

PhD. Díaz-Zorita, M. <sup>1</sup>; Álvarez, C. <sup>2</sup>.

<sup>1</sup> CONICET-FAUBA y Nitragin Argentina S.A.

<sup>2</sup> INTA EEA General Villegas (CC 153), Drabble (Buenos Aires).  
mdzorita@agro.uba.ar

Palabras Clave: compactación, test proctor, densidad aparente máxima, cero labranza

## INTRODUCCIÓN

La compactación en suelos agrícolas es un problema que afecta el crecimiento de las raíces y la productividad de los cultivos, los requerimientos de energía para las operaciones de labranzas, el movimiento de agua, la infiltración, la erosión y otros procesos.

La compactación de los suelos depende de algunas de sus propiedades tales como textura, contenidos de materia orgánica (MO), humedad del suelo en el momento de ocurrir el estrés de compactación.

La susceptibilidad de los suelos a la compactación esta ampliamente caracterizada usando el procedimiento de la prueba de Proctor (Zhang et al., 1997; Aragón et al., 2000). Para esta prueba se desarrollan curvas de compactación en laboratorio a partir de la aplicación de estrés sobre muestras disturbadas y bajo un rango de humedad tal de estimar un nivel máximo de densidad aparente (DAMax) (American Society for Testing Materials, 2000).

Aunque esta prueba aporta información útil para discriminar entre condiciones contrastantes de manejo, la relación entre la compactabilidad bajo condiciones de laboratorio y de campo, empleando un procedimiento similar no es clara. Mas aún, en sistemas estructurados tales como pasturas o agricultura en cero labranza los resultados podrían diferir dado que el procedimiento estándar de Proctor requiere el uso de muestras disturbadas, perdiendo así la contribución de la estructura de los suelos a la compactabilidad de los suelos.

Nuestro objetivo fue determinar las diferencias en estimaciones de susceptibilidad a la compactación de Molisoles a partir evaluaciones "in situ" o empleando muestras disturbadas de los suelos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue conducido en la EEA INTA Gral. Villegas (Drabble, (Bs. As.) y en el ensayo de larga duración de labranzas de la EEA INTA Anguil en Dorila (La Pampa). Estos sitios fueron seleccionados por diferencias en las prácticas de producción (agricultura continua o prácticas agrícolas en rotación con pasturas bajo pastoreo) sobre Hapludoles Típicos o Haplustoles Enticos (Cuadro 1 1).

La proporción de arcilla, limo y arena (método de la pipeta) y el contenido materia orgánica (MO, método de Walkley & Black) fueron determinados en muestras secas al aire tamizadas por 2 mm de la capa de 0 a 10 cm de profundidad.

En cada sitio, por muestras duplicadas de suelo en la misma capa fueron tomadas con cilindro de 5,2 cm de diámetro para determinar la distribución de fragmentos por quebrado (caída libre desde 1,6 m de altura) y tamizado en seco durante 30 segundos en un tamizador vibratorio vertical con 2mm de oscilación. La distri-

Cuadro 1. Principales propiedades y prácticas de manejo de suelo (0 a 10 cm) de los sitios en estudio. MO = materia orgánica, DA = densidad aparente y DMP = diámetro medio ponderado, CL = cero labranza, HT = Hapludol Típico, HE = Hapludol Entico.

Sitio	Suelo	Manejo del sitio	Arcilla	Limo	Arena	MO	DA	DMP
				g kg <sup>-1</sup>			Mg m <sup>-3</sup>	mm
A	HT	Pastura	135	260	605	245	1.33	27.9
B	HT	Agricultura en CL	125	223	652	229	1.21	34.6
C	HT	Pastura	180	351	469	322	1.30	20.2
D	HT	Agricultura en CL	155	278	567	229	1.34	24.0
E	HE	Agricultura con remoción	100	380	520	210	1.05	9.4
F	HE	Agricultura en CL	100	380	520	283	1.16	21.9

bución de tamaños de fragmentos se determinó sobre una batería de tamices entre 1 y 8 mm de apertura. Esta se caracterizó calculando el diámetro medio ponderado (DMP).

El tamaño superior de fragmentos fue determinada con la máxima longitud de las muestra de suelo (100 mm). Además se determinó la densidad aparente (DA) profundidades la capa de 0 a 10 cm (método del cilindro).

Para la prueba de Proctor estándar (American Society for Testing Materials, 2000) 3 kg de suelo de cada sitio fueron secados al aire para luego equilibrarlas con agua durante 24 hs a 20°C hasta alcanzar 5 niveles de humedad y luego fueron compactadas en 3 capas.

Para determinar las curvas de compactación "in situ" los suelos se humedecieron hasta alcanzar al menos 5 niveles diferentes de humedad durante 48 hs antes de ser compactados. Cada uno de los sectores humedecidos fueron compactados con una cantidad de impactos similar a la prueba estándar usando la masa de Proctor, la misma distancia de caída y número de impactos. Tanto en las muestras compactadas en la laboratorio como "in situ" se determinó su DA y contenido gravimétrico de humedad (CGH).

Los parámetros DAMax y CGHMax, fueron estimados a través de un modelo cuadrático de relación entre DA y CGH (curva de compactación Proctor). En el punto de DAMax la pendiente de la curva de compactación es igual a cero por lo que los valores de CGH y DA en este punto se obtuvieron a partir de la primer derivada de los modelos cuadráticos ajustados en cada sitio.

Análisis de regresión y de correlaciones se emplearon para evaluar relaciones entre propiedades de los suelos y los parámetros de las curvas de compactación (DAMax y CGHMax) determinados usando la prueba estándar de Proctor e "in situ" (Analytical Software, 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de DAMax estimados usando la prueba estándar de Proctor (determinado en laboratorio) y el "in situ" variaron entre 1,50 y 1,56, 1,39 y 1,53 Mg m<sup>-3</sup>, respectivamente. La DAMax media estimada aplicando el método estándar fue significativamente mayor que la estimada "in situ", 1,54 y 1,45 Mg m<sup>-3</sup> respectivamente (p < 0,02). Sin embargo ambos valores no se correlacionaron significativamente (DAMax(estándar) = 1,22 - 0,15 x DAMax("in situ"), r = 0,07). Los CGH en la DAMax fueron menores al determinarse en condiciones de laboratorio que "in situ" 166 y 216 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (p<0,05). La información disponible tampoco mostró relaciones significativas entre ambos estimadores de compactabilidad.

Los contenidos de MO y la textura de los suelos han sido descriptos para ser correlacionados con los parámetros de compactabilidad (DAMax y CGHMax) estimados con la prueba de Proctor en un amplio rango de tipos de suelos y prácticas de manejo (Wagner et al. (1994), Ball et al. 2000, Díaz-Zorita y Grosso, 2000, Díaz-Zorita et al. 2001).

En este estudio, se observaron aumentos en la DAMax al disminuir los contenidos de MO o aumentar la proporción de arenas pero sólo cuando el parámetro de compactabilidad fue estimado empleando la metodología estándar de laboratorio (Figura 1). Cuando la determi-

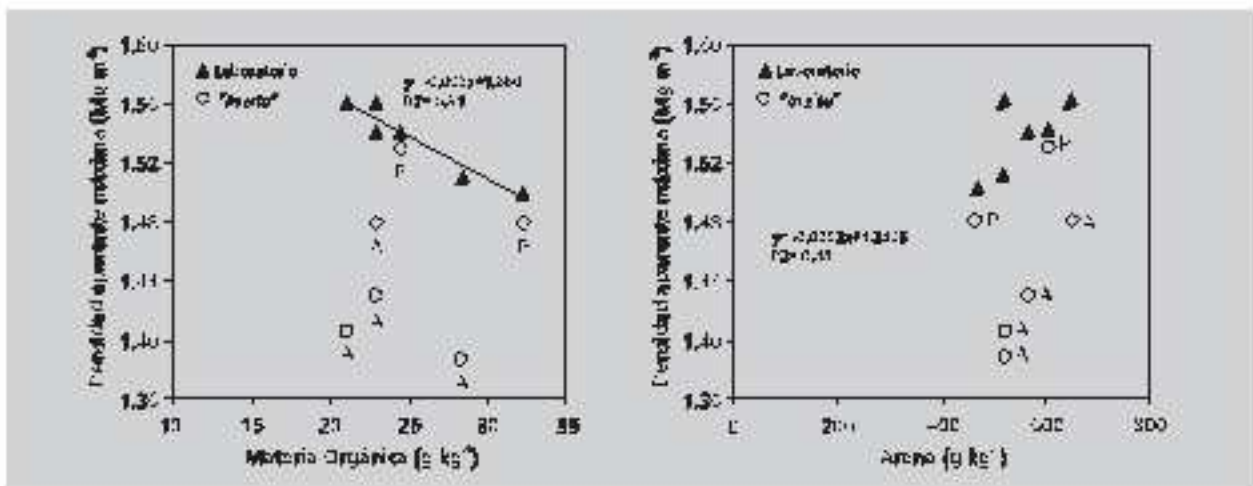


Figura 1. Densidad aparente máxima según contenidos de materia orgánica o de arena en 5 molisoles de la región de la pampa arenosa según métodos de estimación. P = suelos bajo pasturas, A = suelos en agricultura.

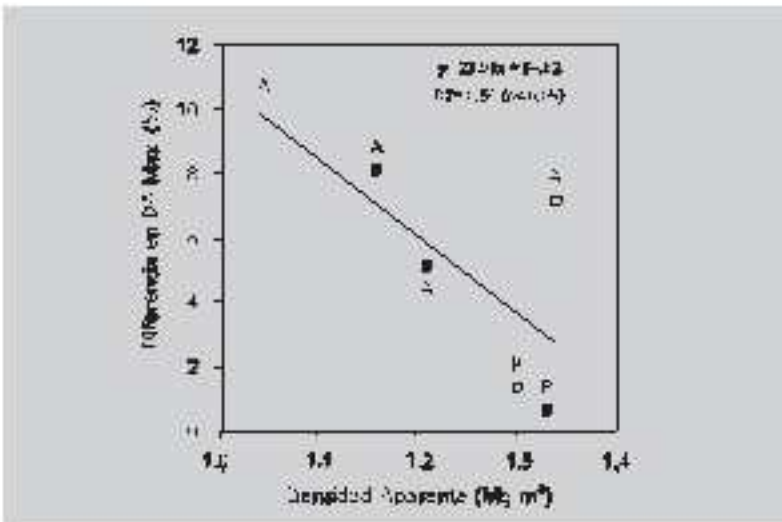


Figura 2. Diferencia en la densidad aparente máxima (DAMax) determinada por el método estándar o "in situ" según niveles de densidad aparente en molisoles de la región de la pampa arenosa.

nación se realizó en condiciones sin disturbar los sitios se agruparon según el tipo de manejo presente (pasturas o agricultura) sugiriendo la relevancia de las condiciones de agregación sobre su compactabilidad.

La diferencia proporcional entre valores de DAMax estimados en el laboratorio e "in situ" sólo se correlacionó negativamente con cambios en la densidad aparente de los suelos (Figura 2).

Estos resultados sugirieron que las diferencias en los niveles máxima compactabilidad, en el rango textural estudiado, son de mayor magnitud en la medida que la porosidad de los suelos se incrementa. En este estudio los menores valores de porosidad (mayores de DA) se correspondieron con ambientes bajo pasturas mientras que en los sitios agrícolas, independientemente del sistema de labranza, estos fueron mayores.

Estos resultados confirman la hipótesis bajo estudio sugiriendo que diferencias en la estructura de los suelos, estimada por su porosidad total, interfieren en la normal evaluación de su compactabilidad. Se requiere intensificar los estudios para identificar modelos predictivos de la compactabilidad de estos suelos a partir de evaluaciones con muestras disturbadas.

#### BIBLIOGRAFÍA

- „ American Society for Testing Materials. 2000. Standard methods for laboratory compaction characteristics of soil using standard effort (12,400 ft-lbf/ft<sup>3</sup>(600 kN/m<sup>3</sup>)), p. 1-11. In American Society for Testing Materials (ed.), ASTM Standard in Building Codes. ASTM.
- „ Analytical Software. 2000. Statistix7 User's manual. Analytical Software, Tallahassee, FL, USA.
- „ Aragón, A., M.G. García, R.R. Filgueira, and Y.A. Pachepsky. 2000. Maximum compactability of Argentine soils from the Proctor test. The relationship with organic carbon and water content. *Soil Till. Res.* 56:197-204.
- „ Ball, B.C., D.J. Campbell, and E.A. Hunter. 2000. Soil compactability in relation to physical and organic properties at 156 sites in UK. *Soil Till. Res.* 57:83-91.
- „ Díaz-Zorita, M., and G.A. Grosso. 2000. Effect of soil texture, organic carbon and water retention on the compactability of soils from the Argentinean pampas. *Soil Till. Res.* 54:121-126.
- „ Díaz-Zorita, M., J.H. Grove, and E. Perfect. 2001. Laboratory compaction of soils using a small mold procedure. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1593-1598.
- „ Gee, G.W., and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis, p. 383-411. In A. Klute (ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods.* America Society of Agronomy Inc., Soil Science Society of America Inc., Madison, WI. USA.
- „ Proctor, R.R. 1933. First of four articles on the design and construction of rolled-earth dams. *Fundamental principles of soil compaction.* *Eng. News-Rec.* 111:245-248.
- „ Wagner, L.E., N.M. Ambe, and D. Ding. 1994. Estimating a Proctor density curve from intrinsic soil properties. *Trans. ASAE* 37:1121-1125.
- „ Zhang, H., K.H. Hartge, and H. Ringe. 1997. Effectiveness of organic matter incorporation in reducing soil compactability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:239-245.