



## APLICACIÓN AL SUELO DE GUANO DE AVE Y SU DIGERIDO: CAMBIOS DE CORTO PLAZO EN POROSIDAD Y RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

P. F Carfagno<sup>1\*</sup>, M.J Eiza<sup>2</sup>, D Sainz<sup>1</sup>, J.F Becerra<sup>1</sup>, N. A Mortola<sup>1</sup>, M Butti

<sup>1</sup>Instituto de Suelos, CIRN INTA Castelar; <sup>2</sup>Unidad Integrada EEA INTA Balcarce-Fac. Ciencias Agrarias, UNMdP;

\*De los Reseros y Las Cabañas s/n. Hurlingham Prov. de Buenos Aires, carfagno.patricia@inta.gob.ar

### RESUMEN:

El espacio poroso es la fracción de volumen de suelo ocupada por el aire y el agua que, en términos generales, representa la mitad del volumen total del suelo, aunque varía con el tipo e historia de manejo del mismo. La aplicación de enmiendas orgánicas podría ser una alternativa para favorecer a la aireación del suelo y disminuir la compactación del mismo a través de generar macroporosidad, a través de los altos contenidos de materia orgánica. Se realizó un ensayo completamente aleatorizado, sobre un suelo Argiudol típico. Se evaluaron en un testigo (sin aplicación) y 4 meses después de la aplicación del guano de aves (GA) y del digerido de guano de aves ponedoras (DGA) sobre una pastura consociada. Luego de tres meses de la aplicación se evaluó la porosidad y resistencia mecánica a la penetración. Ambas determinaciones mostraron una tendencia a mejorar estas dos propiedades físicas al aplica GA y DGA.

**PALABRAS CLAVE:** calidad de suelos, residuos orgánicos, propiedades físicas

### INTRODUCCION

Numerosos trabajos de investigación reportan mejoras producidas en las propiedades edáficas tras la aplicación de enmiendas orgánicas, como son: incremento de la infiltración, mejora de la estructura del suelo y la formación de agregados, incremento en los nutrientes y materia orgánica, entre muchas otras (Shiralipour *et al.*, 1992; Stocking y Albadalejo, 1994; Moldes *et al.*, 2007), debido principalmente a sus altos contenidos de materia orgánica (MO) y nutrientes.

El espacio poroso del suelo es la fracción de volumen ocupada por el aire y el agua que, en términos generales, representa la mitad del volumen total del suelo, aunque varía con el tipo e historia de manejo del mismo. Sin embargo, el volumen total de espacio poroso es menos importante que la proporción de espacio poroso capilar y no capilar (Kramer, 1983). El espacio poroso no capilar se refiere a la fracción en la que el agua se mueve por gravedad (macro y mesoporos), proveyendo el espacio aéreo, primordial para la respiración de las raíces. El espacio poroso capilar se refiere a la fracción de poros menores a 9 micrones de diámetro, que retiene el agua contra la fuerza de gravedad (microporos). A pesar de esta distinción, tanto los mesoporos como los microporos son los principales responsables de retener el agua en el suelo. En un suelo bien estructurado para el crecimiento de las raíces y la retención de agua, el espacio poroso se encuentra balanceado entre los poros capilares y no capilares. Los suelos de textura franco limosa, típicos de la Pampa Ondulada con presencia de arcillas ilitas no expandentes (Varela *et al.*, 2011), se caracterizan por densificarse o compactarse debido a la alta proporción de limos en su textura, especialmente en sistemas de siembra directa (Spoor, 2006). Con lo cual, la aplicación de enmiendas orgánicas podría ser una alternativa para favorecer a la aireación del suelo y disminuir la compactación del mismo a través de la generación de macroporosidad.

El objetivo de este estudio fue estudiar el impacto en el corto plazo de la aplicación de guano de gallinas ponedoras, bajo las formas crudo y digerido sobre la porosidad del suelo y la resistencia mecánica a la penetración del mismo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los parámetros físicos que se describen a continuación se evaluaron en un ensayo completamente aleatorizado ubicado en el predio de la Estación Experimental Agropecuaria del Área Metropolitana de Buenos Aires (EEA AMBA INTA) (34° 37' 21,13"S - 58° 40' 12,44"O) sobre un suelo Argiudol típico de la Serie Las Cabañas y las determinaciones de laboratorio se realizaron en los Laboratorios de Degradación Física de Suelos del Instituto de Suelos de INTA Castelar. Los parámetros físicos de suelo que se describen a continuación se evaluaron en un testigo (sin aplicación) y 4 meses después de la aplicación del guano de aves (GA) y del digerido de guano de aves ponedoras (DGA) sobre una pastura consociada (festuca, alfalfa, trébol blanco y cebadilla) implantada en 2016. Previo a la aplicación, se realizó la caracterización de ambas enmiendas. Los valores de pH fueron de 6.7 y 8.4 y los de conductividad eléctrica (CE) de 4.99 y 17.75 dS m<sup>-1</sup> para GA y DGA respectivamente. Para GA los contenidos de MO, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y N Total fueron 71%, 152 mg Kg<sup>-1</sup>, 667 mg Kg<sup>-1</sup> y 5,1%, mientras que para DGA fueron 1.87 g L<sup>-1</sup>, 6.7 mg L<sup>-1</sup>, 2.0 mg L<sup>-1</sup> y 2.01 g L<sup>-1</sup>, respectivamente. Para el cálculo de la dosis de aplicación se utilizó la metodología por balance de nitrógeno (N). Para ello se utilizaron los contenidos de N de ambos materiales (N<sub>Total</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y N orgánico), los contenidos de N del suelo (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en 0-60 cm) y el requerimiento de N en función del rendimiento objetivo de la pastura (120 kg N ha<sup>-1</sup>). Según estos cálculos se aplicaron por cada m<sup>2</sup> 0.5 kg de GA y 4.7 L de DGA.

### **Porosidad-Constantes hídricas (Richards 1928)**

Las muestras de suelo se extrajeron en cilindros (5 x 3 cm) manteniendo inalterada la estructura y porosidad de la misma. Las constantes hídricas se determinaron en un equipo de ollas a presión. Para las determinaciones de retención a presiones menores a 0.33 bar (capacidad de campo, CC) se utilizaron platos de cerámica porosa de 0.5 bar en extractor. Se saturó la placa de cerámica durante 24 hs en agua destilada. Se colocó sobre la base de cada muestra un papel de filtro y se las dejó saturar durante otras 24 horas hasta observar que en la parte superior hubiera una lámina de agua. A continuación, se colocó en el interior de la olla la placa porosa saturada y sobre ella las muestras, en contacto directo. A fin de conocer la distribución de tamaños de poros, se cerró la olla y se le aplicó presiones correspondientes a 0.01, 0.03, 0.07, 0.1 y 0.33 bares. Una vez aplicada cada presión, se observó que por la salida conectada al plato comenzara a drenar el excedente de agua. Ya finalizada la salida de agua, se retiraron las muestras y se procedió a su pesaje. Tras haber sido pesadas, las muestras fueron colocadas nuevamente en la olla y sometidas a la presión correspondiente al siguiente punto, hasta llegar a 0.33 bar. Luego de retirarlas de 0.33 bar, las muestras se secaron en estufa a 105 °C hasta alcanzar un peso constante y se pesaron, calculando la humedad según la ecuación 1.

$$\% \text{ Humedad gravimétrica} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Tara}) - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \quad [1]$$

Para conocer el diámetro de poros equivalente a cada presión (KPa) a la que fue sometida la muestra, se utilizó la ecuación 2, en la que el diámetro de los poros (D) se relaciona de forma inversa con la presión que se ejerce para extraer el agua contenida en los mismos (KPa).

$$D (\mu\text{m}) = \frac{300}{\text{KPa}} \quad [2]$$

Para la determinación del punto de marchitez permanente (PMP), las muestras correspondientes a cada cilindro se secaron y tamizaron por tamiz de 2 mm de apertura. Luego se colocó el material en anillos ubicados sobre platos porosos de 15 bares y luego se saturaron por 24 hs. Se introdujeron en la olla de presión y se aplicó una presión de 15 bares,

hasta que se detuvo el drenaje del extractor (aproximadamente 48 hs). Las muestras de los aros se colocaron en un recipiente y se pesaron con balanza de precisión. Las muestras luego se secaron en estufa (105°C) hasta alcanzar un peso constante y luego de pesadas se realizaron los cálculos correspondientes aplicando la ecuación 1.

### Penetrometría

La determinación de la resistencia mecánica a la penetración se realizó con un penetrómetro dinámico (de golpes) (Herrick y Jones, 2002). Se ubicó el penetrómetro verticalmente en un sitio representativo de la situación a evaluar. Se midió la resistencia mecánica hasta 0,5 m de profundidad, contando el número de golpes cada 5 cm y se transformó cada cantidad de golpes en unidades de presión (MPa).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones y temperaturas medias registradas en el período del ensayo. La temperatura promedio de la ventana de tiempo entre aplicación de los tratamientos y la medición de variables fue de 11,6 °C. Por otra parte, las precipitaciones acumularon durante este período una lámina de 272,6 mm. Aunque la condición de humedad resultó adecuada para el desarrollo microbiológico, la temperatura pudo no haber sido lo suficientemente elevada para expresar los mayores beneficios de los tratamientos, considerando que la temperatura óptima para el crecimiento microbiano del suelo, en su mayoría mesófilo, se encuentra entre 15 y 40°C. Esto habría propiciado que la observación de resultados y tendencias a favor de la aplicación de las enmiendas no alcanzara a ser significativa.

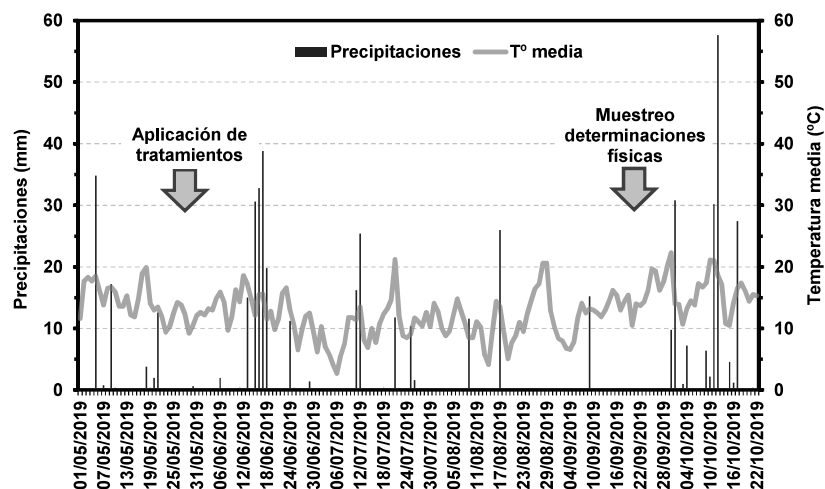


Figura 1. Precipitaciones y temperatura media en el período del ensayo.

En la Figura 2 se muestra la curva de retención de humedad analizada en los diferentes tratamientos. Si bien no se registraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), el testigo mostró una tendencia a tener menor retención de humedad en los rangos de macro- y mesoporos, que los tratamientos con aplicación de GA y DGA. Siendo el DGA quien mostró tendencia a mayores valores de retención en toda la curva. Los suelos de textura limosa se caracterizan por densificarse o compactarse, especialmente en sistemas de siembra directa (Spoor, 2006). La densificación produce disminución de la capacidad de almacenamiento hídrico e incremento de las tasas de escurrimiento (Cosentino y Pecorari, 2002; Taboada *et al.*, 2008). La aplicación de estos residuos orgánicos con altos contenidos de MO puede contribuir a un mayor desarrollo radicular que favorezca a la porosidad y retención hídrica. En este sentido, Carfagno *et al.*, (2014) informaron que la inclusión de centeno y raigrás como cultivos de cobertura produjeron una modificación en la distribución del tamaño de poros, aumentando la mesoporosidad por efecto de las raíces.

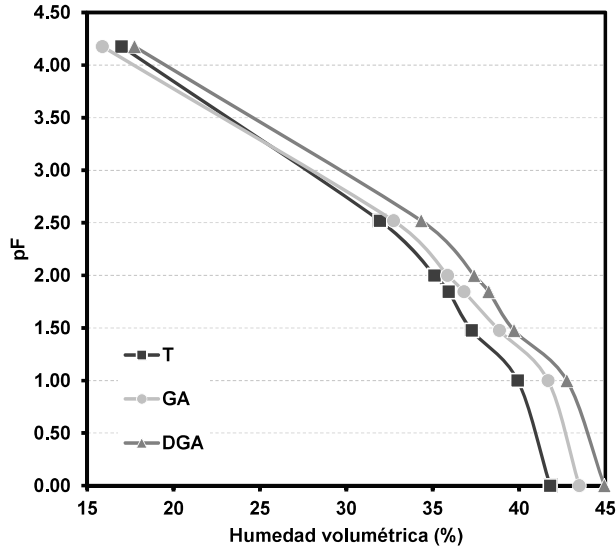


Figura 2. Curva de retención etención de humedad para cada tratamiento construida a partir de las siguientes presiones: 0.01, 0.03, 0.07, 0.1, 0.33 y 15 bares.

La porosidad es una propiedad del suelo que tiene acción directa sobre el movimiento del agua, interviniendo en su infiltración, almacenaje, drenaje y escurrimiento. Las distintas categorías de tamaños de poros influyen de manera diferente en estos procesos físico-hídricos (Castiglioni *et al.*, 2010). Los valores medios de porosidad (%) para cada tratamiento en los rangos de macroporos (> 100  $\mu\text{m}$ ), mesoporos (9,1-100  $\mu\text{m}$ ) y microporos (<9,1  $\mu\text{m}$ ), no mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) (Figura 3). El análisis por rango de tamaños de poros permite interpretar las diferencias generadas por cada tratamiento y su efecto sobre la funcionalidad de cada tipo de poro. La pastura sin agregado de guano (testigo) presentó menor porosidad total y en la distribución de tamaños de poros mostro una tendencia a menor porosidad en los tres rangos de poros analizados. En el rango de los macroporos esta variabilidad se atribuye a los ciclos de formación y de degradación de la materia orgánica, especialmente en poros mayores a 1 mm de diámetro y al humedecimiento y secado en poros de 0,33-0,5 mm (Jiang *et al.*, 2018). Esto podría explicar la leve tendencia registrada a aumentar los macroporos al aplicar GA.

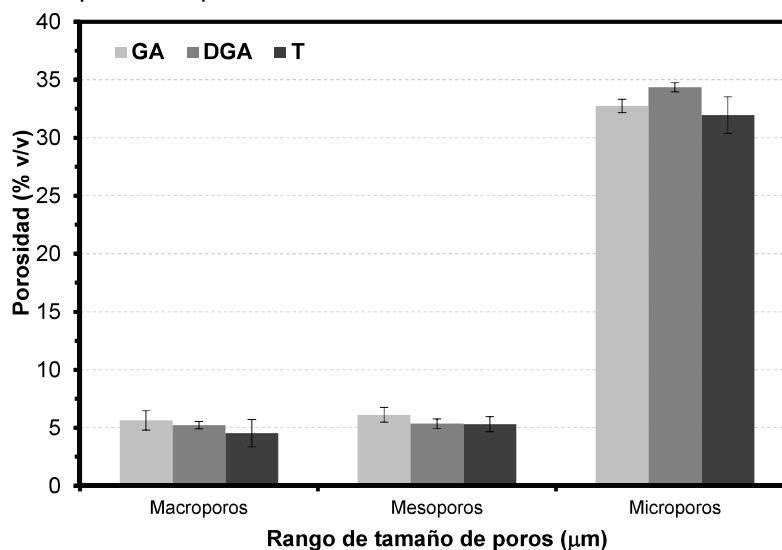


Figura 3. Porosidad para cada tratamiento en cada rango de tamaño de poros: macroporos (> 100  $\mu\text{m}$ ); mesoporos (100 a 9,1  $\mu\text{m}$ ) y microporos (< 9,1  $\mu\text{m}$ ). Las líneas verticales muestran el error estándar de la media.

Los perfiles de RMP no mostraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre tratamientos, para ninguna de las profundidades (Figura 4). Sin embargo, el testigo presentó un máximo a los 25 cm, el cual a su vez sobrepasa el umbral crítico para el crecimiento de las raíces, mientras que los tratamientos GA y DGA no sobrepasaron el umbral en todo el perfil. Por debajo de los 30 cm de profundidad el tratamiento de aplicación de GA se iguala al testigo. Sin embargo el DGA mantiene la tendencia a presentar menor resistencia, lo que marca una menor densificación. El perfil de humedad fue homogéneo (datos no mostrados), sin registrarse diferencias estadísticas significativas, ni comportamientos que muestren tendencias, esto es importante para la interpretación de las curvas de resistencia a la penetración que se muestran en la Figura 4 ya que la dureza del suelo es afectada por el contenido de humedad, con lo cual suelos con menores contenidos de humedad e igual textura presentan diferencias en la resistencia a la penetración.

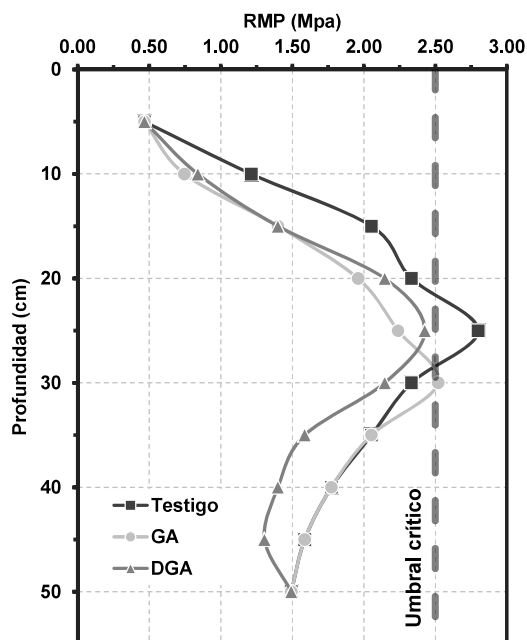


Figura 4. Perfiles de resistencia mecánica a la penetración (RMP) hasta 50 cm de profundidad del suelo para cada tratamiento: Testigo, Guano de ave (GA) y digerido de guano (DGA).

## CONCLUSIONES

Para las condiciones planteadas en este ensayo se concluye que las aplicaciones de guano de aves y de digerido de guano de aves en una pastura tiende a incrementar la porosidad ya reducir la resistencia mecánica a la penetración, en el corto plazo. Debido a las condiciones bajo las cuales se desarrolló el experimento, se deberá continuar con las investigaciones durante períodos más prolongados y en estaciones del año con mayor temperatura.

## BIBLIOGRAFIA

- Carfagno, PF; MJ Eiza; JM Rivera-Vázquez; A Quiroga & F Babinec. 2014. Cultivos de cobertura: efecto sobre la porosidad y el rendimiento de soja. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas en CD.
- Castiglioni, MG; ME Mendive Álvarez; J Córdoba; M Ochoa; D Mazzoni. 2010. Cambios en la porosidad y distribución de poros asociados a causas edáficas y por el uso de la tierra. Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Rosario, Santa Fé, Argentina.
- Cosentino, DJ & C Pecorari. 2002. Limos de baja densidad: Impacto sobre el comportamiento físico de los suelos de la región pampeana. Ciencia del Suelo 20:9-16.

- Herrick, JE & TL Jones. 2002. A dynamic cone penetrometer for measuring soil penetration resistance. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1320–1324.
- Jiang, Y., Zhou, H., Chen, L., Yuan, Y., Fang, H., Luan, L., Chen, Y., Wang, X., Liu, M., Li, H., Peng, X., & Sun, B. (2018). Nematodes and Microorganisms Interactively Stimulate Soil Organic Carbon Turnover in the Macroaggregates. *Frontiers in microbiology*, 9, 2803. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02803>
- Kramer, PJ 1983. *Water Relations of Plants*. Academic Press, New York.
- Moldes, A; Y Cendón & MT Barral. 2007. Evaluation of municipal solid wastecompost as a plant growing media component, by applying mixture design. *Sciencedirect*.
- Richards, LA. 1928. The usefulness of capillary potential to soil moisture and plant investigators. *Journal Agric. Research* 37: 719-742.
- Shiralipour, A; DB Mcconnell & WH Smith. 1992. Physical and chemical properties of soil as affected by municipal solid waste compost application, *Biomass and Bioenergy*,
- Spoor G. 2006. Alleviation of soil compaction: requirements, equipment and techniques. *Soil Use Manage.* 22:113-122.
- Stocking M & J Albaladejo. 1994. Refuse isn't rubbish! *Ambio* 23:229-232.
- Taboada, MA; OA Barbosa & DJ Cosentino. 2008. Null creation of air-filled structural pores by soil cracking and shrinkage in silty loam soils. *Soil Sci.* 173:130-142.
- Varela, MF; PL Fernández; G Rubio & MA Taboada. 2011. Cultivos de cobertura: efectos sobre la macroporosidad y la estabilidad estructural de un Suelo franco-limoso. *Ciencia del Suelo* 29:99-106.