio de la solución del suelo o complejo de cambio. Este aluminio se precipita, mientras que el hidrogeno reacciona con el carbonato de calcio formando hidróxido de calcio, el cual ha sido disociado de dióxido de carbono y agua, neutralizándose así los efectos perjudiciales del aluminio.

Entre los problemas a tener en consideración en suelos de selva son las altas precipitaciones pluviales y el contenido de aluminio intercambiable, elemento que puede originar toxicidad en las plantas y generar

la acidificación del suelo, liberando en forma constante iones H^+ , paralelamente el calcio, magnesio, potasio, sodio y otros nutrientes son lixiviados por el exceso de lluvias, perdiéndose por arrastre a las capas inferiores del suelo. Estos nutrientes son remplazados por el ión H^+ generado constantemente por hidrólisis del aluminio, acidificando el suelo gradualmente e incrementando la concentración de hierro y manganeso que pueden llegar a niveles tóxicos para las plantas. Por lo antes indicado, es necesario realizar el análisis químico del suelo, el cual nos indica las propiedades físicas y químicas, cuando el pH del suelo es 5.5 o menor a este valor, automáticamente el laboratorio realiza la determinación de aluminio intercambiable, para luego recomendar la enmienda correctiva de encalado, utilizando cal agrícola ($CaCO_3$) o dolomita ($CaCO_3$ y $MgCO_3$), en cantidad equivalente al aluminio intercambiable, a fin de neutralizar su efecto de toxicidad y acidificante.

ESPINOZA y MOLINA (1999) mencionan que, un exceso de aplicación de enmiendas a base de cal, conlleva a un sobreencalado, siendo peligrosa para la planta, trayendo como consecuencia problemas en la producción del cultivo, además de incrementar innecesariamente el costo de producción del cultivo. Por lo que, el fin del encalado es reducir o eliminar la acidez del suelo a consecuencia de la concentración de los iones de aluminio.,

2.2.1. Dolomita

La dolomita es una enmienda conformada por calcio y magnesio ($CaCO_3$ $MgCO_3$). En su pureza, este encalante presenta un 21.6% de Ca y

13.1% de Mg. Inmerso a sus características es de reacción más lenta en el suelo que la calcita, sumado a ello, su utilización como corrector de acidez del suelo, es de suministrar magnesio, siendo este elemento deficiente en la mayoría de los suelos ácidos. Como todo material encalante, su pureza o calidad va depender de la impureza como arcillas y material orgánico (<biblio>).

2.3. Antecedentes de trabajos similares

ALVARADO (2004) al evaluar plantaciones de *Tectona grandis* en suelos ácidos de naturaleza rojos y arcillosos (Inceptisoles y Ultisoles) en Costa Rica. Concluyo que el efecto de la saturación de aluminio (suelo ácido) en esta especie forestal influye en un 3% sobre el crecimiento en altura. Sin embargo, en suelos donde aplico enmiendas ricas en calcio (68%) favorece el desarrollo y crecimiento de la planta. Por lo que, bajo esta condición, la incorporación de 1 kg carbonato de calcio (CaCO_3) por árbol ocasionó un aumento de altura de los árboles y cuando se asistió la enmienda con 150 g de 14-22-15-4-5 (N- P_2O_5 - K_2O -MgO-S) por árbol, el aumento en altura fue del 216%.

BERNAL *et al.* (2014) con la finalidad de evaluar el efecto de enmiendas calcáreas y orgánicas sobre la acidez intercambiable de un suelo ácido. Para ello, utilizo microorganismos eficientes, bagazo de caña, abono verde y dolomita, en los cuales se realizó la medición de bases antes y después de la siembra de *Brassica oleracea* var. Botrytis como cultivo indicador. Concluyendo que el uso de abono verde en asociación con dolomita incrementan la concentración de calcio y magnesio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El ensayo experimental se realizó en una parcela situada en el distrito Pueblo Nuevo, provincia Leoncio Prado, región Huánuco; el mismo que está ubicado en la siguiente coordenada UTM (Cuadro 1):

Cuadro 1. Coordenadas UTM de la parcela

ID	Coordenadas UTM		Altura (m.s.n.m.)
	Este (m)	Norte (m)	
Parcela degradada	387470	8995688	545

Los trabajos de gabinete se llevaron a cabo en los ambientes del laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

La zona de influencia registra una Humedad Relativa media anual de 85.4%, temperatura promedio de 25.2 °C. (máxima de 33.2 °C y mínima de 20.4 °C), precipitación promedio anual de 2,781.5 mm (Estación meteorológica José Abelardo Quiñonez /Estación Tulumayo). Asimismo, pertenece a la zona de vida de transición: bosque muy húmedo – pre montano Tropical (bmh-PT) a bosque muy húmedo – Subtropical (bmh-S) (INRENA, 1995).

3.2. Materiales, insumos y equipos

3.2.1. Material vegetal

Phaseolus Vulgaris L. (frijol)

3.2.2. Material encalante

Yeso CaSO_4

Dolomita $\text{Ca.Mg}(\text{CO}_3)_2$

3.2.3. Fuentes de materia orgánica

Bosta de vacuno

Gallinaza

Las fuentes de materia orgánica fueron obtenidas de la Granja Avícola Naranjillo, los mismos que presentan las siguientes características de fertilidad de abono (Cuadro 2), determinados por el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Cuadro 2. Análisis del estiércol de vacuno y gallinaza

Muestra	M.S.(%)	M.O (%)	N(%)	C(%)	C:N
Vacuno	23.6	65.8	1.7	38.9	22.88
Gallinaza	56.9	70.4	2.97	40.8	13.73

Fuente: Laboratorio de Suelos de la UNALM

3.2.4. Tratamientos en estudio

Para la investigación se consideró 10 tratamientos. Los mismos que son detallados en el Cuadro 3

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Encalado (kg/ha)
T0	Testigo	Sin aplicación
T1	Yeso CaSO_4	1000
T2	Dolomita $\text{Ca.Mg}(\text{CO}_3)_2$	1000
T3	Bosta vacuno	4000
T4	Gallinaza	4000
T5	Yeso + estiércol vacuno	1000 + 4000
T6	Yeso + Gallinaza	1000 + 4000
T7	Dolomita + bosta vacuno	1000 + 4000
T8	Dolomita + gallinaza	1000 + 4000
T9	Fertilizante inorgánico ($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$)	160 + 150 + 110

3.2.5. Diseño experimental

Para la investigación se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con diez tratamientos y tres repeticiones. Asimismo, las características evaluadas por tratamientos fueron sometidas a la prueba de Duncan con un nivel de confiabilidad de 0.05 de probabilidad.

3.2.6. Modelo aditivo lineal (MAL)

El MAL utilizado es diseño bloques completamente al azar:

$$Y_{ij} = u + a_i + b_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Respuesta de la i -ésima aplicación de enmiendas orgánicas e inorgánicas en el j -ésimo bloque.

u = Media general

a_i = Efecto de la i -ésima aplicación de enmiendas

b_j = Efecto del j -ésimo bloque.

ε_{ij} = Efecto aleatorio del error experimental.

Cuadro 4. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculado
Bloques	($r-1$)	$\sum_{j=1}^r \frac{Y_{.j}^2}{t} - \frac{Y_{..}^2}{tr}$	SCbloq/gl bloq	$\frac{CM_{bloque}}{CMe}$
Tratamiento	($t-1$)	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_{i.}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{tr}$	SCtrat /gl trat	$\frac{CM_{trat}}{CMe}$
Error experimental	($r-1$)($t-1$)	SCe	SCee /gl ee	
TOTAL	$tr-1$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{tr}$		

3.2.7. Características de la parcela experimental

- Bloques

Número de bloques	: 3
Largo de bloque	: 43.00 m
Ancho de bloque	: 5.4 m
Ancho de calle entre bloques	: 1.50 m

- Parcelas

Número de subparcelas por bloque	: 10
Total de subparcelas	: 30
Largo de subparcela	: 5.4 m
Ancho de subparcela	: 4.0 m

- Detalle de parcelas

Número de hileras por subparcelas	: 5
Distancia entre hileras	: 0.8m
Distancia entre golpes	: 0.2m
Número de golpes por hilera	: 27

- Áreas

Área total de bloque : 180.00 m²

Área total de subparcela : 21.60 m²

Área total del experimento : 825.60 m²

3.3. Metodología

3.3.1. Preparación del terreno

Previo autorización del propietario del terreno, se realizó la limpieza manual del área a trabajar, para luego instalar los tratamientos conforme lo índico que de distribución de las subparcelas. 35 días antes de la siembra, el material encalante (yeso y dolomita) y la materia orgánica (bosta de vacuno y gallinaza) fueron aplicados al voleo al suelo, a razón de 1 t/ha de yeso y dolomita (2.16 kg por subparcela) y 4 t/ha de bosta de vacuno y gallinaza (8.6 kg por subparcela),

3.3.2. Muestreo de suelos

El primer muestreo se realizó al azar en zig zag obteniéndose 10 sub muestras de toda el área experimental, mezclándose todas ellas y obteniéndose 1.0 kg de suelo, esta actividad fue ejecutada 15 días antes de la instalación de las parcelas. El segundo muestreo se realizó 5 días después de la cosecha, tomándose 10 submuestras por tratamiento, y siendo mezcladas para obtener un 1.0 kg muestra compuesta de suelo por tratamiento.

3.3.3. Siembra

Las semillas de del frijol fueron remojadas con 24 horas de anticipación, con la finalidad de usar semillas viables, se sembraron en la parcela diferenciada por cada tratamiento y se mantuvo un riego a capacidad de campo durante todo el trabajo.

3.3.4. Abonamiento

10 días después de ejecutada la siembra del material vegetal, se aplicó el 50% de dosis de nitrógeno, 100% de fósforo y potasio; asimismo, el 50% restante de nitrógeno se aplicó a los 40 días de siembra. Las fuentes de abono fueron: sulfato de amonio (21% N, 24% S), roca fosfórica (30% P_2O_5) y sulfato de potasio (50% K_2O , 18% S).

3.3.5. Control de malezas

El control de malezas se realizó de forma manual a los 30 y 60 días de la siembra.

3.3.6. Control fitosanitario

Para el control de plagas y enfermedades se realizaron dos aplicaciones: 5 días después de la siembra, el pesticida utilizado fue Bayfolán, 250 centímetros cúbicos (cc). Aplicado con mochila de fumigar de 20 litros. La segunda aplicación se realizó utilizando Malathión, a razón de 3 centímetros cúbicos.

3.3.7. Cosecha

La actividad de cosecha se hizo de manera manual a los 65 días de la siembra.

3.3.8. Observaciones registradas

- Altura de plantas

Cada 15 días se midió las plantas hasta los 60 días.

- Rendimiento de materia seca

A los 60 días se cortó las plantas y una vez lavadas fueron pesadas y puestas en la estufa a 70 °C por dos días para determinar el peso seco y determinar el porcentaje de materia seca.

3.3.9. Análisis de suelos

Las muestras de suelos obtenidos in situ antes y después del ensayo experimental fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para ser secadas bajo sombra, tamizada y posterior caracterización de indicadores fisicoquímicos de calidad del suelo. Para mayor detalle de las metodologías empleadas, en el Cuadro 5, se detalla los parámetros y métodos para su determinación:

Cuadro 5. Parámetros y métodos de determinación

Indicadores	Métodos
Textura del suelo	Método del hidrómetro
Reacción del suelo (pH)	Método del potenciómetro 1:1
Nitrógeno total	% M.O. x 0.045
Fósforo disponible	Método de Olsen Modificado. Extracto NaHCO_3 0.5 M, pH 8.5
Potasio disponible	Método del Ácido sulfúrico 6N
Capacidad de Intercambio (CICe).	Método de Acetato de Amonio 1N. pH: 7.0 (suelos con pH > 5.5). Desplazamiento con KCl 1 N (Suelos con pH < 5.5)

3.3.10. Procesamiento de datos

Esta fase consistió en realizar el análisis de los datos obtenidos, para el cual se utilizó el software Infostad para registrar la correlación de Pearson entre las variables y su interpretación con las pruebas de Duncan.

IV. RESULTADOS

4.1. Propiedades fisicoquímicas de los suelos antes y después del ensayo

En el Cuadro 7, se muestra el análisis del suelo al inicio y al final ensayo experimental, observándose que, a un inicio la parcela presento suelos de textura franco arcillosa, con pH fuertemente ácido. Los niveles aluminio y el pH mostrados indican que se está frente a un suelo de características probablemente con problemas de fijación de fósforo, el cual muestra un valor bajo. A consecuencia de la saturación de aluminio que sobrepasa el límite crítico para los cultivos. Consecuentemente se podría pensar que el exceso de aluminio intercambiable probablemente origine problemas de toxicidad y repercuta en la asimilación de nutrientes por la planta.

Al finalizar el experimento se observa un incremento del valor de pH de rangos moderadamente ácido a neutros, siendo mayor en los tratamientos T₅, T₆ y T₈, Similar comportamiento se aprecia para las demás propiedades químicas en estudio, con niveles medios y altos (T₇ y T₈) de materia orgánica y nitrógeno, fósforo y potasio con niveles bajos. Por lo que se aprecia un efecto significativo de la aplicación de los encalantes ya sea como yeso y dolomita y de materia orgánica sobre los índices de calidad del suelo en condiciones de suelos ácidos.

[illegible]

4.2. Evaluación de la materia verde

En el Cuadro 7, se aprecia que para el análisis de varianza a un 95% de probabilidad existe una elevada diferencia significativa entre los tratamientos en estudio para la variable materia verde por efecto de la aplicación de material encalante y orgánico al suelo en el cultivo de frijol. Asimismo, de los datos observados, estos presentan un 3.54% de coeficiente de variación, indicando que las distancias al cuadro de los datos respecto a la media son relativamente homogéneas o poco distantes.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable materia verde (g) de frijol

Fuente de variación	GL	SC	CM	F _c	Sig (0.05)
Bloques	2	0.65	0.33	0.04	0.9610
Tratamiento	9	3442.57	382.51	46.93	<0.0001
Error	18	146.72	8.15		
Total	29	3589.93			

CV : 3.54%

De los resultados obtenidos, al aplicar dolomita + gallinaza (T8) se obtuvo mayor materia verde del cultivo de frijol, seguido por los tratamientos T6 (Yeso + Gallinaza) y T7 (Dolomita + Estiercol vacuno), sin embargo se aprecia niveles intermedios de altura, ostentados por los tratamientos T4 (Gallinaza), T5 (Yeso + estiércol vacuno) y T3 (Estiércol vacuno). Por otra parte, se evidencia que los tratamientos T1 (yeso), T9 (testigo N-P₂O₅-K₂O), TO testigo absoluto y T2 (dolomita) presentaron menor efecto en el peso de materia verde por planta de frijol (Cuadro 8).

Cuadro 8. Promedio de materia verde (g) de frijol al finalizar el ensayo

Tratamiento.	Fuente	Promedio	Sig.
T8	Dolomita + Gallinaza	98.47	a
T6	Yeso + Gallinaza	94.30	ab
T7	Dolomita + bosta vacuno	90.50	bc
T4	Gallinaza	86.03	c
T5	Yeso + bosta vacuno	80.13	d
T3	Bosta vacuno	78.97	d
T1	Yeso	71.23	e
T9	Fertilizante inorgánico (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	69.37	e
T0	Testigo	68.77	e
T2	Dolomita	68.10	e

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

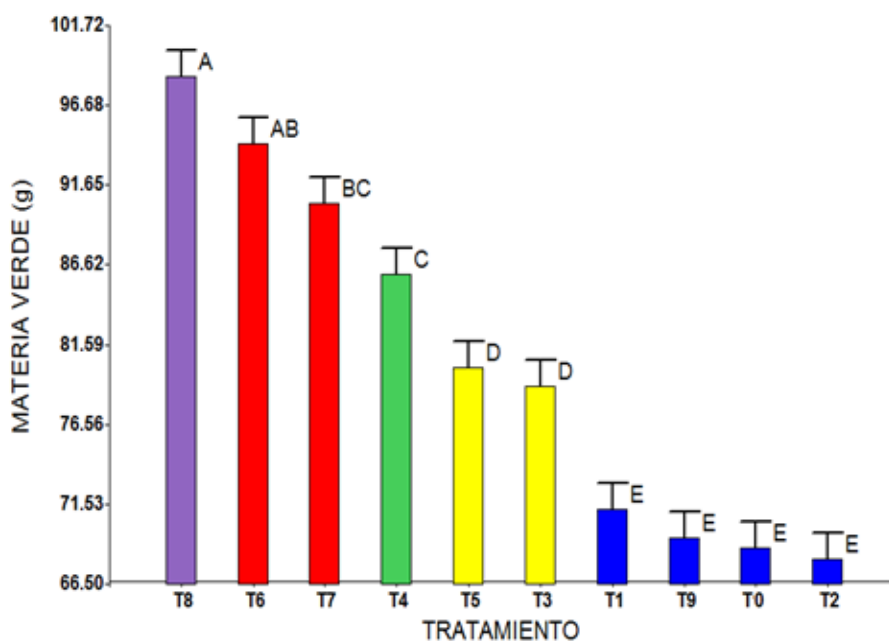


Figura 1. Promedio de materia verde (g) de frijol al finalizar el ensayo

4.3. Evaluación de la materia seca

En el Cuadro 9, se aprecia que para el análisis de varianza a un 95% de confianza existe alta diferencia significativa entre los tratamientos en estudio para la variable materia seca por efecto de la aplicación de material encalante y orgánico al suelo. Por otra parte, los datos obtenidos presentan un 9.60% de coeficiente de variación, indicando que las distancias al cuadro de los datos respecto a la media son relativamente homogéneas o poco distantes.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable materia seca (g) de frijol

Fuente de variación	GL	SC	CM	F _c	Sig (0.05)
Bloques	2	2.16	1.08	0.70	0.5082
Tratamiento	9	100.45	11.16	7.27	0.0002
Error	18	27.63	1.54		
Total	29	130.24			

CV : 9.60%

El comparador de medias (prueba Duncan) encontró alta diferencia significativa entre los tratamientos de estudio. De ello, al finalizar el ensayo experimental se observa que existe un efecto significativo en el peso de la materia seca al aplicar material encalante de Yeso + Gallinaza (T6) y dolomita + gallinaza (T8), siendo estos dos tratamientos los que mostraron mayores pesos respecto a los demás tratamientos de estudio. Por otra parte, los tratamientos T1 (Yeso) y TO (Testigo absoluto) fueron lo que obtuvieron menor peso de materia seca (Cuadro 10).

Cuadro 10. Promedio de materia seca (g) de frijol al finalizar el ensayo

Tratamiento.	Fuente	Promedio	Sig.
T6	Yeso + Gallinaza	16.13	a
T8	Dolomita + Gallinaza	16.03	a
T4	Gallinaza	13.53	b
T7	Dolomita + Estiercol vacuno	13.10	bc
T2	Dolomita	12.67	bcd
T5	Yeso + bosta vacuno	12.53	bcd
T3	Bosta vacuno	12.33	bcd
T9	Fertilizante inorgánico (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	11.27	bcd
T1	Yeso	10.83	cd
T0	Testigo	10.59	d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

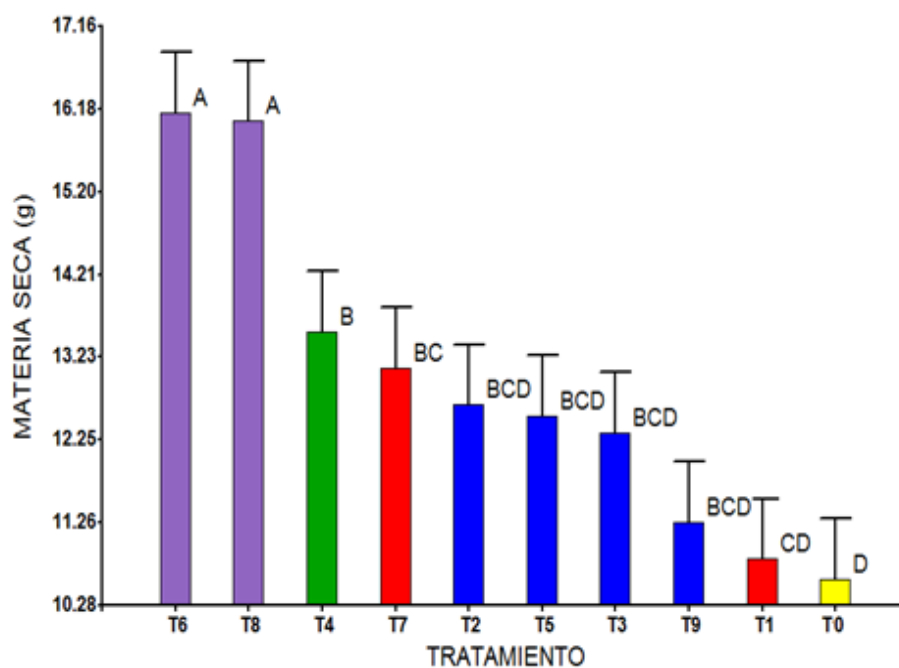


Figura 2. Promedio de materia seca (g) de frijol al finalizar el ensayo

4.4. Evaluación de altura de planta a los 15, 30, 45 y 60 días de evaluación

En las cuatro evaluaciones registradas durante el periodo de la investigación, se ha determinado que hubo diferencias estadísticas entre el comportamiento de las plantas de frijol referido a la variable de altura de planta. Asimismo, los datos reportados muestran una distribución homogénea o poco distante a su media con un coeficiente de variación determinadas en el rango de 4.13% a 7.01% (Cuadro 11).

Cuadro 11. ANOVA de la variable altura de planta a los 15, 30, 45 y 60 días de evaluación

FV	GL	SC	CM ₁	Sig.	CM ₂	Sig.	CM ₃	Sig.	CM ₄	Sig.
Bloq.	2	1.03	0.51	0.0694	2.51	0.2711	0.71	0.7206	8.63	0.0828
Trat.	9	109.04	12.12	<0.0001*	43.51	<0.0001	108.53	<0.0001	217.55	<0.0001
Error	18	2.97	0.17		1.79		2.14		3.00	
Total	27	113.04								

CV : 4.13%; 7.01%; 4.94%; 4.35% respectivamente.

En el primer registro que se realizó a los 15 días de siembra del frijol, se ha determinado que al aplicar material encalante de dolomita + gallinaza (T8) las plantas de frijol alcanzaron mayor altura con un promedio de 13.37 cm, Sin embargo, los tratamientos T1 (Yeso), T2 (Dolomita) y T0 (Testigo) obtuvieron menores alturas respecto a los demás tratamientos. Consecuentemente, el comportamiento anterior se repite a los 30, 45 y 60 días

de evaluación. Siendo el tratamiento T8 (dolomita + gallinaza) quien alcanzo mayor altura de planta al finalizar el ensayo experimental (Cuadro 12).

Cuadro 12. Prueba Duncan de la variable altura de planta a los 15, 30, 45 y 60 días de evaluación

15 días			30 días			45 días			60 días		
Trat.	Prom ₁	Sig.	Trat.	Prom ₂	Sig.	Trat.	Prom ₃	Sig.	Trat.	Prom ₄	Sig.
T8	13.37	a	T8	26.97	a	T8	39.60	a	T8	55.20	a
T6	11.93	b	T6	23.80	b	T7	36.53	b	T6	50.33	b
T7	11.92	b	T7	21.40	c	T6	35.03	bc	T7	46.97	c
T4	10.87	c	T4	18.67	d	T4	33.67	c	T4	43.91	d
T9	9.10	d	T5	18.00	de	T9	27.47	d	T9	35.63	e
T5	8.83	de	TO	17.50	def	T5	26.60	de	T3	34.90	e
T3	8.67	def	T9	16.83	def	T2	25.30	de	T5	34.80	e
T0	8.27	efg	T3	16.70	def	T3	25.13	de	T2	32.80	ef
T2	7.97	fg	T1	15.57	ef	TO	24.17	ef	TO	32.73	ef
T1	7.57	g	T2	15.37	f	T1	22.53	f	T1	31.40	f

Letras diferentes muestran significancia estadística.

Para mayor detalle en las Figuras 3, 4, 5 y 6, se aprecia los resultados de la evaluación de altura de planta de frijol a los 15, 30, 45 y 60 días.

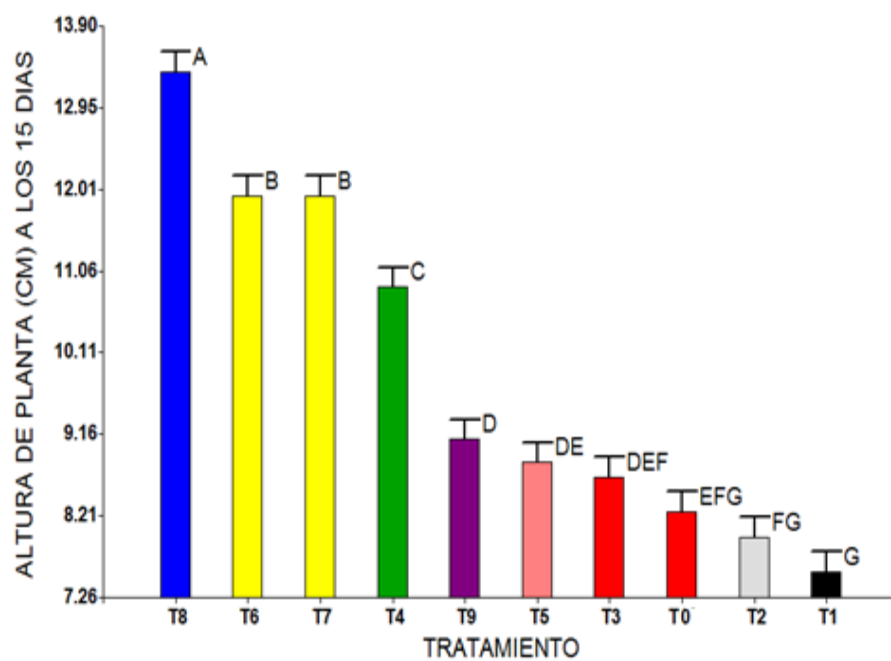


Figura 3. Promedio de altura de planta a los 15 días de evaluación

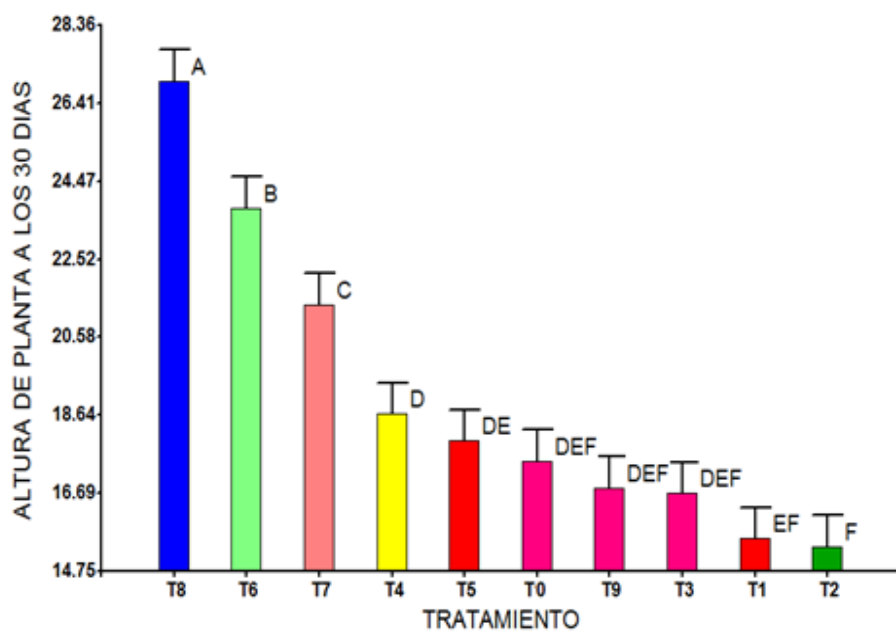


Figura 4. Promedio de altura de planta a los 30 días de evaluación

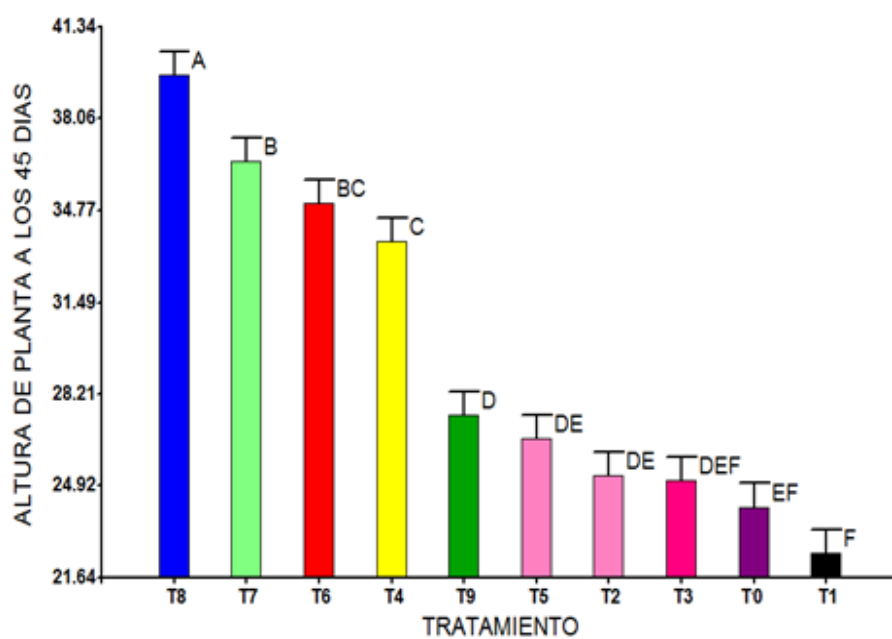


Figura 5. Promedio de altura de planta a los 45 días de evaluación

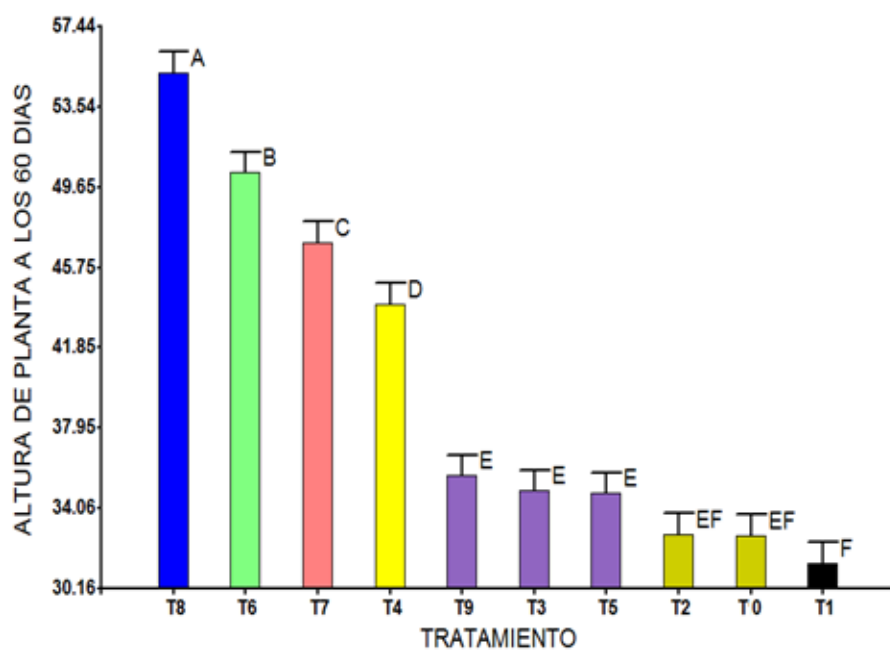


Figura 6. Promedio de altura de planta a los 60 días de evaluación

V. DISCUSIÓN

A un inicio (Cuadro 7) la parcela presento un suelo franco arcilloso, pH fuertemente ácido, tenores medios de materia orgánica y nitrógeno, bajo en fosforo y muy bajo en potasio. Con un porcentaje de bases cambiables (Ca+Mg) a niveles críticos para cualquier cultivo, siendo característico de suelos con problemas de toxicidad para los cultivos. Posterior a la aplicación de los materiales encalantes y fuentes orgánicas (estiércol vacuno y gallinaza) en los diversos tratamientos establecidos para el ensayo experimental se observó un incremento de los valores de pH de rangos moderadamente ácido a neutros, siendo mayor en los tratamientos T₅, T₆ y T₈, Similar comportamiento se aprecia para las demás propiedades químicas en estudio, con niveles medios y altos (T₇ y T₈) de materia orgánica y nitrógeno, niveles bajos de fósforo y potasio. Evidenciándose un efecto significativo de la aplicación de los encalantes ya sea como yeso y dolomita y de materia orgánica sobre los índices de calidad del suelo en condiciones de suelos ácidos. Nuestros resultados coinciden con los reportado por BERNAL *et al.* (2014) quien manifiesta que existe un incremento en calcio al incorporar forraje como abono verde, junto con el uso de enmiendas como cal dolomita.

En el Cuadro 8, se aprecia que al aplicar dolomita + gallinaza (T₈) se obtuvo mayor materia verde del cultivo de frijol, seguido por los tratamientos

T6 y T7, sin embargo se aprecia niveles intermedios de altura, ostentados por los tratamientos T4, T5 y T3. Por otra parte, se evidencia que los tratamientos T1, T9, T0 y T2 presentaron menor efecto en el peso de materia verde por planta de frijol. El comportamiento anterior suscita nuevamente para la variable materia seca, al aplicar material encalante de Yeso + Gallinaza (T6) y dolomita + gallinaza (T8), siendo estos dos tratamientos los que mostraron mayores pesos respecto a los demás tratamientos de estudio. Por otra parte, los tratamientos T1 y T0 fueron lo que obtuvieron menor peso de materia seca.

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por ALVARADO (2004) quien al evaluar plantaciones de teca en suelos ácidos con Bajo estas condiciones, la adición de 1 kg CaCO_3 produjo un aumento en la altura de los árboles y cuando se asistió la enmienda con 150 g de 14-22-15-4-5 (N- P_2O_5 - K_2O - MgO -S), el aumento en altura de los árboles fue del 216%. Siendo este comportamiento similar a los obtenidos en el presente ensayo, ya que, a los 15 días de siembra del frijol, se determinó que al aplicar material encalante de dolomita + gallinaza (T8), las plantas de frijol alcanzaron mayor altura con un promedio de 13.37 cm, Sin embargo, los tratamientos T1 (Yeso), T2 (Dolomita) Y T0 (Testigo absoluto) obtuvieron menores alturas respecto a los demás tratamientos. Consecuentemente, el comportamiento anterior se repite a los 30, 45 y 60 días de evaluación. Siendo el tratamiento T8 (dolomita + gallinaza) quien alcanzo mayor altura de planta al finalizar el ensayo experimental (Cuadro 12).

VI. CONCLUSIONES

1. Existe un efecto positivo de la aplicación de los encalantes ya sea como yeso y dolomita y de materia orgánica sobre los índices de calidad del suelo en condiciones de suelos ácidos.
2. Al aplicar dolomita + gallinaza (T8) se obtuvo mayor materia verde del cultivo de frijol, seguido por T6 (Yeso + Gallinaza) y T7 (Dolomita + bosta vacuno), por otra parte, se evidencio que los tratamientos T1, T9 y T2 presentaron menor efecto en el peso de materia verde por planta de frijol.
3. Existió un efecto significativo en el peso de la materia verde al aplicar material encalante de Yeso + Gallinaza (T6) y dolomita + gallinaza (T8), siendo estos dos tratamientos los que mostraron mayores pesos. Por otra parte, los tratamientos T1 (Yeso) y TO (Testigo absoluto) fueron lo que obtuvieron menor peso de materia seca (Cuadro 10).
4. A los 15 días de siembra del frijol, al aplicar material encalante de dolomita + gallinaza (T8) las plantas de frijol alcanzaron mayor altura con un promedio de 13.37 cm, sin embargo, los tratamientos T1 (Yeso) , T2 (Dolomita) Y TO (Testigo absoluto) obtuvieron menores. Consecuentemente, el comportamiento anterior se repite a los 30, 45 y 60 días de evaluación.

VII. RECOMENDACIONES

1. La práctica del encalado solo se debe aplicarse después de haber realizado un buen diagnóstico preciso y objetivo del problema de acidificación, en función de la tolerancia de la acidez del cultivo.
2. Para el encalado se recomienda usar la dolomita como enmienda cálcica.
3. Al usar yeso como encalante se debe tener cierto cuidado, ya que el yeso a veces ayuda a acidificar el suelo, debido a la presencia del azufre.
4. Ejecutar investigaciones de fertilización más concretas con encalado, con la finalidad de aprovechar eficientemente los nutrientes, para el cultivo de frijol.

**EFFECT OF ORGANIC, PLASTER AND DOLOMITE MATTER IN THE
ALUMINUM CONCENTRATION (Al^{+3}) IN SOILS WITH BEAN CULTURE**

(*Phaseolus vulgaris* L.)

VIII. ABSTRACT

An integrated approach to the management of acid soils includes a strategy through a variable lime addition system, the use of acid-tolerant varieties, the use of fertilizers, crop rotations and crop diversification. The research was carried out on a degraded plot with acid soils, located in the district Pueblo Nuevo, province Leoncio Prado - Huánuco. In order to evaluate the effect of organic matter, gypsum and dolomite on the concentration of aluminum (Al^{+3}) in soils with bean cultivation (*Phaseolus vulgaris* L.). Completely randomized Block Design (DBCA) with ten treatments and five repetitions was used. *Phaseolus Vulgaris* L. (beans) was used as plant material, plaster material (gypsum ($CaSO_4$) and dolomite ($Ca.Mg (CO_3)_2$), as sources of organic matter: cattle manure and chicken manure.

The results indicate that through the application of lightening materials and organic sources there is a positive effect on the soil quality indices. When applying dolomite + chicken manure (T8), more green matter was obtained from the bean crop. There was a positive effect on the weight of green matter when applying plaster + Gallinaza (T6) and dolomite + chicken (T8). On the other hand, treatments T1 and T0 were the ones that obtained the lowest weight of dry matter. After 15 days of sowing when applying dolomite + chicken manure material (T8) the bean plants reached a higher height with an

average of 13.37 cm, however, the treatments T1 (Plaster), T2 (Dolomite) and TO (Absolute Witness) got minors. Consequently, the previous behavior is repeated after 30, 45 and 60 days of evaluation.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAM, S., ADAMS, W. 1979. Effects of aluminium on nutrient composition and yield of oat. *Journal of Plant Nutrition*. 1:365 – 375.
- ALVARADO, A. L., FALLAS, J. 2004. La saturación de acidez y el encalado sobre el crecimiento de la teca (*Tectona Grandis* L.F.) en suelos ácidos de Costa Rica. [En línea]: ACCESSMYLIBRARY, (<http://www.accessmylibrary.com/.../summary028650632461TM>, 20 Jun. 2009).
- BERNAL, G., McDONALD, J., HUNTER, D., BERTSCH, P., ELMORE, D., REID, R. 2000. Direct measurement of aluminum uptake and distribution in single cells of *Characorallina*. *Plant Physiol*. 996 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.
- BUCKMAN, H., BRADY, J. 1996. Naturaleza y propiedades de los suelos. Unión tipográfica. Edit. Hispano – Americana. México, 386 – 387 p.

- CASIERRA-POSADA F., CÁRDENAS – HERNÁNDEZ 2009. Crecimiento de plántulas de frijol en solución nutritiva con baja relación (Ca + Mg + K)/Al. Rev, facultad de Ciencias Agropecuarias. Boyaca. Colombia
- COLEMAN, N.T., KAMPRATH, E.J., WEED, S. B. 1958. Liming. *Advances in Agronomy* (G.B.) 10:475 – 522.
- COLEMAN, N.T., THOMAS, G.W. 1967. The basic chemistry of soil acidity. *Agron. Monogr.* 12: 1 – 41.
- CULLIS. P., KRUIFT, B. 1979. Lipid polymorphism and functional role of lipids in biological membranes. *Bioch. Biophys. Acta.* 559; 339 – 420 p.
- DE ROZO, E. 1971. Encalamiento en suelos de zonas cálidas y húmedas de Colombia. In: *Acidez y encalamiento en el trópico*. S. C. C. S. 3(1): 190 – 205.
- ESPINOZA, J., MOLINA, E. 1999. *Acidez y encalado de los suelos*. Primera edición. Instituto de la potasa y el fósforo. INPOFOS. Quito, Ecuador. 42 p.
- FASSBENDER, H. 1987. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. San José, Costa Rica, IICA, 422 p.
- FOY, C., CHANEL, R., WRITE, M. 1978. The physiology of metal toxicity in plants. *Annual Review Plant Physiology*, Bethesda, v.29: 511 – 566 p.

- FOY, C.D., BROWN, J.C. 1964. Toxic factors in acid soils: 2. Differential aluminium tolerance of plant species. Soil Science Society of American Proceedings (EE.UU.) 28(1):2732.
- HAUG, A. 1984. Molecular aspects of aluminium toxicity; CRC Critical reviews in plant Science. 1(4): 345 – 373.
- HAVLIN, J., BEATON, J., TISDALE, L., NELSON, L., 1999. Soil fertility and fertilizers. An introduction nutrient management. 6ta edición. 499 p.
- JACKSON, W.A. 1967. Physiological effects of soil acidity in soil acidity and agronomy, 12 (ed. by R. W. Pearson F. Adams, Eds.). Madison Amer. Soc. Agro, 43 -124 p.
- LEÓN, A. 1971. Neutralización de la acidez del suelo. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. 3(1): 11-17.
- MORI, G. 2008. Efecto residual de fuentes y niveles de materiales encalantes en el rendimiento de arroz en secano (*Oriza sativa*) cv. Tresmesino en un suelo degradado de Tingo María. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María Perú
- NAVARRO S. 2003. Química agrícola. Edt Mundiprensa. Mexico
- NAVAS, M. 2011 Efecto del material encalante de diferentes canteras en una rotación de cultivo de frijol con arroz (*Oriza sativa* L.) var. La Conquista.. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María. Perú

- PARSONS, M.D. 2001. Frijol. Manuales para educación agropecuaria. 2da Edic. edit. Trillas. México.
- POSCHENRIEDER, CH., BARCELÓ, J. 1985. La muerte de los bosques. Circular Farmac. 286; 71-80 p.
- QUIROZ, S., GONZALES, M. 1979. Neutralización del aluminio intercambiable y aprovechamiento del fósforo en tres suelos de Costa Rica. Agronomía Costarricense (C.R.) 3(2):137-149.
- RAMÍREZ R., ZACARÍAS Y., LOBO D. 2012. Encalado en banda como fuente de calcio para frijol. Rev. Facultad de Agronomía. Universidad Central. Venezuela 38(1) 1-8
- RIBEIRO, A., GUIMARAES, G., ALVAREZ, H. 1999. Recomendado para o uso de correctivos e fertilizantes en Minas Gerais. Vicosá, MG, CFSEMG/UFV, 1999. 359 p.
- SADZAWKA, R.A., y CAMPILLO, R. 1999. Acidificación de los suelos y los procesos involucrados: 93-103 p.
- SÁNCHEZ, P.A. & BUOL, S.W. Properties of some Soils of the Upper Amazon Basin of Perú. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 38(1):117-121, 1975.
- SÁNCHEZ, P.A. Suelos del trópico: Características y manejo. San José, Costa Rica: IICA, 1981. 660 p.

SOLORZANO, P. 1976. Importancia de la neutralización del aluminio intercambiable del suelo como guía para la selección de las dosis de caliza a aplicar en suelos ácidos. Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo (4., 1976, Maturín, Ven.). Maturín, Ven., Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo.

SOUSA, D. y LOBATO, E. CERRADO: Correção do solo e adubação. 2.ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2004. 416p.

TAMHANE R. 1980 .Suelos: Su química y fertilidad en zonas tropicales. Edt. Diana. México.

WAGATSUMA, T. 1983. Effect of non metabolic conditions on the uptake of Al by plant roots. Soil Sci. Plant Nutri. 29(3): 323 – 330.

WAGATSUMA, T. 1984. Characteristic of upward translocation of aluminum in plants. Soil Sci. Plant Nutr. 30(3) 345 – 348.

WAGATSUMA, T., KANEKO, K. 1987. High toxicity of hydroxi-aluminium polymer ions to plant roots. Soil Sci. Plant Nutrition. 33, 57 – 67 p.

ZAMORA, C. Los suelos de las tierras bajas del Perú. ONERN, Lima – Perú. 1973.

ANEXO

Panel fotográfico



Figura 7. Limpieza de terreno



Figura 8. Demarcación del área de estudio



Figura 9. Instalación del cultivo de frijol



Figura 10. Estado de la planta del cultivo de frijol



Figura 11. Primera evaluación de los tratamientos



Figura 12. Segunda evaluación del tratamiento T₂



Figura 13. Segunda evaluación del tratamiento T₃



Figura 14. Segunda evaluación del tratamiento T₈



Figura 15. Segunda evaluación del tratamiento T₀

ANEXO 2.

- **Materia orgánica (método de Walkley y Black)**

Pesar 1g de suelo y depositarlo en un Erlenmeyer de 250 mL, agregar 10 mL. de dicromato de potasio 2 N y añadir 10 mL de ácido sulfúrico Q.P 96%. Mezclar para homogenizar la solución y dejar reposar por 2 horas a más, llevar a volumen de 100 mL con agua destilada, tomar 20 mL. De esta solución en un vaso de precipitado para titularlo; agregar 2 a 3 gotas de indicador de difenil-amina. Titular con sal de Mohr 0.2 N. El cambio de color verde oscuro a verde brillante indicará el final de la titulación; anotar el gasto de la solución de Mohr, paralelo a esto realizar un blanco (sin muestra).

$$\% \text{ M.O.} = \frac{(a - bf) 0.003 \times 1.724}{P} \times 100$$

P

a = ml de bicromato de potasio utilizado.

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

0.003 = Factor del carbón.

1.724 = Factor de Van Vammelen.

p = peso de muestra de suelo.

- **Determinación del pH (Método del potenciómetro 1:1)**

Se pesara 10 g de suelo, luego se agregara 10 mL de agua destilada. Posteriormente se agitará por espacio de 15 minutos, se dejara reposar unos minutos. Finalmente se realizará las lecturas con el Peachimetro digital (lectura directa) previamente calibrada.

- **Fósforo disponible (Método de Olsen Modificado)**

Pesar 2 g de suelo y colocarlo en el vaso de precipitación para luego agregar 20 mL de bicarbonato de sodio 0.5M (pH 8.5) y carbón libre de fósforo (lavado), agitar por 10 minutos y filtrar.

Del filtrado tomar 3mL, agregar 10mL de molibdato de amonio, luego se procede a agregar 0.01g de ácido ascórbico por muestra y mezclar inmediatamente. Se torna de color azul cuando hay fósforo en la muestra y por ultimo leer en el espectrofotómetro a una banda de 660 nm, después de 5 minutos.

- **Potasio disponible (Método de ácido sulfúrico 6N)**

Pesar 2.5 g de suelo, depositarlo en un vaso de plástico, agregar 25 mL de ácido sulfúrico 6 N, luego agitar por espacio de 10 minutos. Posteriormente filtrar lo obtenido, de este filtrado hacer diluciones en tubo de ensayo 1/10, 1/100, 1/1000. Tomar lectura en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Anexo 3. Rangos de las propiedades fisicoquímicas

Cuadro 13. Rango de materia orgánica en el suelo

Nivel	Contenido (%)
Bajo o pobre	menos de 2
Medio	2 – 4
Alto o rico	mayor de 4

Fuente: Sistema de clasificación USDA –Laboratorio de suelos UNAS

Cuadro 14. Niveles de pH del suelo

Descripción	Rango
Extremadamente ácido	Menor de 4.5
Fuertemente ácido	4.5 - 5.5
Moderadamente ácido	5.5 - 6.5
Neutro	6.5 - 7.5
Moderadamente alcalino	7.5 - 8.5
Fuertemente Alcalino	Mayor de 8.5

Fuente: Sistema de clasificación USDA – Laboratorio de suelos UNAS

Cuadro 15. Niveles de contenido de Nitrógeno

Nivel	Nitrógeno (%)
Bajo	Menor de 0.1
Medio	0.1-0.2
Alto	Mayor de 0.2

Fuente: Sistema de clasificación USDA – Laboratorio de suelos UNAS

Cuadro 16. Niveles de contenido de fósforo

Nivel	Fósforo (ppm)
Muy Bajo	menos de 5
Bajo	5.1 – 15
Normal	15. 1- 30
Alto	30.1 – 40

Fuente: Sistema de clasificación USDA – Laboratorio de suelos UNAS

Cuadro 17. Niveles de contenido de potasio

Nivel	Potasio (kg/ha)
-------	-----------------

Muy Bajo	menos de 300
Bajo	300-600
Normal	más de 600

Fuente: Sistema de clasificación USDA - Laboratorio de suelos UNAS