

# EFFECTOS DE LA COMBINACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y FERTILIZANTE QUÍMICO SOBRE LA DENSIDAD APARENTE Y EL ESPACIO POROSO TOTAL DE UN SUELO VOLCÁNICO NICARAGÜENSE

<sup>1</sup>Armando Flores, <sup>2</sup>Martha Izquierdo,

<sup>2</sup>Pedro Manzanares

<sup>1</sup>M.Sc. en Fitotecnia Genera.

<sup>2</sup>M.Sc. in Soil Fertility and Plant Nutrition.

## RESUMEN

Se realizó un muestreo de suelos en parcelas experimentales de un ensayo de campo, con el fin de evaluar los efectos de la aplicación de tres dosis de Abonos Orgánicos (AO), combinadas con fertilizante

químico, sobre la densidad aparente ( $d$ ) y el espacio poroso total ( $EPT$ ) de un suelo volcánico nicaragüense. El ensayo se realizó durante la época de Postrera (Septiembre - Diciembre) de 1989, en la Finca Experimental La Compañía, Carazo, Nicaragua; sobre un suelo franco-arenoso derivado de cenizas volcánicas (*Typic Durandeps*). Se utilizó un experimento Bifactorial en diseño de parcelas divididas en Bloques completos al azar, con cuatro réplicas. Los AO empleados fueron Gallinaza, Compost y Pulpa de café, siendo las dosis ensayadas de 5, 10 y 15 ton.ha<sup>-1</sup> de cada uno, combi-

nadas con Fosfato Diamónico a razón de 64.8 kg.ha<sup>-1</sup>. Se observó una disminución de la  $d$  y un aumento del  $EPT$  con la aplicación de los AO, siendo este efecto influido por las dosis incorporadas. Las parcelas que presentaron la menor  $d$  y el mayor  $EPT$ , fueron aquellas donde se incorporó el Compost.

## ABSTRACT

Soil samples were taken in experimental field's plots, in order to evaluate the effects of three Organic Manures (AO) doses, combined with fertilizer, over the soil bulk density ( $d$ ) and total porosity ( $EPT$ ).

The experiment was set up over a young volcanic sandy-loam soil (*Typic Durandeps*) at La Compañía, Managua, Nicaragua. It was arranged in a split-plots design of four complete randomized blocks. The AO used were: Hen manure, Compost and Coffee-Pulp, at rates of 5, 10 and 15 ton.ha<sup>-1</sup> each. The fertilizer used was Diamonium Phosphate, at doses of 64.8 kg.ha<sup>-1</sup>. A decrease in the  $d$  and an increase in the  $EPT$  were observed with the AO application; this effect was affected by the doses. The

plots with Compost present the lowest densities and highest porosity's.

**Abreviaturas:**  $d$ , densidad aparente,  $D$ , densidad real,  $EPT$ , Espacio poroso total, AO, abonos orgánicos, FQ, fertilizantes químicos, MO, Materia orgánica.



Es frecuente encontrar referencias sobre el efecto de la materia orgánica (MO) sobre la Densidad aparente ( $d$ ) del suelo (Charreau, 1976; Cairo, 1980; Sánchez, 1981; Arzola *et al.*, 1986; Trinidad, 1987; entre otros). Universalmente se acepta que la MO por sus efectos agregantes mejora la agregación de las partículas elementales, favoreciendo el aumento del espacio poroso (Cairo, 1986), con lo que se facilitan la aireación, el drenaje interno del suelo y la retención de humedad.

El efecto de la MO sobre la estructura del suelo y las propiedades asociadas a la porosidad (relaciones hídricas del suelo, principalmente) depende de varios factores, entre éstos la textura del suelo y el contenido o estado de la MO, son de sobresaliente importancia. Los efectos son más evidentes, o lo son a más corto plazo, en suelos de textura gruesa y más aún si el contenido de MO es bajo, o no siéndolo, si ésta se encuentra acomplejada bajo la forma de complejos organo-minerales (Sánchez, 1981; Gavande, 1987). Los efectos son también evidentes y efectivos en suelos de textura muy pesada, como los Vertisoles (Sánchez, 1981).

Los fertilizantes químicos tienden a degradar la estructura, al intensificar la mineralización de la MO del suelo. Estos efectos negativos sobre la estructura se ven favorecidos por el uso de la maquinaria, el que tiende a destruir los agregados del suelo y a compactarlo, causando efectos negativos sobre el enraizamiento de las plantas y la absorción de nutrientes (Sánchez, 1981; Cairo, 1986; Primavesi, 1990). En Agosto de 1989, se planeó iniciar una serie de ensayos de campo para estudiar el efecto de abonos orgánicos (AO) sobre el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). El estudio tenía también como objetivo la evaluación de los efectos de los AO sobre las propiedades del suelo. Por razones diversas, el estudio no pudo extenderse a una serie de 4-5 años, como fue planeado. Los resultados que se presentan corresponden al primer año. Se considera de utilidad práctica y académica publicar estos resultados, por cuanto las características edáficas de los suelos y climáticas del período experimental, harían posible la expresión de los efectos de los AO sobre la agregación del suelo, en el corto plazo evaluado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo de Septiembre a Diciembre de 1989 (Postrera), en la Finca Experimental «La Compañía», Carazo, Nicaragua, situada a 450 msnm, a 11° 54' LN y 86° 09' LW. La temperatura promedio anual es de 26°C, con una precipitación de 1500 mm anuales y una humedad relativa del 75%. Este lugar se ubica en la zona de vida Bosque Tropical Pre-Montano Húmedo (MAG, 1971). El climograma correspondiente al período del ensayo se presenta en el Apéndice.

El suelo es franco arenoso, derivado de cenizas volcánicas, y pertenece a la Serie Masatepe (MSa), siendo clasificado como *Typic Durandeps*, según el Sistema de la Soil Taxonomy (MAG, 1971) y *Andosol Mólico*, según el Sistema de la FAO/UNESCO (Ottobong *et al.*, 1991). Es moderadamente profundo a profundo, bien drenado, presenta moderada permeabilidad y disponibilidad de humedad (MAG, 1971) y baja densidad aparente, de 0.8 Mg/m<sup>3</sup> según Talavera (1990).

Estos suelos poseen un alto contenido de carbono que está de acuerdo con los reportados por Swindale (1969) y Munevar y Wollerum (1977) en suelos volcánicos de América Latina. No obstante, diversos autores han obtenido respuesta a la fertilización nitrogenada en estos suelos (Bustamante, 1990; Salgado, 1990), y la capacidad de fijación de fósforo se ha calculado del 85%, según Izquierdo y Talavera (1988).

El experimento se estableció utilizando el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Se utilizó un experimento Bifactorial en diseño de Parcelas divididas, en Bloques completos al azar, con cuatro réplicas.

Los tratamientos fueron aplicaciones de tres dosis de Abonos Orgánicos (AO), combinadas con fertilizante químico. Los AO empleados fueron Gallinaza, Compost y Pulpa de café, siendo las dosis utilizadas de 5, 10 y 15 ton.ha<sup>-1</sup> de cada uno, combinadas con Fosfato Diamónico a razón de 64.8 kg.ha<sup>-1</sup>.

Se realizó el muestreo para la determinación de la densidad aparente ( $d$ ), al momento de la cosecha del frijol (Diciembre, 15; 75 días después de la siembra); para ello se tomaron muestras inalteradas del horizonte superficial del suelo, a 10 cm de profundidad, en cada una de las parcelas que constituían el ensayo, por medio de un barrenado provisto de cilindros de 100 cc. Estas muestras fueron llevadas al laboratorio, donde se sometieron a secado en el horno, a 105°C por 24 horas, al cabo de las cuales se pesaron en una balanza electrónica. La  $d$  se calculó por medio de la fórmula:

$$d = P_{ss} / V_m$$

donde,  $P_{ss}$  representa el peso del suelo seco, en g; y  $V_m$  el volumen de la muestra (100 cc). El espacio poroso total ( $EPT$ ) se calculó por la fórmula:

$$EPT = 100 (1 - d/D)$$

donde, la densidad real ( $D$ ) se asumió a un valor constante de 2.65 Mg/m<sup>3</sup>.

Los labores de suelo consistieron en una chapoda y dos pases de arado de disco una semana antes de la incorporación de los AO; un pase de grada, nivelado y surcado a distancia de 0.4 m al momento de la incorporación de los diferentes tratamientos de AO.

La incorporación se realizó manualmente el 24 de agosto de 1989, colocando los AO a las dosis correspondientes por tratamiento, al fondo del surco, a una profundidad de 15 cm, cubriéndose luego con tierra hasta la siembra (30 de septiembre).

La siembra de frijol, el control fitosanitario y demás labores agrícolas fueron las normalmente realizadas por los productores de la zona.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se presentan a continuación (Tablas 1, 2 y 3), corresponden al promedio de cuatro repeticiones.

Los datos muestran el efecto diferencial de los AO y del FQ sobre la  $d$  y el  $EPT$  del suelo. Los signos negativos en la variación de la  $d$  y los mayores  $EPT$  de las parcelas con AO, pueden interpretarse como una mejora de la agregación de los gránulos del suelo; en tanto, el aumento de la  $d$  y la disminución del  $EPT$  con la aplicación del FQ, se entiende como una degradación de la bioestructura del

suelo. Ambos resultados son coincidentes con la literatura (Sánchez, 1981; Cairo, 1986; Primavesi, 1990).

La época en que se realizó la investigación, fue húmeda. Este hecho, unido a las óptimas temperaturas y a las condiciones de aireación del suelo, pudieron haber favorecido una pronta descomposición de la MO contenida en los AO y su posterior mineralización (Fassbender, 1986; Primavesi, 1990), con la consecuente liberación de las sustancias húmicas mejoradoras de la estructura del suelo. Este efecto de los AO, de reducir la  $d$  y aumentar el EPT del suelo, se encontró correlacionado con el aumento de las dosis de aplicación; aunque esta relación no resultó significativa estadísticamente (Tabla 3). Al respecto, en estas parcelas, Flores (1990) obtuvo un efecto favorable de los AO y sus dosis a la nodulación radical del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), lo que parece confir-

mar la aseveración anterior. De los datos presentados por el referido autor, es posible calcular coeficientes de correlación altos, pero no en todos los casos significativos, entre las dosis de AO y el número de nódulos radicales (Gallinaza:  $r=0.967$ ,  $p<0.05$ ; Compost:  $r=0.892$ ; Pulpa de café:  $r=0.771$ ).

Algunas de las menores  $d$ , entonces, coinciden con parcelas donde se obtuvieron nódulos radicales en alto número (ver Flores, 1990); pero, al calcular la correlación entre ambos datos (Tabla 3), ésta no resultó estadísticamente significativa. Este resultado posiblemente es explicable por los efectos favorables que ejerce la MO sobre las propiedades de aireación y porosidad, tanto en los gránulos como entre los mismos.

Algo semejante ocurre con los rendimientos en materia seca total y de grano (Tabla 3).

Tabla 1. Efecto de la combinación de AO y FQ sobre la  $d$  ( $\text{mg} / \text{m}^3$ ) del suelo

Abonos	Gallinaza		Compost		Pulpa	
	$d$	var.	$d$	var.	$d$	var.
0 AO + 0 FQ	0.84	-	0.84	-	0.84	-
0 AO + 1 FQ	0.89	+0.05	0.89	+0.05	0.89	+0.05
5 AO + 1 FQ	0.79	-0.05	0.77	-0.07	0.77	-0.07
10 AO + 1 FQ	0.77	-0.07	0.76	-0.08	0.79	-0.05
15 AO + 1 FQ	0.78	-0.06	0.74	-0.10	0.79	-0.05

var.: diferencia con respecto al testigo sin fertilizar.

Tabla 2. Efecto de la combinación de AO y FQ sobre el EPT<sup>1</sup> (%) del suelo

	Gallinaza	Compost	Pulpa
0 AO + 0 FQ	68.30	68.30	68.30
0 AO + 1 FQ	66.42	66.42	66.42
5 AO + 1 FQ	70.19	70.94	70.94
10 AO + 1 FQ	70.94	71.32	70.19
15 AO + 1 FQ	70.57	72.08	70.19

<sup>1</sup> Asumiendo una densidad real constante de  $2.65 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

Tabla 3. Coeficiente de correlación ( $r$ ) entre la  $d$  y las variables dosis de aplicación, número de nódulos radicales por planta, materia seca total (MST) y Rendimientos de grano.

Abonos	Dosis	Nódulos	MST	Rendimiento
Gallinaza	-0.79	-0.63	-0.90	0.31
Compost	-0.88	-0.58	-0.80	-0.04
Pulpa	-0.68	-0.14	-0.49	0.25

Las disminuciones ocurridas en la  $d$  pueden, sin embargo, ser consideradas importantes para el cultivo. Se ha comprobado en numerosos estudios (citados por Sánchez, 1981), que una disminución de  $0.10 \text{ mg/m}^3$  en la  $d$  tiene un efecto benéfico en el desarrollo radical del sorgo, el mani y la caña de azúcar, entre otros cultivos. Esta influencia es sobre todo notable en aquellos suelos que, por un manejo intensivo de la maquinaria agrícola están sujetos a la compactación; éste parece ser el caso de La Compañía, donde la  $d$  es relativamente alta, debido al uso intensivo de la maquinaria agrícola cada año.

La textura gruesa del suelo de La Compañía y la evidente presencia en éste de complejos arcillo-húmicos, favorecen la expresión de estos efectos. Si bien los agregados de MO nativa y alófana, por su elevada porosidad interna, son de importancia en cuanto a la retención de la humedad disponible para las plantas (Sánchez, 1981); el efecto de las adiciones de MO, favoreciendo la agregación de las partículas más gruesas, la estabilización de los gránulos, y por ende, la mayor porosidad entre los grumos, es de relevancia en tanto mejora las condiciones para la aireación, además que son estos poros los aprovechados por los pelos radicales para extenderse, incrementándose por ambas vías la actividad metabólica del sistema radical.

Con el Compost se obtuvieron, en general, los menores valores para la  $d$  y los mayores del *EPT*. Es posible que esto se encuentre relacionado con el grado de descomposición y humificación de este material. Primavera (1990) sostiene que cuanto más intensa fuese la descomposición del material orgánico, tanto mayor será su efecto sobre el suelo; y como se sabe, el Compost es un material que ha sufrido un proceso de descomposición previo a su incorporación al suelo.

La Gallinaza, por su parte, es un producto de la digestión de las aves al que se ha adicionado  $\text{CaCO}_3$  (Información personal;), y el Ca tiene un efecto importante en la descomposición y humificación de la MO.

Por el contrario, la Pulpa de café tiene un proceso de descomposición lenta. Este material presenta tan sólo 3.58 % de su materia seca en forma de celulosa (Nosti, 1970), el que contrasta con los altos contenidos de este compuesto en otros AO (por ejemplo, el estiércol vacuno tiene contenidos de celulosa del 17-28 % de su masa seca, según van Faasen y van Dijk, 1987). Fassbender (1986) refiere que la proporción existente entre la celulosa

y la lignina es un indicador de la velocidad de descomposición de los restos vegetales. Además, de la descomposición de este polímero orgánico por las bacterias *Cytophaga* se producen los ácidos poliurónicos que son los principales agentes agregantes del suelo.

De esta manera resultan también comprensibles los altos valores de la correlación entre la  $d$  y la acumulación de materia seca por la planta de frijol (excepto para el caso de la pulpa). El signo negativo de esta correlación parece indicar que al disminuir la  $d$ , y por influencia de los efectos antes discutidos, la planta tuvo una mayor capacidad de absorber nutrientes, facilitándose así los procesos fisiológicos que conllevan a la mayor acumulación de asimilatos en sus tejidos.

Este efecto también fue observado por Flores (1990), quien además afirma que el estímulo al desarrollo vegetativo inducido por los AO, pondría en acción un mecanismo de compensación entre los componentes del rendimiento, de tal manera que el rendimiento en grano no se vería afectado por la adición de AO.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La MO tiende a mejorar la estructura del suelo, por la vía de la agregación del material, lo que se ve reflejado en una reducción de la  $d$  y un aumento consecuente del *EPT*.

Esta mejora estructural estaría asociada a un mayor desarrollo vegetativo de la planta y del sistema radical, lo que se infiere de una cierta tendencia de asociación positiva entre la  $d$  y la nodulación radical, por un lado, y el rendimiento en materia seca, por otro.

Se hace necesario profundizar estos estudios, observando el efecto de los AO sobre las propiedades físicas ( $d$ , porosidad y propiedades hídricas) del suelo en experimentos en serie, a fin de determinar la durabilidad de los efectos sugeridos.

## AGRADECIMIENTOS:

Se agradece la cooperación material y financiera aportada por los proyectos **UNA-SLU/ Programa de Ciencias de las plantas** y **UNA-LUW / Suelos**, la colaboración y apoyo brindado por el **Ing. Adriaan Vogel, M. Sc.** (Departamento de Ciencias del Suelo, LUW), el **Ing. Efraín Acuña** (Departamento de Suelos, UNA), y los técnicos del Laboratorio de Física de Suelos de la ESA, UNA.

**BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

- ARZOLA, N.; FUNDORA, O.; MACHADO, J. 1986. Suelo, Planta y Abonado. Edit. Pueblo y Educación, 1ª Reimpresión, La Habana.
- BUSTAMANTE, M. 1990. Efecto de la fertilización nitrogenada, fraccionamiento y momento de aplicación sobre el crecimiento y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) var. NB-12. Tesis de Ing. Agr. Escuela de Producción Vegetal, Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, Nicaragua.
- CAIRO, P. 1982. Relaciones entre la materia orgánica y las propiedades estructurales de los suelos. *Centro Agrícola*, 9(2):73-9.
1986. Evaluación Físico-Química de los suelos (Curso de Post-Grado). Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias (ISCA), Escuela de Ciencias Básicas, Departamento de Suelos y Aguas. Mimeografiado. Managua, Nicaragua.
- CENTRO EXPERIMENTAL «CAMPOS AZULES». 1989. Datos climáticos de la Estación meteorológica. Temperatura media y precipitación diarias. Comunicación personal.
- CHARREAU, C. 1976. Materia orgánica y propiedades bioquímicas del suelo en la zona tropical árida del África Occidental. En: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (eds.) *Materias orgánicas fertilizantes. Boletín sobre suelos* No. 27. Edit. de la FAO, Roma, Italia. p. 148-67.
- CRUZ, S. 1986. *Abonos Orgánicos*. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 129 p.
- FAASEN, H. G. VAN; DIJK, H. VAN. 1987. Manure as a source of nitrogen and phosphorus in soils. In: Meer, H. G. v. d. (ed.) *Animal manure on Grassland and Fodder Crops*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands. p. 27-45.
- FASSBENDER, H. W. 1986. *Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina*. Editorial del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica. 348 p.
- FLORES, A. 1990. Respuestas del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a los Abonos Orgánicos combinados con Fertilizante químico. Tesis de Ing. Agr. Escuela de Producción Vegetal, Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, Nicaragua.
- GAVANDE, S. 1987. *Física de suelos. Principios y aplicaciones*. Editorial Limusa, México.
- IZQUIERDO, M.; TALAVERA, T. 1988. *Diagnosis of Fertility of some Nicaraguans soils*. Programa de Ciencia de las Plantas/ISCA-SLU, Managua, Nicaragua. Sin publicar.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (MAG). 1971. *Catastro e Inventario de Recursos Naturales de Nicaragua. Vol. II Levantamiento de suelos de la Región Pacífica de Nicaragua. Parte 2: Descripción de Suelos*. Departamento de Suelos y Dasonomía, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Managua, Nicaragua.
- MUNEVAR, F.; WOLLERUM, A. G. 1977. Effects of the addition of Phosphorus and inorganic Nitrogen on Carbon and Nitrogen mineralization in Andepts from Colombia. *Soil Sci. Am. J.*, 41:540-5.
- NOSTI, J. 1970. *Cacao y Café*. Edición Revolucionaria, La Habana. p. 562-4.
- OTABBONG, E.; IZQUIERDO, M.; TALAVERA, F. T.; GEBER, U.; OHLANDER, L. 1991. Response to P fertiliser of *Phaseolus vulgaris* L. growing with or without weeds in a highly P-fixing mollic Andosol. *Trop. Agric. (Trinidad & Tobago)*, 68(4):339-43.
- PRIMAVESI, ANA. 1990. *Manejo ecológico do solo. A agricultura em regioes tropicais*. Livraria Nobel, São Paulo, Brasil. 549 p.
- SALGADO, A. 1990. Efecto de la fertilización nitrogenada, fraccionamiento y momento de aplicación sobre el crecimiento y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) var. NB-6. Tesis de Ing. Agr. Escuela de Producción Vegetal, Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, Nicaragua.
- SÁNCHEZ, P. A. 1981. *Suelos del Trópico. Características y manejo*. Editorial del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica. 634 p.
- SWINDALE, L. D. 1969. *Propiedades de los suelos derivados de cenizas volcánicas*. En: *Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina*. Turrialba, Costa Rica. p. B.105 - B.106.
- TALAVERA, F. T. 1990. *Análisis de suelos de la Finca Experimental «La Compañía» realizados en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Agrícola de Suecia, Uppsala, Suecia*. Comunicación personal.
- TRINIDAD, S. A. 1987. *El uso de Abonos Orgánicos en la producción agrícola. Serie Cuadernos de Edafología, Colegio de Post-Graduados, Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 45 p.*