

INDICE

1. Introducción

- 1.1. Suelos de la Amazonía, sus características y potencial agrícola.
- 1.2. El departamento de San Martín y suelos ácidos existentes.
- 1.3. Origen y características de los suelos ácidos.
- 1.4. Los suelos ácidos y sus efectos sobre los cultivos.

2. Objetivos.

3. Antecedentes.

3.1. Alternativas para el manejo de suelos ácidos.

3.2. Referencias sobre el humus de lombriz y la roca fosfórica como abonos orgánico y mineral.

- 3.2.1. Humus de lombriz.
- 3.2.2. Roca Fosfórica.
- 3.2.3. Experiencias sobre uso de abonos orgánicos y roca fosfórica en suelos ácidos.
- 3.2.4. Experiencias de uso de enmiendas calcáreas.

4. Materiales y métodos.

4.1. Descripción y características del área de experimentación.

- 4.1.1. Ubicación.

4.2. Factores de productividad: Abono orgánico, mineral, enmienda, cultivos.

- 4.2.1. Humus de lombriz.
- 4.2.2. Roca Fosfórica de Bayovar.
- 4.2.3. Enmienda calciomagnésica “Magnecal “.

4.3. Cultivos a ensayar.

- 4.3.1. Características de las variedades de los cultivos evaluados.

4.4. Metodologías aplicadas en las investigaciones.

- 4.4.1. Diseño Experimental.
- 4.4.2. Ejecución de Experimentos.
- 4.4.3. Evaluaciones Realizadas.

5. Resultados y Discusión.

5.1. Efectos de la enmienda RF – HL sobre rendimiento de cultivos.

- 5.1.1. Primera Campaña: rendimiento de maíz (var. Marginal 28.).
- 5.1.2. Segunda Campaña: Rendimiento de Cowpea var. San Roque
- 5.1.3. Tercera Campaña: rendimiento de maíz.
- 5.1.4. Cuarta Campaña: Rendimiento de soya.
- 5.1.5. Conclusiones y recomendaciones acerca de la enmienda RF–HL

5.2. Efecto de aplicación de la enmienda magnecal en los rendimientos de maíz (Zea mays) y soya (Glycine max)

- 5.2.1. Primera campaña. Rendimientos maíz (Zea mays L., var. INIA – 602).
- 5.2.2. Segunda campaña. Rendimiento cultivo de soya.
- 5.2.3. Conclusiones acerca del empleo de la enmienda magnecal.

5.3. Cambios en el suelo tras las experiencias con humus de lombriz (HL) y roca fosfórica (RF).

5.3.1. Evolución del pH

- 5.3.1.1. - pH del suelo. Final de la Primera Campaña.
- 5.3.1.2. pH del suelo al final del experimento.

5.3.2. Contenido de Materia Orgánica (%).

- 5.3.2.1. Materia Orgánica del suelo a final de Primera Campaña.
- 5.3.2.2. Materia Orgánica del suelo al final del experimento.

5.3.3. Contenido de Fósforo disponible.

- 5.3.3.1. Fósforo disponible al Final de la Primera Campaña.
- 5.3.3.2. Fósforo disponible al Final del Experimento

5.3.4. Contenido de Calcio + Magnesio cambiabile (cmol(+)/kg)

- 5.3.4.1. Calcio + Magnesio cambiabile (cmol(+)/kg) al Final de la Primera Campaña.
- 5.3.4.2. Calcio + Magnesio al Final del Experimento.

5.3.5. Contenido de Aluminio Cambiable.

- 5.3.5.1. Aluminio cambiabile al Final de la Primera Campaña.
- 5.3.5.2. Aluminio cambiabile al Final del Experimento.

5.3.6. Conclusiones sobre el efecto de la enmienda RF – HL en algunas características químicas del suelo.

5.4. Cambios en el suelo tras las experiencias con Magnecal.

5.4.1. Efectos sobre el pH.

- 5.4.1.1. Valores de pH después de la aplicación de la enmienda

5.4.1.2. Valores de pH después de la cosecha de Maíz.

5.4.1.3. Valores de pH después de la Cosecha de Soya.

5.4.2. Cambios en el contenido de materia orgánica

5.4.2.1. Materia orgánica después de la aplicación de la enmienda.

5.4.2.2. Después de la Cosecha de maíz.

5.4.2.3. Después de la Cosecha de soya.

5.4.3. Fósforo Disponible

5.4.3.1. Fósforo disponible después de la aplicación de la enmienda

5.4.3.2. Después de la cosecha de Maíz.

5.4.3.3. Después de la Cosecha de Soya.

5.4.4. Potasio disponible.

5.4.4.1. Variaciones del potasio disponible.

5.4.4.2. Después de la cosecha de maíz.

5.4.5. Calcio Cambiable.

5.4.5.1. Después de la aplicación de la enmienda.

5.4.5.2. Después de la Cosecha de maíz.

5.4.6. Magnesio Cambiable.

5.4.6.1. Después de la aplicación de la enmienda.

5.4.6.2. Después de la Cosecha de maíz.

5.4.7. Contenido de Calcio + Magnesio Cambiable.

5.4.7.1. Calcio + Magnesio Cambiable (cmol(+)/kg) después de Soya.

5.4.8. Potasio Cambiable.

5.4.8.1. K cambiable después de la aplicación de la enmienda

5.4.8.2. Después de la cosecha de maíz.

5.4.8.3. Después de la cosecha de soya.

5.4.9. Sodio Cambiable.

5.4.9.1. Na cambiable después de la aplicación de la enmienda.

5.4.9.2. Después de la cosecha de maíz.

5.4.10. Aluminio + Hidrógeno.

5.4.10.1. Después de la aplicación de la enmienda.

5.4.10.2. Después de la cosecha de Maíz.

5.4.10.3. Después de la cosecha de soya.

5.4.11. Conclusiones sobre evolución de las características del suelo tras la enmienda de magnecal

5.4.12. Análisis Económico

6. Conclusiones y Recomendaciones generales

7. Bibliografía

INDICE DE TABLAS

- Tabla 1.1. Extensión de los suelos predominantes de la Amazonía peruana
- Tabla 3.1. Relaciones de balance entre cationes básicos del suelo
- Tabla 3.2. Composición mineral de la roca fosfórica de Bayovar
- Tabla 3.3. Rendimientos de cultivos con y sin cal en suelo ácido de
- Tabla 4.1. Análisis químico del humus de lombriz
- Tabla 4.2. Composición de la roca fosfórica molida
- Tabla 4.3. Características agronómicas del maíz Marginal 28-T e INIA-602
- Tabla 5.1. Análisis de varianza para el rendimiento en grano de maíz en la primera campaña bajo los efectos RF – HL.
- Tabla 5.2. Efecto del HL sobre el rendimiento del maíz en la primera campaña (kg/ha). (P < 0,05; Método: LSD)
- Tabla 5.3.- Efecto de RF sobre el rendimiento del maíz en la primera campaña (kg/ha). (P < 0,05; Método:
- Tabla.5.4 Prueba de Duncan para el rendimiento en grano de maíz (kg/ha), primera campaña (Int. HL - RF).
- Tabla 5.5: Análisis de varianza para el rendimiento en grano de cowpea en la segunda campaña.
- Tabla.5.6. Prueba de Duncan para el efecto del HL sobre el rendimiento del cowpea en la segunda campaña.
- Tabla. 5.7.- Prueba de Duncan para el efecto RF sobre el rendimiento de cowpea en la segunda campaña
- Tabla 5.8.- Prueba de Duncan para el rendimiento de cowpea, segunda campaña (Interacción. HL- RF).
- Tabla. 5.9.- Análisis de varianza para el rendimiento en grano de maíz en la tercera campaña.
- Tabla. 5.10. Prueba de Duncan para el efecto de HL sobre el rendimiento de maíz en la tercera campaña (kg/ha)
- Tabla. 5.11: Prueba de Duncan para el efecto del roca fosfórica sobre el rendimiento del maíz en la tercera campaña (kg/ha)
- Tabla 5.12. Prueba de Duncan para el rendimiento en grano de maíz (kg/ha), en la tercera campaña (Int. humus-roca).
- Tabla 5.13.- Análisis de varianza para el rendimiento en grano de soya en la cuarta campaña
- Tabla 5.14.- Prueba de Duncan para el efecto de HL sobre el rendimiento de soya en la cuarta campaña.

Efectos de enmiendas sobre fertilidad de suelos ácidos Ultisoles (Perú)

- Tabla. 5.15.- Prueba de Duncan para el efecto de RF sobre el rendimiento de soya en la cuarta campaña.
- Tabla. 5.16.- Prueba de Duncan para el rendimiento en grano de soya en la cuarta campaña (Int HL-RF).
- Tabla. 5.17.- Anova para el rendimiento en grano de maíz en la primera campaña con aplicación de magnecal.
- Tabla.5.18.- Prueba de Duncan para rendimiento de maíz en primera campaña. (Kg/ha) con magnecal
- Tabla 5.19.- Anova para el rendimiento en grano de soya en la segunda campaña con magnecal.
- Tabla 5.20.- Prueba de Duncan para rendimiento de Soya Segunda Campaña con magnecal.
- Tabla 5.21.- Análisis de varianza para los niveles de pH del suelo al final de la Primera Campaña.
- Tabla 5.22.- Prueba de Duncan para el efecto del humus sobre el pH al final de la primera campaña.
- Tabla 5.23.- Prueba de Duncan para el efecto de la roca fosfórica sobre el pH al final de la primera campaña.
- Tabla 5.24.- Prueba de Duncan para los niveles de pH del suelo al final de la primera campaña (Int. Humus-roca).
- Tabla 5.25.- Análisis de varianza para los niveles de pH del suelo al final del experimento.
- Tabla 5.26.- Prueba de Duncan para el efecto del humus sobre el pH del suelo al final del experimento.
- Tabla 5.27.- Prueba de Duncan para el efecto de la roca fosfórica sobre el pH del suelo al final del experimento.
- Tabla 5.28.- Prueba de Duncan para los niveles de pH del suelo (me/100g) al final del experimento (Int H-R)
- Tabla 5.29.- Análisis de varianza para el contenido de Materia Orgánica al final de la primera campaña.
- Tabla 5.30.- Prueba de Duncan para el efecto del humus sobre el contenido de materia orgánica del suelo al final de la primera campaña.
- Tabla 5.31.- Prueba de Duncan para el efecto de la roca fosfórica sobre el contenido de materia orgánica del suelo al final de primera campaña.
- Tabla 5.32.- Prueba de Duncan para el Contenido de Materia Orgánica (%) (Int H-R) al final de la Primera Campaña.
- Tabla 5.33.- Análisis de varianza para el contenido de Materia Orgánica al final del experimento.
- Tab. 5.34.- Prueba de Duncan para el efecto del humus sobre el contenido de materia orgánica del suelo al final del experimento.
- Tab. 5.35.- Prueba de Duncan para el efecto de la roca fosfórica sobre el contenido de materia orgánica el suelo al final del experimento.
- Tabla 5.36.- Prueba de Duncan para el Contenido de Materia Orgánica (%) (Int. H-R) al final del Experimento.
- Tab. 5.37.- Análisis de varianza para el contenido de fósforo disponible al final de la primera campaña
- Tabla. 5.38.- Prueba de Duncan para el efecto del humus sobre el contenido de fósforo disponible del suelo al final de la primera campaña.
- Tabla 5.39.- Prueba de Duncan para el efecto de la roca fosfórica sobre el contenido de fósforo disponible del suelo al final de la primera campaña.

Efectos de enmiendas sobre fertilidad de suelos ácidos Ultisoles (Perú)

Tabla. 5.40.- Prueba de Duncan para el contenido de fósforo disponible (ppm) (Int H-R) al final de la primera campaña.

Tabla. 5.41.- Análisis de varianza para el contenido de fósforo disponible al final del experimento.

Tabla 5.42.- Prueba de Duncan para el efecto del humus sobre el contenido de fósforo disponible del suelo al final del experimento.

Tabla 5.43.- Prueba de Duncan para efecto de roca fosfórica sobre el fósforo disponible al final del experimento.

Tabla. 5.44.- Prueba de Duncan para el contenido de fósforo disponible (ppm) (Int H-R) al final del experimento.

Tabla. 5.45.- Análisis de varianza para el contenido de calcio + magnesio cambiabile al final de la primera campaña.

Tab. 5.46.- Prueba de Duncan para el efecto del humus sobre el contenido de calcio + magnesio cambiabiles del suelo al final de la primera campaña.

Tabla. 5.47.- Prueba de Duncan para el efecto del roca fosfórica sobre el contenido de calcio + magnesio cambiabiles del suelo al final de la primera campaña.

Tabla. 5.48.- Prueba de Duncan para el contenido de calcio + magnesio cambiabiles (cmol(+)/kg) (Int H-R) al final de la primera campaña.

Tabla. 5.49.- Análisis de varianza para el contenido de calcio + magnesio cambiabile (cmol(+)/kg) al final del experimento.

Tabla. 5.50.- Prueba de Duncan para el efecto del humus sobre el contenido de calcio + magnesio cambiabiles del suelo al final del experimento.

Tabla. 5.51.- Prueba de Duncan para el efecto del roca fosfórica sobre el contenido de calcio + magnesio cambiabiles del suelo al final del experimento.

Tabla 5.52.- Prueba de Duncan para el contenido de calcio + magnesio cambiabiles (cmol(+)/kg) (Int H-R) al final del experimento.

Tabla. 5.53.- Análisis de varianza para el contenido de aluminio cambiabile al final de la primera campaña.

Tabla. 5.54.- Prueba de Duncan para el efecto del humus sobre el contenido de aluminio cambiabile del suelo, al final de la primera campaña.

Tabla 5.55.- Prueba de Duncan para el efecto de la roca fosfórica sobre el contenido de aluminio cambiabile del suelo, al final de la primera campaña.

Tabla 5.56.- Prueba de Duncan para el contenido de aluminio cambiabile (cmol(+)/kg) al final de la primera campaña.

Tabla. 5.57.- Análisis de varianza para el contenido de aluminio cambiabile al final del experimento.

Tabla. 5.58.- Prueba de Duncan para el efecto del humus sobre el contenido de aluminio cambiabile del suelo, al final del experimento.

Tabla 5.59.- Prueba de Duncan para el efecto de la roca fosfórica sobre el contenido de aluminio cambiabile del suelo, al final del experimento.

Tabla. 5.60.- Prueba de Duncan para el contenido de aluminio cambiabile (cmol(+)/kg) al final del experimento.

Tabla. 5.61.- Anova para pH del Suelo después de la enmienda.

Tabla. 5.62.- Prueba de Duncan de pH del Suelo después de la enmienda.

Tabla. 5.63.- Anova para pH del suelo después de Cosecha de Maíz.

Tabla. 5.64.- Prueba de Duncan de pH del suelo después de la Cosecha de Maíz.

Tabla. 5.65.- Análisis de varianza de pH después de Soya.

Tabla. 5.66.- Prueba de Duncan de pH del suelo después de Soya.

Tabla. 5.67.- Análisis de varianza de M.O después de la enmienda

Efectos de enmiendas sobre fertilidad de suelos ácidos Ultisoles (Perú)

- Tabla. 5.68.- Prueba de Duncan de M.O (%) después de la enmienda.
Tabla. 5.69.- Anova de M.O después de la cosecha de Maíz
Tabla. 5.70.- Prueba de Duncan de M.O (%) después de la Cosecha de Maíz.
Tabla. 5.71.- Análisis de varianza de M.O después de la Cosecha de Soya
Tabla. 5.72.- Prueba de Duncan de M.O (%) después de la Cosecha de Soya.
Tabla 5.73.- Anova de P-disponible después de la enmienda
Tabla 5.74.- Prueba de Duncan P-disponible (ppm) después de la enmienda.
Tabla 5.75.- Anova de P-disponible después de cultivo maíz
Tabla 5.76.- Prueba de Duncan de P-disponible (ppm) después de Maíz.
Tabla 5.77.- Análisis de varianza P-disponible después de soya.
Tabla 5.78.- Prueba de Duncan de P-disponible (ppm) después de la Soya.
Tabla 5.79.- Anova de K-disponible después de la enmienda
Tabla 5.80.- Prueba de Duncan de K-disponible (ppm) después de la enmienda.
Tabla 5.81.- Anova de K-disponible después de la Cosecha de Maíz.
Tabla 5.82.- Prueba de Duncan de K-disponible (ppm) después de Maíz.
Tabla 5.83.- Anova de Ca-cambiable después de la enmienda.
Tabla 5.84.- Prueba de Duncan de Ca-cambiable (cmol (+)/kg) después de enmienda.
Tabla 5.85.- Análisis de varianza de Ca cambiable después de Maíz.
Tabla 5.86.- Prueba de Duncan de Ca-cambiable después de Maíz.
Tabla 5.87.- Anova de Mg-cambiable después de la aplicación de la enmienda
Tabla 5.88.- Prueba Duncan de Mg- Cambiable cmol(+)/kg) después enmienda
Tabla 5.89.- Análisis de varianza de Mg-cambiable después de Maíz
Tabla 5.90.- Prueba de Duncan de Mg-cambiable después de Maíz.
Tabla. 5.91.- Anova de Ca+Mg cambiable después de Soya.
Tabla. 5.92.- Prueba de Duncan de Ca+Mg cambiable después de soya.
Tabla. 5.93.- Anova de K-cambiable después de la aplicación de la enmienda
Tabla. 5.94.- Prueba de Duncan de K-cambiable después de la enmienda.
Tabla. 5.95.- Anova de K-cambiable después de la cosecha de maíz
Tabla. 5.96.- Prueba de Duncan de K-cambiable después de maíz.
Tabla. 5.97.- Análisis de varianza de K cambiable después de Soya.
Tabla. 5.98.- Prueba de Duncan de K-cambiable después de Soya
Tabla. 5.99.- Anova de Na-cambiable después de la aplicación de la enmienda
Tabla 5.100.- Prueba de Duncan de Na-cambiable después de la enmienda
Tabla 5.101.- Análisis varianza Na-cambiable después de maíz.
Tabla 5.102.- Prueba de Duncan de Na-cambiable después de maíz.
Tabla 5.103.- Anova de AL+H-cambiable después de la enmienda
Tabla 5.104.- Prueba de Duncan de AL+H- cambiable después de la enmienda
Tabla 5.105.- Anova de Al+H-cambiable después de la cosecha de maíz.
Tabla5. 106.- Prueba de Duncan de Al+H cambiable después de maíz.
Tabla 5.107.- Anova de Al+H cambiable después de la cosecha de soya
Tabla 5.108.- Prueba de Duncan de Al+H cambiable después de soya.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 La Amazonia peruana y sus divisiones

Figura 1.2 Mapa de San Martín y sus áreas de potencial agrícola

Efectos de enmiendas sobre fertilidad de suelos ácidos Ultisoles (Perú)

Figura 1.3 Formación de “Shapumba” (*Pteridium aquilinum*), vegetación típica de suelos ácidos del Bajo y Alto Mayo.

Figura 4.1 Perfil de suelo de “shapumbal” en el bajo mayo

Figura 4.2 Referencia climática 1991-2001 en la región San Martín

Figura 4.3 Corte de shapumba

Figura 4.4 Arado del campo

Figura 4.5 Aplicación de enmiendas

Figura. 5.1.- Rendimiento de maíz (primera campaña): A) bajo enmiendas aisladas de humus (HL) y roca fosfórica (RF, P_2O_5). B) bajo interacción de enmiendas de humus (HL) a dosis de 10, 15 y 20 t/ha, y roca fosfórica (RF, P_2O_5) a dosis de 100, 150 y 200 kg/ha P_2O_5 .

Fig. 5.2.- Rendimiento de cowpea: A) bajo enmiendas de humus (HL) y roca fosfórica (RF, P_2O_5). B) bajo interacción de enmiendas de humus (HL) a dosis de 10, 15 y 20 t/ha, y roca fosfórica (RF, P_2O_5) a dosis de 100, 150 y 200 kg/ha P_2O_5 .

Fig. 5.3.- Rendimiento de maíz (segunda campaña): A) bajo enmiendas de humus (HL) y roca fosfórica (RF, P_2O_5 ; B) bajo interacción de enmiendas de humus (HL) a dosis de 10, 15 y 20 t/ha, y roca fosfórica (RF, P_2O_5 a dosis de 100, 200 y 300 kg/ha de P_2O_5

Fig. 5.4.- Rendimiento de soya: A) bajo enmiendas de humus (HL) y roca fosfórica (RF, P_2O_5 ; B) bajo interacción de enmiendas de humus (HL) a dosis de 10, 15 y 20 t/ha, y roca fosfórica (RF, P_2O_5 a dosis de 100, 200 y 300 kg/ha de P_2O_5

Fig. 5.5.- Respuesta del rendimiento de Maíz (A) y Soya (B) a nueve niveles de tratamiento con Ca+Mg (kg/ha).

Fig. 5.6.- Evolución del pH del suelo en el ensayo de humus de lombriz y roca fosfórica, datos tomados después de la enmienda y tras la recolección del maíz.

Fig. 5.7.- Cambios de MO en el suelo en el ensayo de humus de lombriz y roca fosfórica. Datos tomados después de la enmienda y tras la recolección del maíz.

Fig. 5.8.- Evolución del fósforo disponible en el suelo en el ensayo de humus de lombriz y roca fosfórica. Datos tomados después de la primera campaña y al final de la experiencia.

Fig. 5.9.- Cambios en la concentración de Ca + Mg en el suelo en el ensayo de humus de lombriz y roca fosfórica. Datos tomados después de la primera campaña y al final de la experiencia.

Fig.5.10.- Variaciones de Aluminio cambiante en suelo en respuesta a las dosis de cal evaluadas, al inicio, después de la cosecha de maíz y después de la cosecha de soya.

Fig.5.11.- Variaciones del pH del suelo en respuesta a las dosis de cal evaluadas, al inicio, después de la cosecha de maíz y después de la cosecha de soya.

Efectos de enmiendas sobre fertilidad de suelos ácidos Ultisoles (Perú)

Fig.4.12. Evolución del contenido de MO (%) en el suelo tras distintas dosis de enmienda de magnecal desde la aplicación de la enmienda hasta la recolección de soya.

Fig. 5.13. Evolución del contenido fósforo (P, ppm) del suelo tras distintas dosis de enmienda de magnecal, desde la aplicación de la enmienda hasta la recolección de la soya.

Fig. 4.14.-Evolución del potasio disponible (Kd, ppm) en suelo tras distintas dosis de enmienda de magnecal. desde después de la aplicación enmienda hasta la recolección de soya.

Fig. 5.15.- Variación del calcio cambiante en respuesta a las dosis de cal evaluadas antes de la siembra y tras la cosecha soya.

Fig. 5.16.- Variación del magnesio (cmol(+)/kg) en el suelo en respuesta a la enmienda de magnecal desde la aplicación hasta la recolección de soya.

Fig. 5.17.- Variación del Ca + Mg cambiante en el suelo en respuesta a la dosis de cal evaluada después del cultivo de soya.

Figura 5.18. Variación de potasio cambiante en el suelo, en respuesta a las dosis de cal al inicio, tras la aplicación de enmienda tras la cosecha de maíz.

Fig. 5.19.- Variación del sodio cambiante en el suelo, en respuesta a las dosis de magnecal tras la enmienda y la recolección de maíz.

Fig. 5.20.- Variación del Al + H intercambiables del suelo, en respuesta a las dosis de magnecal, evaluadas antes de la siembra, tras la cosecha de maíz y tras la cosecha de soya.