

**ESTIERCOL Y DOLOMITA EN LA CALIDAD FISICA EDAFICA Y SALUD DEL CULTIVO,
EN SUELO ALTOANDINO – AYACUCHO, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO****MANURE AND DOLOMITE IN THE PHYSICAL EDAPHIC QUALITY AND CROP HEALTH,
IN HIGH ANDEAN SOIL - AYACUCHO, UNDER GREENHOUSE CONDITIONS**

Recibido: 20/12/2014

Revisado: 17/01/2015

Aceptado: 15/03/2015

Marhleni Cerda¹, Oscar Loli², Julio Alegre³ y Hugo Soplin⁴**RESUMEN**

Con la finalidad de valorar los efectos del encalado y materia orgánica, sobre los indicadores de calidad física edáfica y salud del cultivo, en suelo ácido andino, se planteó el presente trabajo experimental bajo condiciones de invernadero en macetas de 4 kg de capacidad. Se estudió niveles de Dolomita "D" (2 y 4 t.ha⁻¹) y Estiércol "E" (10, 15, 20 t.ha⁻¹) distribuidos en arreglo factorial 2x3 con tres repeticiones, en el diseño completamente randomizado. Habiéndose dispuesto los tratamientos en dos grupos: sin plantas (A) y con plantas (B). Luego de evaluar durante un año, en el grupo (A) se encontró que la aplicación de estiércol equivalente a 20 t.ha⁻¹ y 4 t.ha⁻¹ de dolomita, influyen sobre el índice de inestabilidad de estructura (Is), que incrementa en el tiempo. Dichos incrementos fueron paralelos con la disminución de agregados estables en benceno, agua y alcohol, estabilizándose desde los nueve meses. El tratamiento 20E-2D propicia la disminución de la densidad aparente, durante seis meses, para adoptar su estado natural, al año. En el grupo (B), las raíces de Trébol rojo y Rye-grass inglés, acrecientan los efectos de 20E-4D, aumentando los agregados estables y reduciendo la inestabilidad estructural. Estos resultados permiten plantas con rendimientos crecientes, de adecuado estado nutricional en N, P, K, Ca y Mg y mayor peso de nódulos en el Trébol rojo.

Palabras clave: calidad física de suelo, salud de cultivos, estabilidad de agregados, estiércol, dolomita, nódulos.

SUMMARY

With the purpose of evaluate the effects of liming and organic matter on physical indicators edaphic quality and crop health in Andean acid soil, this experimental work under greenhouse conditions in pots of 4 kg capacity was proposed. We studied levels of dolomite "D" (2 and 4 t.ha⁻¹) and manure "E" (10, 15, 20 t.ha⁻¹) distributed in factorial arrangement 2 x 3 with three replications in completely randomized design. Treatments being arranged in two groups: one without plants (A) and one with plants (B). After evaluating for one year, in the group (A) was found that the application of manure equivalent to 20 t.ha⁻¹ and 4 t.ha⁻¹ dolomite, influence the structure instability index (Is), which increased through time. These increases were parallel with decreasing of stable aggregates in benzene, water and alcohol, stabilized since nine months. The 20E-2D treatment generates decreased bulk density, for six months, to adopt its natural state, a year. In group (B), red clover roots and Rye-grass, enhance the effects of 20E-4D,

increasing stable aggregates and reducing the structural instability. These results allow to plants with growing returns, adequate nutritional status in N, P, K, Ca and Mg and higher weight of nodules on red clover.

Key words: physical quality of soil, crop health, aggregate stability, manure, dolomite, nodules.

INTRODUCCION

El suelo a pesar de su valor, no ha recibido de la sociedad la atención que merece. Sabido es, que cumple funciones importantes en la vida de todos los seres vivos, al ser sustrato de crecimiento de plantas que son fuente de fibra, alimentos, recreación e influir en la purificación del agua y aire (Bovarnick et al., 2010). Esto explica porque, ocho de nueve problemas ambientales que ponen en riesgo el futuro de la civilización, conciernen directamente al suelo.

Los procesos de degradación, disminuyen la calidad de los suelos y perjudica enormemente a la actividad agrícola, convirtiéndose en una amenaza; razón por la cual existe el reto de aumentar la producción y al mismo tiempo preservar los recursos naturales, en el marco de desarrollo sostenible (FAO, 2015). Los informes en el mundo indican que la calidad de suelos ha declinado significativamente y el Perú no escapa de esta generalidad, según el INRENA, (2009) el 33.5% del territorio nacional se encuentra degradado; siendo la zona altoandina la más afectada por su fisiografía de fuertes pendientes, sobre pastoreo y manejo inadecuado que condiciona a una intensa degradación con la consecuente pérdida de calidad edáfica, ecológica e hídrica. En tal sentido el uso sostenible de las tierras implica, conservar y/o mejorar sus propiedades edáficas, según el tipo de uso; por su importancia agronómica, económica y ambiental (Magdoff et al., 2009). La alteración de alguna de ellas puede afectar no solo la parte productiva, sino a todo el sistema. En consecuencia el manejo del suelo que promueva su calidad y sostenibilidad es fundamental para la seguridad alimentaria y bienestar de toda comunidad.

Por tales consideraciones, si el mejorar y/o mantener la calidad del suelo favorece a la sostenibilidad de los recursos naturales; el uso de estiércol y dolomita en suelo fino y ácido para mejorar sus características físicas edáficas y salud de las plantas, por su relación causa-efecto (Altieri y Nicholls, 2003), apoyaría a tal propósito. Por ello el objetivo del presente ensayo fue evaluar el efecto de niveles de estiércol y dolomita en los indicadores de calidad física del suelo y salud del cultivo.

¹ Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Facultad de Ciencias Agrarias. Ayacucho. marhlenice@gmail.com

² Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Agronomía. Departamento Académico de suelos. ololi@lamolina.edu.pe.

³ Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Agronomía. Departamento Académico de suelos. jalegre@lamolina.edu.pe.

⁴ Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Agronomía. Departamento Académico de Fitotecnia.

MATERIALES Y MÉTODOS

DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE EJECUCIÓN

El ensayo se ejecutó en el invernadero de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en Ayacucho a 2746 msnm. Cuyas coordenadas son 13° 9' 47" S, 74° 13' 28" O. Con temperatura, precipitación y humedad relativa promedio de 17.5°C, 550 mm y 56%, respectivamente. Las actividades se iniciaron en Abril del 2008 y finalizaron en Junio del 2010.

MATERIAL EMPLEADO

El experimento se desarrolló sobre suelo arcilloso, fuertemente ácido, nivel medio en materia orgánica, pobre en nitrógeno, fósforo y medio en potasio disponible. Como planta indicadora se empleó una asociación de trébol rojo (*Trifolium pratense*) y rye-grass inglés (*Lolium perenne*), en proporción 40:60 y fueron inoculadas con *Rhizobium trifolii*.

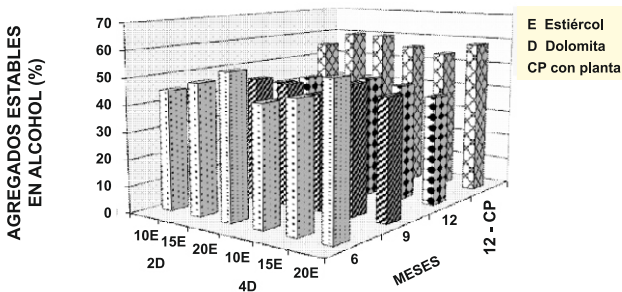


Figura 1. Efecto de estiércol y dolomita en agregados estables en alcohol.

ESTABLECIMIENTO DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos en macetas de 4 kg de capacidad, se dispusieron en dos grupos: un primer grupo -sin plantas- que permitió la remoción de suelos, para cada evaluación y un segundo grupo -con plantas- cuyo suelo se removió al año. Cada grupo consistió de 18 unidades experimentales (UE) correspondientes al factorial de dos niveles de dolomita (2D y 4D t.ha⁻¹) y tres de estiércol (10E, 15E y 20E t.ha⁻¹) con tres repeticiones, según el diseño experimental completamente al azar (DCA).

EVALUACIONES

a) Indicadores de calidad física del suelo: Se evaluó el Índice de inestabilidad estructural (Is) según Henin et al. (1958), habiendo determinado agregados del suelo sobre un tamiz de 0.2 mm luego de pre-tratamientos con alcohol, benceno y agua en muestras de 10 g de suelo. La densidad aparente, con el método del cilindro (Porta et al., 2003). Las evaluaciones, fueron realizadas a seis, nueve y doce meses después de la instalación del experimento en los tratamientos sin plantas y solamente al año en aquellos con plantas.

b) Indicadores de calidad y salud del cultivo: Se evaluó durante tres cortes el rendimiento de materia seca del cultivo (g/maceta⁻¹) y el estado nutricional a través de la extracción de nitrógeno (Semi micro Kjendhal), fósforo, potasio, calcio y magnesio (digestión húmeda). Empleando el protocolo de análisis del Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Al final del experimento se evaluó además el peso y número de nódulos.

c) Adicionalmente se evaluaron en suelos el pH, contenido de calcio, magnesio y potasio cambiante: Datos que se emplean como información en la discusión de algunos parámetros.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para cada parámetro se realizó un análisis de la variancia del factorial y con la técnica de polinomios ortogonales el análisis de regresión.

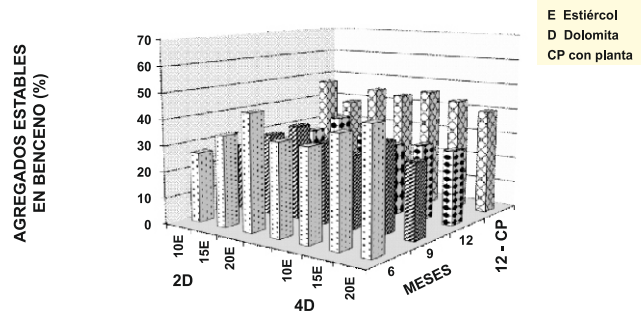


Figura 2. Efecto de estiércol y dolomita en agregados estables en benceno.

RESULTADOS Y DISCUSION

INDICADORES FÍSICO EDAFICOS

a) Estabilidad de estructura

La estabilidad de agregados comprendidos entre 0.2 a 2.0 mm de diámetro, es fuertemente influenciada con la incorporación de las enmiendas, lo que a su vez repercute en el índice de inestabilidad de estructura (Is). Así, durante los seis primeros meses de incorporada la materia orgánica y el encalante, la proporción de agregados estables en los pretratamientos en alcohol (Figura 1), benceno (Figura 2) y agua (Figura 3) son crecientes con el nivel de estiércol. El estiércol, provoca la formación de enlaces entre partículas del suelo y aumenta la fuerza cohesiva entre éstas (Golchin et al., 1995); observándose principalmente en los agregados estables en alcohol y benceno, debido al efecto protector de ambas sustancias, impidiendo el brusco estallido de los agregados por humedecimiento (Díaz & Rava, 2007). La adición de mayor dosis de dolomita aumenta significativamente a la prueba de Tukey (0.05), el porcentaje de agregados estables en benceno, debido a la participación del calcio proveniente de la dolomita que satura a los coloides orgánicos y/o inorgánicos contribuyendo con la estabilidad, coincidiendo con lo hallado por Girbau et al. (1989) y Amezketa (1999).

En el tiempo, la proporción de agregados estables disminuye, dejando entrever que la descomposición de la materia orgánica aplicada debilita al agregado sobre todo en aquellos que recibieron el pretratamiento en benceno, que disminuye significativamente después de los seis meses (Figura 2). Si bien el estiércol es una materia orgánica de lenta descomposición, sin embargo cuando las condiciones de pH cambian (4.5 a 5.27) por incorporación de la fuente encalante en los tratamientos con 4 t.ha⁻¹ de dolomita, el proceso de descomposición aumenta, desestabilizando a los agregados. De manera que el efecto del estiércol junto a la dosis alta de dolomita, podrá mantenerse, cuando la dosis de éste sea tan alto como 20 t.ha⁻¹. Como la cantidad, calidad y distribución adecuada de materia orgánica, está relacionada con el tamaño de poros (Ojeda et al., 2008), la estabilidad de estructura mantiene la arquitectura de la fase sólida y la organización del espacio poroso (Kay, 1990). Espacio que garantiza el avenamiento interno del suelo, su aireación, la exploración radical, resistencia a la erodabilidad, sellado y encostrado (Bronick & Lal, 2004), es decir la calidad física del suelo.

La combinación de los tres agregados de cada pretratamiento en el índice de inestabilidad (Mathieu & Pieltain, 1998) muestra que el efecto de las dosis de estiércol sobre el Is, tiene tendencia lineal significativa hasta

el año de evaluación inclusive (Figura 4), con mejor índice a dosis alta de estiércol (20 t.ha⁻¹). Sin embargo en el tiempo los valores del *Is* aumentan en general de 0.502 a 1.30; coincidiendo con la disminución de la proporción de agregados estables, tal como lo referimos líneas arriba. En estas condiciones predomina los microagregados, bajando la relación macroporo: microporo (Orellana & Pilatti, 1994).

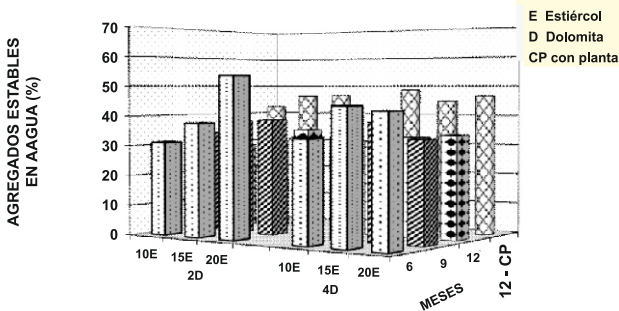


Figura 3. Efecto de estiércol y dolomita en agregados estables en agua.

En el grupo con plantas -a doce meses- las raíces de la asociación Trébol rojo (*Trifolium pratense*) y Rye grass Ingles (*Lolium perenne*), contribuyen a la mayor formación de agregados estables, los que aumentan con la dosis de estiércol, todos ellos en mayor proporción respecto a sus equivalentes sin plantas (Figuras 1, 2 y 3). La influencia de las plantas obedece a la excreción de compuestos orgánicos gelatinosos por las raíces, sirviendo de ligamento entre las sustancias inorgánicas. Las raíces pequeñas mantienen juntas a las partículas del suelo y en su entorno la proliferación de microorganismos aumenta la masa orgánica (Brady & Weil, 2008). Los resultados son similares a los de Misra et al. (1999) quienes mejoran la estabilidad global de los agregados, al incluir trébol en rotación. Sanzano et al. (2005) encuentra que, bajo pasturas, el efecto físico de raíces fue más importante que el contenido de materia orgánica del suelo.

b) Densidad aparente del suelo (Pa)

Se encontró a seis meses de incorporada las enmiendas, tendencia lineal significativa con E-2D ($Y = 1,106 - 0,009x; r = 0,7679^*$). A dosis alta de estiércol (20E-2D) la Pa disminuye hasta 0.94 g.cc-1. Físicamente el suelo es de textura arcillosa y con tendencia a problemas en la movilización de agua, nutrientes y desarrollo de raíces (Cantú et al., 2007). La incorporación de materia orgánica a un suelo de tales características genera reacciones importantes con los coloides inorgánicos, los microorganismos (Brady & Weil, 2008) y favorece la formación de macro y microagregados incrementando el volumen de aireación y con ella la disminución de la densidad aparente (Bonel et al., 2005). No obstante el efecto inicial que provoca la incorporación de E-D sobre la densidad aparente, resulta efímero. A partir de nueve meses, la densidad retorna su valor normal. Periodo que coincide además con la disminución de agregados estables (0.25- 2 mm). Principalmente aquellos agregados estables en alcohol y agua.

INDICADORES DE CALIDAD Y SALUD DEL CULTIVO

a) Número de nódulos

El número de nódulos en raíces de Trébol rojo (*Trifolium pratense*), es significativamente influenciado por la adición de estiércol y dolomita. La tendencia cuadrática ($Y = -12,833X^2 + 416,3X + 2345; r = 0,9779^{**}$) en E-2D, indica mayor número de nódulos en 15E-2D (1012) y disminuye a mayor dosis de E (847). No obstante todos

ellos, son mayores respecto de E-4D. Dada la elevada especificidad y exigencia del trébol, se descarta la existencia de otras especies de rizobio (Freire, 1996). El número de nódulos puede ser mayor e incluso grandes, con corteza gruesa y diminuta superficie activa; de existir alguna condición desfavorable o estrés (Graham, 1994). Así, el pH del suelo en 15E-2D es 5.37 y disminuye con 20E-2D (5.29). En general, es un medio con aluminio activo en la solución del suelo (Vance et al., 1996). Que supone toxicidad del Al (pH menor de 5.5) ejerciendo efecto perjudicial en la simbiosis rizobio-leguminosa; en la planta y/o rizobio o interfiriendo en la nodulación y funcionamiento del proceso simbiótico (Wright, 1991). En el medio además existe en promedio menor contenido de calcio y magnesio 5.17 y 1.31 (cmol.kg⁻¹), respectivamente y probablemente molibdeno, que puede ser motivo de estrés, induciendo a mayor número de nódulos inactivos (Martínez et al., 2010). Aportando E-4D, el número de nódulos aumenta con el nivel de E (460-680). Sin embargo, todos ellos son menores en número respecto a los contados en E-2D. La incorporación de estiércol junto a dosis alta de dolomita permitió reacciones más dinámicas así como en el pH (5.60 - 6.00), mayor concentración de Ca (7.5 cmol.Kg⁻¹), Mg (1.74 cmol.Kg⁻¹). Características que eventualmente generan un medio propicio para el desarrollo creciente de bacterias fijadoras de nitrógeno (Brady & Weil, 2008). En vista de que aquellas, son exigentes (Peoples et al., 1995).

b) Peso de nódulos

El peso seco de nódulos muestra tendencia lineal significativa en cada uno de los niveles de dolomita. El mayor peso total de nódulos, se obtuvo en los tratamientos E-4D ($Y=29.944 + 8.966X; r = 0.9243^{**}$). No obstante en este grupo de tratamientos el número de nódulos es menor, atribuyéndose el peso, al mayor tamaño de los nódulos, que incrementaron el peso total del mismo. Característica que a su vez estaría relacionada con la eficiencia en el proceso de fijación (Freire, 1996). Siendo las cepas más eficientes aquellas que tienen mayor cantidad de nódulos medianos y grandes, rojos en su interior, ubicados en raíz primaria, con rápida y prolongada fijación (Martínez et al., 2010). Los resultados concuerdan con la afirmación de Graham (1994) quien indica que no necesariamente un mayor número implica eficiencia.

c) Rendimiento de materia seca

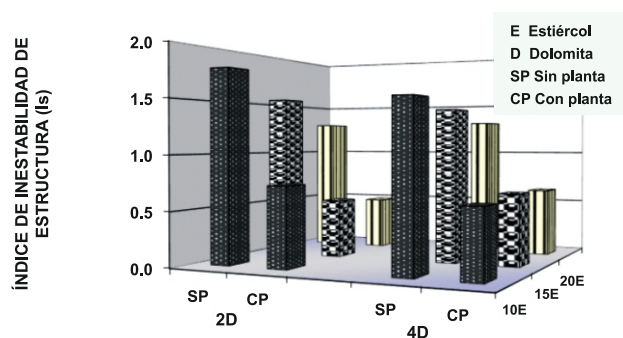


Figura 4. Efecto de estiércol - dolomita y raíces en el *Is*. A doce meses

Las dosis de estiércol durante seis meses de incorporado, influye con tendencia lineal significativa sobre la materia seca del cultivo, tanto en E-2D ($Y=0.91,3x + 20,439; r = 0,8835^{**}$) como en E-4D ($Y=0.54x + 31,193; r = 0,7263^*$), siendo mayor el rendimiento al aplicar 20E-4D (39.29 g/maceta). Rendimiento, que es conexo con las mejoras que provoca el estiércol sobre los agregados estables, quienes intervienen disminuyendo el *Is*. Por cuanto se asume, que al mejorarse las características

físicas del suelo, se produce un efecto positivo sobre el rendimiento de materia seca de la asociación de pasturas, ya que la respuesta de las plantas, es al conjunto de aspectos físicos, químicos, biológicos del medio edáfico y del medio exterior. (Porta et al., 2003).

Los niveles de E junto a 2D, continúan con la influencia lineal al segundo corte ($Y = 6.169x - 34.865$; $r = 0.9292^{**}$) y cuadrática al tercero ($Y = -0.5797x^2 + 20.703x - 121.86$; $r = 0.9628^{**}$), alcanzando mayor rendimiento 85.94 g.maceta-1 a nueve meses para disminuir hasta un máximo de 60.31 g.maceta-1 al año. En los tratamientos con mayor dosis de dolomita (E-4D) no existe diferencia estadística significativa entre sí, en los dos últimos cortes. Sin embargo los rendimientos hasta el año son crecientes con el aporte de E (56.11 a 73.42 g.maceta-1). Así, estos rendimientos constantes y crecientes en el tiempo, obedecen a la incorporación de dosis alta tanto de dolomita como de estiércol, que influyen en la mantención de agregados estables, básicamente los de alcohol y agua, reacción del suelo y formación de nódulos de mayor tamaño y peso, con efectos favorables en la continuidad de la nutrición de plantas.

d) Estado nutricional del cultivo

Existe menor concentración de nitrógeno (N) en

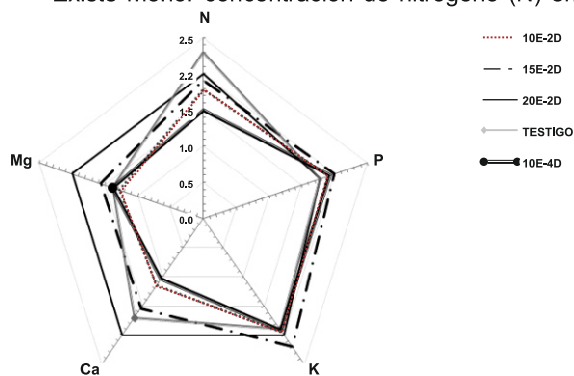


Figura 5. Estado nutricional de Trébol rojo y Rye-grass inglés con estiércol y dolomita. A seis meses de aplicado

las plantas del primer corte (Figura 5) al aplicar menor dosis de estiércol junto a mayor dosis de dolomita (10E-4D). Efectos que estarían relacionados con la menor tasa de liberación de nutrientes, respecto de los otros niveles de E; también la competencia por el nutriente entre los microorganismos y las plantas, en vista de que el N en el suelo es bajo. De otro lado las bacterias incorporadas no tendrían la misma eficiencia, debido a alguna característica adversa en el suelo (Graham, 1994). Condición similar muestran los cationes calcio (Ca) y magnesio (Mg), en ambos grupos de tratamientos (E-2D y E-4D). Situación que resulta crítica cuando se aplica 10 ó 15 t.ha-1 de E. Entonces la mayor dosis de estiércol favorece a reacciones conducentes entre otros a la disolución de dolomita con la consecuente liberación de Ca y Mg a la solución del suelo y al complejo de cambio. En este periodo las plantas estarían adecuadamente provistas en fósforo y potasio, en todos los tratamientos. A nueve meses –segundo corte- el contenido de N, continúa bajo el umbral en los tratamientos 10E-2D, 15E-2D y 10E-4D, revelando necesidad del nutriente. Carencia que se mantiene hasta el año inclusive, en el tratamiento 10E-4D; donde se encontró no solo menor porcentaje de agregados estables, también menor número y peso de nódulos en las plantas y menor rendimiento de materia seca de la asociación cultivada. El Ca y Mg también insuficientes en los mismos tratamientos, sin embargo respecto al primer corte, se ubican más cerca del umbral, es

decir hubo mayor absorción. Al año –tercer corte- el Ca sigue siendo menos absorbido en los mismos tratamientos, el fósforo muestra carencia, en tanto que el Mg mejora y es insuficiente solamente en 10E-4D (Figura 6). Esto último estaría relacionado con la mayor disolución de dolomita, que altera el equilibrio de nutrientes en el suelo (Kunes et al., 2007), e influye en la absorción de ellos. Sin embargo aquellos nuevos equilibrios, serían insuficientes y continua el antagonismo, por la predominancia en el medio de potasio y magnesio respecto del calcio (Mengel & Kirkby, 1987). Entonces el aporte de 15 E ó 20E-4D favorece a la mayor absorción de nutrientes dada la existencia de relación causa-efecto, donde mejor calidad del suelo, mejor salud de plantas (Altieri & Nicholls, 2003). En aquellas plantas existe mayor contenido de N, P, K, Ca y Mg, indicándonos calidad y salubridad de los pastos, lo cual resulta beneficioso, pues de ese modo se contribuye con la salud de los animales. En relación al testigo, aplicar E-D en general, mejora la absorción de los nutrientes.

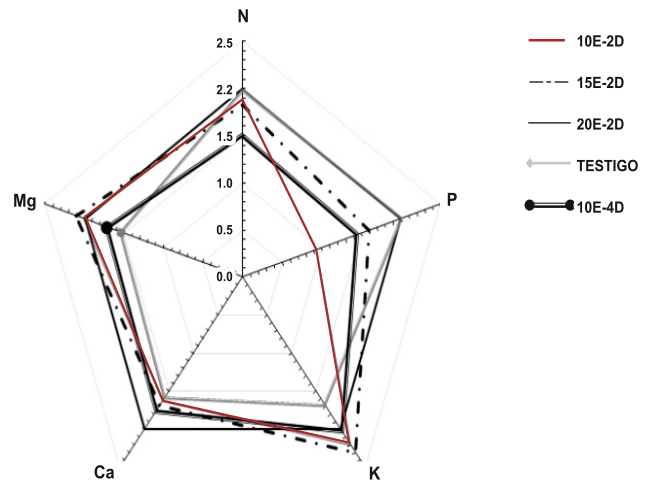


Figura 6. Estado nutricional de Trébol rojo y Rye-grass inglés con estiércol y dolomita. A doce meses de aplicado

CONCLUSIÓN

En suelo sin plantas, el índice de inestabilidad de estructura (Is) es influenciado con el nivel de estiércol y aumenta de 0.502 a 1.30, al año. Dichos incrementos son paralelos con el estropicio de agregados estables en agua, alcohol y principalmente en benceno, estabilizándose desde nueve meses. No obstante, los niveles de ambas enmiendas deben ser tan altos como 20E-4D t.ha-1. El tratamiento 20E-2D propicia la disminución de la densidad aparente, durante seis meses, para adoptar su estado natural, al año. En presencia de plantas, las raíces de la asociación Trébol rojo y Rye-grass inglés acrecientan los efectos benéficos del 20E-4D, aumentando los agregados estables y reduciendo el Is, es decir mayor estabilidad de estructura del suelo. Permite plantas con rendimientos crecientes de adecuado estado nutricional en N, P, K, Ca y Mg. Mayor peso de nódulos en el Trébol rojo y de menor número, respecto a E-2D.

RECOMENDACIONES

1. Repetir el trabajo bajo condiciones de campo, a fin de considerar el efecto del clima, que contribuiría con la validación de los resultados.
2. Ensayar con diferentes fuentes de materia orgánica, enmiendas enclantes y pasturas u otras especies de raíces abundantes.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y a la Universidad Nacional Agraria La Molina, dos grandes centros de Educación Superior, que presentan una marcada influencia en el desarrollo agrario del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri M.A. & Nicholls C.I. (2003). Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research*. 72:203-211.
- Bonel B.A., Morrás H.J. & Bisaro V. (2005). Modificaciones de la microestructura y la materia orgánica en un Argiudol bajo distintas condiciones de cultivo y conservación. *Ciencia del Suelo (Argentina)*. Volumen 23 (1):1850-2067.
- Bovarnick A., Alpizar F. & Schnell C. (2010). La importancia de la biodiversidad y de los ecosistemas para el crecimiento económico y la equidad en América Latina y el Caribe: Una valoración económica de los ecosistemas, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). New York.
- Bronick C.J. & Lal R. (2004). Soil structure and management: a review. *Geoderma*: 124: 3-22.
- Brady N.C. & Weil R.R. (2008). The nature and properties of soils. Fourteenth edition. Pearson Prentice hall. Columbus, Ohio.
- Cantú M.P., Becker A.R., Bedano J.C. & Schiavo H.F. (2007). Evaluación de la calidad de los suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del Suelo (Argentina)*. 25 (2): 1850-2067.
- Orellana de J.A. & Pilatti M.A. (1994). La estabilidad de agregados como indicador edáfico de sostenibilidad. *Ciencia del Suelo*. 12:75-80.
- Díaz R. & Rava C. (2007). Aportes de la ciencia y la tecnología al manejo productivo y sustentable de los suelos del cono sur. Programa Cooperativo para el desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Uruguay.
- Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura. (2015). Marco de programación país asistencia técnica de la FAO (2015-2018). Santiago de Chile, Chile.
- Freire J. (1996). For the Rhizobium-legume symbiosis. Páginas 51 – 72. En Alexander M. Biological nitrogen fixation; ecology, technology and physiology. Plenum Press. New York.
- Girbau J. & Josa R. 1989. Estabilidad estructural y erosión en suelos de uso agrícola de la Plana de Vic. *Acta Geológica Hispánica*. 24(1):59:66.
- Golchin A., Clarke P., Oades J.M & Skjemstad J.O. 1995. The effects of cultivation on the composition of organic matter and structural stability of soils. *Australian Journal of Soil Research*. 33:975-993.
- Graham P.H., Draeger K.J. & Ferrey M.L. 1994. Acid pH tolerance in strains of Rhizobium and Bradyrhizobium, and initial studies on the basis for acid tolerance of Rhizobium tropici strain UMR 18991. *Canadian Journal of Microbiology*. 40:198-207.
- Henin S., Monnier G. & Combeau A. 1958. Methode pour l'etude de la stabilite structurale des sols. *Ann.Agron.* 9:71-90.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales. 2009. Gestión de recursos hídricos en el Perú. Erosión severa de los suelos por regiones. Consultado 20 marzo 2014. Disponible en <http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream>.
- Kunes I., Balcar V. & zahrádnik D. 2007. Influence of a planting hole application of dolomitic limestone powder and basalt grit on the growth of Carpathian birch (*Betula carpatica* W. et K.) and soil chemistry in the air-polluted Jizerské hory Mts. *Journal of Forest Science* 53 (11):505–515.
- Mengel K. & Kirkby E.A. 1987. Principles of plant nutrition. 4th ed. International Potash Institute (IPI). Bern, Switzerland.
- Misra A.K., Daniel H., Till R. & Blair G.J. 1999. Effect of long term crop rotations and rewetting of soil on stability. *Soil Use Management*. 15: 254-255.
- Magdoff F., & Van Es H. 2009. Building Soils for Better Crops Sustainable Soil Management. 3ra Ed. Sustainable Agriculture Research and Education (SARE). National Institute of Food and Agriculture, U.S. Department of Agriculture.
- Martínez O., Jorquera M.A., Crowley D.E., Gajardo G. & Mora M.L. 2010. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. *Journal Soil Science Plant Nutrition*. 10: 293-319.
- Mathieu C. & Pieltain F. 1998. Analyse physique des sols: Methodes choisies. Lavoisier Technique & Documentation. London, New York, Paris.
- Ojeda G., Alcaniz J.M. & Le Bissonnais Y. 2008. Enmiendas orgánicas para mejorar la estabilidad estructural del suelo mediterráneo. *Agricultura Ecosystems & Environment*. 125 (1-4): 48-56.
- Porta J., López-Acevedo M. & Roquero C. 2003. Edafología, para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundiprensa. 3era edición. España.
- Peoples M., Herridge D.F. & Ladha J.K. 1995. Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production. *Plant Soil* 174:3-28.
- Sanzano G.A., Corbella R., García J. & Fadda G. 2005. Degradación física y química de un Haplustol típico bajo distintos sistemas de manejo de suelo. *Ciencia del suelo*. 23 (1): 37-44.
- Vance G.F., Stevenson F.J. & Sikra F.J. 1996. Environmental chemistry of aluminum-organic complexes. En: The Environmental chemistry of aluminum. Sposito, G. ed. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Wright S.F., Wright R.J., Sworobuk J.E. & Boyer D.G. 1988. Effect of acid soil chemical properties on nodulation and competition of Rhizobium trifolii. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 19: 311-325.

Email: husovi@lamolina.edu.pe



Fuente: www.uam.es/cultura/museos/mineralogia/especifica/mineralesAZ/Dolomita/dolomita.html



Fuente: www.ochrana-pudy.cz/wp-content/uploads/dreamstime-l-24870429-535x682.jpg