

## Caracterización de las propiedades generales del suelo en una parcela experimental con distintos sistemas de laboreo

### General soil properties characterization in an experimental plot with different management systems

INGARAMO, O.E.<sup>1</sup>; PAZ FERREIRO, J.<sup>2</sup>; MIRÁS AVALOS, J.M.<sup>2</sup> & VIDAL VÁZQUEZ, E.<sup>2</sup>

#### Abstract

Tillage system may have influence on the soil characteristics in a significant way. The aim of this study was to characterize the general soil properties of a Cambisol. The study was performed in the Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (A Coruña, Spain) with four different treatments: raigrass-maize rotations under conventional till and no till and raigrass-sorghum under conventional tillage and no till. Particle size distribution, cationic exchange capacity, organic matter content, pH, particle density, and bulk density were analyzed. For each parameter analysis were carried out following routine methodologies. Mean contents of silt and clay were 39% and 21%, respectively and the soil was characterized as loamy. Particle density oscillated between 2.54 and 2.67 Mg m<sup>-3</sup> and bulk density ranged between 0.82 and 1.29 Mg m<sup>-3</sup>. No significant differences in these parameters were observed among treatments. The pH (H<sub>2</sub>O) values showed lower coefficients of variation than the pH (KCl) values. Exchange cations presented different coefficients of variation for each element, so, for Na<sup>+</sup> CV ranged between 8 and 21% whereas those for Al<sup>+3</sup> varied from 0 to 53%. The Ca<sup>+2</sup> content was lower than the recommended values for this type of soil.

**Key words:** bulk density, cation exchange capacity, particle size distribution, soil managements

(1) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria Las Breñas, Ruta 94. 3722 Las Breñas-Chaco, Argentina.

(2) Facultad de Ciencias. Universidade da Coruña. Campus de A Zapateira s/n. 15071 A Coruña.

## INTRODUCCIÓN

El suelo es un sistema abierto, dinámico y constituido por tres fases. La fase sólida está formada por compuestos inorgánicos (fracción mineral) y orgánicos (materia orgánica, MO) que dejan un espacio de huecos donde se encuentran las fases líquida y gaseosa.

Las interacciones entre las fases sólida y líquida adquieren especial relevancia al existir en la fase sólida partículas con una elevada superficie específica que están cargadas eléctricamente, lo cual contribuye a los procesos de adsorción e intercambio iónico (MUSY & SOUTER, 1991; DON SCOTT, 2000; PORTA *et al.* 2003;). Estos fenómenos son esenciales para la actuación del suelo como depurador natural, para la vida en el mismo (micro, meso y macroorganismos) y, fundamentalmente, para la nutrición de las plantas. Las fases líquida y gaseosa se hallan en constante cambio, tanto en cantidad como en composición, siendo las lluvias y el riego los que incorporan agua al sistema y la evapotranspiración y la percolación las principales salidas.

Las partículas que constituyen la fracción mineral del suelo cubren un amplio rango de tamaños, variando desde rocas, con un diámetro mayor de 0,25 cm hasta las arcillas, con un diámetro equivalente inferior a 2 mm. El estudio de las partículas minerales puede llevarse a cabo bajo distintos enfoques, atendiendo al tamaño y forma de las partículas, a su mineralogía, grado de meteorización, relaciones entre ellas, etc. La granulometría expresa las proporciones relativas de las diferentes partículas minerales inferiores a 2 mm (tierra fina), agrupadas por clases de tamaños en fracciones granulométricas tras la destrucción de los agregados (PORTA *et al.*, 2003). Las diferentes clases texturales se representan mediante los denominados triángulos de textura o diagramas triangulares.

La tierra fina es la fracción activa del suelo, tanto desde el punto de vista físico, como físico-químico y biológico. Las arenas y el limo forman el llamado esqueleto del suelo.

Las partículas de este esqueleto se unen entre sí por los coloides, constituidos por arcillas y materia orgánica.

La granulometría es una de las características más estables del suelo y puede considerarse una determinación básica de cada horizonte. Una vez que se ha determinado el contenido de arena, limo y arcilla de una parcela determinada o para una unidad de suelos, no será necesario repetir este análisis al cabo del tiempo, lo que permite ahorrar costes.

Los componentes orgánicos del suelo constituyen una proporción muy pequeña en relación con los componentes inorgánicos aunque ejercen una notable influencia sobre las propiedades tanto físicas como químicas del suelo y sobre el comportamiento del mismo frente al estrés producido por las alteraciones debido a las labranzas.

Tradicionalmente, en los suelos agrícolas no se prestaba la atención suficiente al papel que cumple la materia orgánica (MO), por tener estos suelos menores contenidos en MO y suponer que los fertilizantes podían desempeñar su rol, lo cual solo es cierto en cuanto al suministro de nutrientes.

El uso del suelo tiene una marcada influencia sobre el contenido en MO, afectando especialmente a su tasa de reposición. Cuando un suelo virgen (selva, sabana, pradera natural, etc.), es alterado y cultivado la tasa de pérdida de la MO es modificada drásticamente, disminuyendo el aporte, ya que normalmente el volumen de MO que puede generar un ecosistema estable es mucho mayor que los cultivos que se implantan.

Otro factor a tener en cuenta es que la tasa de mineralización de la MO se ve profundamente afectada por el laboreo ya que al remover el suelo aumentan las concentraciones de O<sub>2</sub>, lo que incrementa la tasa de oxidación de la materia orgánica.

En suelos con altos contenidos en MO, un buen sistema de manejo del suelo debe aportar como mínimo la misma cantidad de MO que se pierde por mineralización para mantener el estatus de carbono orgánico. En suelos

degradados o con muy bajos contenidos de materia orgánica, los sistemas de manejo deben dirigirse a incrementar los contenidos en MO. Los sistemas conservacionistas de labranza del suelo como no laboreo o mínimo laboreo, tienden a incrementar los contenidos de materia orgánica del suelo, sobre todo en los horizontes superficiales.

Las relaciones de masa y volumen entre los componentes de las tres fases del suelo son utilizadas habitualmente para definir parámetros básicos que son útiles en la caracterización física del suelo.

La densidad real, también conocida como densidad de sólidos o densidad de las partículas, se define como la masa de sólidos por unidad de volumen y viene dada por la siguiente expresión:

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$$

donde  $M_s$  es la masa de sólidos y  $V_s$  es el volumen de sólidos de un suelo.

Para determinar la densidad real se utiliza el picnómetro (PORTA *et al.*, 2003) y líquidos no polares, como por ejemplo el tolueno, o polares, como el agua.

La densidad aparente de un suelo seco expresa la relación entre la masa de sólidos y el volumen total de suelo, incluyendo los poros. Viene dada por la siguiente expresión:

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_t} = \frac{M_s}{(V_s + V_a + V_w)}$$

donde  $M_s$  es la masa de sólidos y  $V_t$  es el volumen total que viene dado por el sumatorio del volumen de sólido ( $V_s$ ), el volumen de aire ( $V_a$ ) y el volumen de agua ( $V_w$ ) que posee un suelo.

Los valores que puede tomar la densidad aparente dependen de diversos factores, como textura, contenido en materia orgánica o tipo de manejo del suelo.

En contraste con la densidad real, que es más o menos constante, la densidad aparente es altamente variable ya que está afectada por la estructura del suelo, y por sus características de retracción y expansión. Esto último depende tanto de su contenido en arcilla como de la humedad del suelo. Aún en suelos extremadamente compactados, la densidad aparente sigue siendo menor que la densidad real porque las partículas nunca llegan a entrelazarse perfectamente. El espacio poroso puede verse muy reducido por compactación, pero nunca llega a eliminarse totalmente.

La densidad aparente se utiliza para referir los resultados de los análisis de laboratorio a un volumen de suelo en el campo. Esta variable afecta al crecimiento de las plantas debido al efecto que tienen la dureza y la porosidad del suelo sobre las raíces. Si se incrementa de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, con lo que el crecimiento de las raíces se limita a valores críticos. Los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces varían dependiendo de la textura del suelo y de la especie vegetal; por ejemplo, para suelos arenosos una densidad aparente de 1759 kg m<sup>-3</sup> limita el crecimiento de las raíces de girasol, mientras que en suelos arcillosos, ese valor crítico es de 1460 a 1630 kg m<sup>-3</sup> para la misma especie (JONES, 1983).

La densidad aparente puede determinarse mediante varios métodos como el del cilindro, el de la bolsa de plástico, el de la arena o el método del agregado (PORTA *et al.*, 2003). El método generalmente empleado es el del cilindro. Los otros métodos pueden ser utilizados en determinadas ocasiones para suelos con características especiales.

El objetivo de este trabajo es efectuar la caracterización de las propiedades generales de un suelo de cultivo con rotación. Para ello se llevaron a cabo análisis de granulometría, pH, contenido en materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, densidad real y densidad aparente.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El área estudiada se encuentra en una finca experimental perteneciente al Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (Abegondo-A Coruña). Las coordenadas UTM del lugar son longitud 560035 y latitud 4787795 y está situado a 98 m de altitud. Geológicamente el área se encuentra ubicada sobre esquistos básicos del denominado Complejo de Órdenes (MARTÍNEZ *et al.*, 1984). El tipo de suelo de la finca experimental es un Cambisol (FAO, 1998).

Al inicio del estudio se sembró raigrás italiano (*Lolium multiflorum* L.) en todo el

área experimental. Las rotaciones de cultivos utilizadas fueron, en los períodos de otoño-invierno raigrás italiano (*Lolium multiflorum* L.) y en primavera-verano maíz forrajero (*Zea mays* L.) y un híbrido de sorgo x pasto del Sudán (*Shorgum bicolor* L. Moench x *Shorgum sudanense* Piper Stapf) (Figura 1).

Los sistemas de preparo del suelo fueron labranza convencional (LC) y labranza cero (L0) (Figura 2). En el laboreo convencional se efectuó un gradeado con grade de disco seguido de un arado (de vertedera, a 30-35 cm de profundidad) y un fresado.



Figura 1. Izquierda: cultivo de raigrás italiano, al final del ciclo, previo al corte (abril, 2002); derecha: cultivos de verano, sorgo y maíz (octubre, 2002).

En el sistema de labranza cero (L0), durante el primer otoño las labores efectuadas en el suelo fueron las mismas que para el laboreo convencional. En la primavera siguiente y antes de la siembra de maíz o del sorgo, según corresponda, se eliminó el raigrás con aplicaciones de glifosato complementado con gramoxone. En otoño, antes de la siembra del raigrás, se eliminó la vegetación espontánea con los mismos herbicidas. Por tanto, se efectuaron cuatro tratamientos: las rotaciones raigrás-maíz con labranza convencional y labranza cero (RM:LC y RM:L0) y las rotaciones rai-

grás-sorgo con los mismos sistemas de laboreo (RS:LC y RS:L0).

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Las dimensiones de las parcelas eran de 12 x 23 m.

Los muestreos se realizaron en mayo de 2001, tomándose en cada parcela dos muestras a tres profundidades: 0-6 cm; 6-12 cm y 12-18 cm. En el caso de la densidad aparente ( $r_b$ ) únicamente se tomaron muestras a la profundidad de 0-6 cm.



Figura 2. Sistemas de labranzas: laboreo convencional (LC) y labranza cero (L0) en Noviembre 2001.

El análisis granulométrico se llevó a cabo mediante el Método de la Pipeta (MAPA, 1994) basado en la sedimentación de las partículas según la Ley de Stokes.

Para la determinación de la densidad real se utilizó el Método del Picnómetro (BLAKE & HARTGE, 1986a) y en el caso de la densidad aparente se usó el Método del Cilindro (GUITIÁN OJEA & CARBALLAS FERNÁNDEZ, 1976; BLAKE & HARTGE, 1986b; BAIZE, 1988) que en este caso tenía un diámetro de 8 cm y una altura de 4,95 cm, por lo que el volumen del cilindro era de 248,81 cm<sup>3</sup>.

Para la determinación del contenido en carbono orgánico del suelo se siguió la metodología basada en la oxidación de la MO con dicromato potásico (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) en medio ácido según el Método de Sauerlandt modificado (GUITIÁN OJEA & CARBALLAS FERNÁNDEZ, 1976).

La actividad del ión hidrógeno (pH), fue determinada por el método del potenciómetro en una suspensión de suelo y KCl con una relación 1:2,5 (p:v). Los cationes de cambio fueron determinados utilizando la metodología del acetato amónico (MAPA, 1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando las cuatro parcelas experimentales con sus cuatro repeticiones, se

observó que el contenido medio de las fracciones granulométricas estudiadas fue muy similar para las tres profundidades (0-6, 6-12 y 12-18 cm). Esto podría explicarse por el hecho de que el área de estudio, antes de ser sometida a los tratamientos, poseía sistemas de labranzas no conservacionistas, que incluyen la remoción y mezcla de los horizontes superficiales, lo que conlleva una homogenización de las clases texturales. Además, los tratamientos fueron aplicados durante cinco años, periodo insuficiente como para que exista una lixiviación de material fino (arcillas). Por otra parte, la superficie que ocupa el área de estudio es plana y relativamente pequeña como para presentar una variabilidad espacial en los contenidos de arena, limo y arcilla.

En la Tabla 1 se presentan los datos medios de los porcentajes de las fracciones granulométricas obtenidos para cada uno de los tratamientos de los cuatro bloques y las tres profundidades estudiadas. En el caso de la arena se determinaron dos fracciones: arena gruesa (entre 2000 μm y 250 μm) y arena fina (entre 250 μm y 50 μm).

De acuerdo con los datos de la Tabla 1 el contenido en arcilla de las 16 parcelas individuales osciló entre 17,19 % y 25,87 %, considerando las tres profundidades de muestreo.

El contenido de limo de estas muestras se encuentra en el rango comprendido entre 34,50 % y 43,78 %. En general, el contenido en arcilla presenta mayores coeficientes de variación que el contenido de limo. Estos

resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores que estudiaron la textura de los suelos desarrollados sobre esquistos de Órdenes (PAZ GONZÁLEZ *et al.*, 1996; ULLOA GUITIÁN, 2002)

Bloques	Trat.	0-6 cm					6-12 cm					12-18 cm				
		ArGr	ArF	Limo	Arc	C.Text.	ArGr	ArF	Limo	Arc	C.Text.	ArGr	ArF	Limo	Arc	C.Text.
I	RM:L0	6,46	32,65	40,06	20,85	Franco	7,21	33,84	37,83	21,13	Franco	6,99	34,12	37,05	21,85	Franco
	RM:Lc	7,05	33,81	39,09	20,06	Franco	7,10	33,70	38,58	20,62	Franco	7,28	33,35	39,58	19,81	Franco
	RS:L0	6,12	35,09	41,09	17,71	Franco	6,29	34,86	41,67	17,19	Franco	6,43	35,12	40,21	18,25	Franco
	RS:Lc	5,09	33,59	43,55	17,79	Franco	5,46	33,37	43,32	17,92	Franco	5,18	32,64	43,78	18,25	Franco
	Media	6,18	33,78	40,95	19,10		6,51	33,94	40,35	19,21		6,47	33,81	40,15	19,54	
	Des. Est.	0,82	1,01	1,62	1,60		0,82	0,64	2,58	1,95		0,93	1,06	2,78	1,71	
II	RM:L0	7,91	33,19	38,92	19,98	Franco	7,18	33,16	38,56	21,11	Franco	6,55	33,96	38,83	20,67	Franco
	RM:Lc	6,90	33,14	38,84	21,13	Franco	7,61	31,69	39,57	21,13	Franco	7,87	32,05	39,30	20,79	Franco
	RS:L0	8,52	31,86	39,40	20,24	Franco	9,93	31,06	37,44	21,57	Franco	7,80	31,48	39,61	21,12	Franco
	RS:Lc	10,18	32,40	36,13	21,31	Franco	7,59	31,85	38,58	21,99	Franco	7,20	32,87	39,80	20,13	Franco
	Media	8,38	32,64	38,32	20,66		8,08	31,94	38,54	21,45		7,35	32,59	39,39	20,67	
	Des. Est.	1,37	0,64	1,48	0,65		1,25	0,88	0,87	0,42		0,61	1,08	0,42	0,41	
III	RM:L0	7,48	32,47	41,12	18,94	Franco	7,65	34,06	39,52	18,79	Franco	7,39	33,87	39,59	19,16	Franco
	RM:Lc	7,63	33,25	40,38	18,75	Franco	7,52	34,12	39,45	19,42	Franco	7,60	33,60	39,32	19,49	Franco
	RS:L0	10,82	26,67	36,74	25,76	Franco	11,77	22,45	41,52	24,25	Franco	11,32	25,17	39,08	24,43	Franco
	RS:Lc	12,12	27,46	36,76	23,66	Franco	11,79	23,32	39,88	25,00	Franco	13,04	24,24	39,74	22,98	Franco
	Media	9,51	29,96	38,75	21,78		9,68	28,49	40,09	21,86		9,83	29,22	39,43	21,52	
	Des. Est.	2,33	3,37	2,33	3,50		2,43	6,47	0,97	3,22		2,80	5,23	0,29	2,60	
IV	RM:L0	16,74	27,35	36,49	19,41	Franco	18,43	24,17	36,94	20,47	Franco	19,78	22,19	36,65	21,38	Franco
	RM:Lc	19,60	24,95	35,24	20,21	Franco	18,68	25,35	34,50	21,47	Franco	18,44	23,41	38,81	19,34	Franco
	RS:L0	13,32	21,12	40,15	25,41	Franco	15,21	23,39	35,53	25,87	Franco	14,58	23,85	35,87	25,70	Franco
	RS:Lc	14,77	24,48	36,70	24,04	Franco	13,81	22,73	40,55	22,92	Franco	14,04	22,72	40,61	22,63	Franco
	Media	16,11	24,48	37,15	22,27		16,53	23,91	36,88	22,68		16,71	23,04	37,99	22,26	
	Des. Est.	2,72	2,57	2,10	2,91		2,41	1,13	2,65	2,35		2,84	0,73	2,15	2,67	

Tabla 1. Clase textural (C. Text.) y porcentajes medios de arena gruesa (Ar Gr), arena fina (Ar F), limo y arcilla (Arc), para las tres profundidades estudiadas. RM:L0= raigrás-maíz con labranza cero; RM:Lc= raigrás-maíz con labranza convencional; RS:L0= raigrás-sorgo con labranza cero y RS:Lc= raigrás-sorgo con labranza convencional.

En la Figura 1 se presentan los triángulos texturales obtenidos para las tres profundidades estudiadas. Se aprecia que a pesar de existir alguna variabilidad, especialmente en las fracciones de arena gruesa y arena fina, el suelo presenta siempre una clase textural "franca", por lo que se puede decir que el comportamiento del suelo en toda la parcela de estudio es similar en su respuesta a las labores que sobre él se realizan, tanto para los tratamientos de labranza cero, como para los tratamientos que incluyen remoción del suelo. Los suelos que poseen este tipo de textura contienen una mezcla "equilibrada" de partículas finas y gruesas, con propiedades intermedias entre los suelos arenosos, limosos y arcillosos (HILLEL, 1998).

La textura, generalmente, presenta variabilidad espacial en suelos con relieve ondulado ya que el movimiento del agua, tanto superficial como subsuperficial, provoca el arrastre de las partículas más pequeñas del suelo pendiente abajo (limo y arcilla). Debido a este fenómeno, los contenidos porcentuales de los diferentes tamaños de partículas, en una ladera, presentan una variabilidad espacial que está relacionada con la pendiente.

La densidad real ( $\rho_s$ ) se considera una de las propiedades más estables del suelo y normalmente no se ve afectada por los tratamientos que se aplican en el mismo. Si se efectuasen importantes y continuos aportes de materia orgánica podría disminuir la densidad real pero esta reducción no sería significativa.

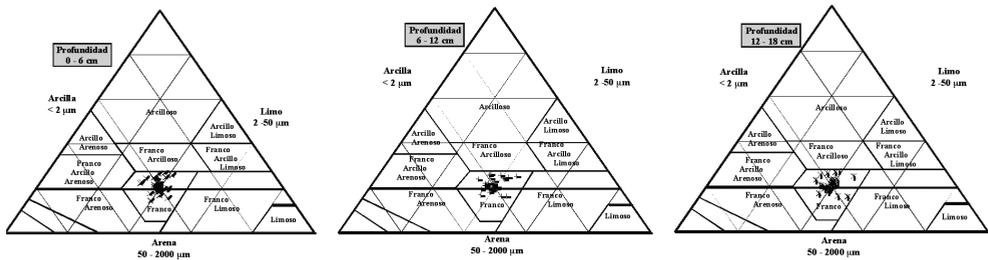


Fig. 1. Triángulos texturales para las tres profundidades estudiadas.

La  $r_s$  es una propiedad poco importante desde el punto de vista de la degradación del suelo; lo que resulta interesante es su relación con la densidad aparente ya que con ella se determina la porosidad total del suelo, y esta propiedad está muy influenciada por los usos del mismo.

En la Tabla 2 se presentan los valores medios, mínimos, máximos, desviación estándar y coeficientes de variación para cada bloque de datos. La media de  $r_s$  fue de 2,60  $Mg\ m^{-3}$  con un máximo de 2,67  $Mg\ m^{-3}$  y un mínimo de 2,54  $Mg\ m^{-3}$ . El coeficiente de variación dentro de la parcela fue bajo con un valor de aproximadamente el 1%.

Estos resultados son comparables a los obtenidos por FERNÁNDEZ RUEDA (1997)

para horizontes superficiales de suelos representativos de dos comarcas de la Comunidad Autónoma de Galicia como son “Terra Cha” (Lugo) y la zona del Complejo de Órdenes (A Coruña). Los resultados de la densidad real también concuerdan con los valores obtenidos por PAZ GONZÁLEZ & GUERIF (1993) en suelos de textura media de Galicia, que oscilaban entre 2,50 y 2,73  $Mg\ m^{-3}$ , para muestras con un rango de contenidos en materia orgánica entre el 2 y el 13%.

La densidad aparente puede ser incluida dentro de un grupo de variables para ser monitorizadas en función de la calidad del suelo, como indicador de la estructura y la dureza del mismo (DORAN & PARKIN, 1994).

	$P_r (Mg\ m^{-3})$					$P_b (Mg\ m^{-3})$					Porosidad <sup>(e)</sup>				
	Media	Max.	Min.	Desv. Est.	Coef. Var.	Media	Max.	Min.	Desv. Est.	Coef. Var.	Media	Max.	Min.	Desv. Est.	Coef. Var.
Bloque I	2,58	2,62	2,54	0,027	0,010	0,96	1,08	0,82	0,079	0,082	0,63	0,68	0,58	0,031	0,049
Bloque II	2,60	2,67	2,55	0,034	0,013	1,06	1,16	0,98	0,065	0,061	0,59	0,62	0,55	0,028	0,046
Bloque III	2,61	2,63	2,58	0,022	0,009	1,06	1,22	0,96	0,088	0,083	0,59	0,63	0,54	0,031	0,053
Bloque IV	2,62	2,65	2,57	0,026	0,010	1,18	1,29	1,02	0,122	0,104	0,55	0,61	0,50	0,047	0,086

Tabla 2. Estadística descriptiva de la densidad real ( $r_s$ ), densidad aparente ( $r_b$ ) y porosidad ( $e$ ) para los cuatro bloques.

Cambios en la  $r_b$  reflejan variaciones en la estructura del suelo ya que esta variable está relacionada con la porosidad total; sin embargo la porosidad total no aporta información acerca de la continuidad de los poros, que es una de las propiedades del

suelo más importantes junto con sus funciones asociadas (KAY, 1990). A pesar de ello, a excepción de los suelos con arcillas expandibles, la compactación del suelo se mide frecuentemente por los incrementos de la  $r_b$ .

La capacidad de expansión de los suelos estudiados es moderada (PAZ GONZÁLEZ & GUERIF, 1993), lo que está en consonancia con la naturaleza de las arcillas que son, predominantemente, del tipo 1:1.

En los sistemas de labranzas convencionales que incluyen el laboreo del suelo, las condiciones de humedad del mismo juegan un papel fundamental a la hora de efectuar las labores y del efecto que pueden tener éstas sobre las propiedades físicas. Cuando se transita y trabaja sobre un suelo con un alto contenido de humedad, por encima del punto límite de friabilidad o cerca del límite plástico, se puede producir en él un efecto de “consolidación en húmedo” (BAVER *et al.*, 1991), aumentando la densidad del suelo por recomodación de las partículas. Sin embargo, si las condiciones de humedad son óptimas, alrededor del límite de friabilidad, el efecto de las labranzas es el contrario y el suelo se desmenuza fácilmente, lográndose condiciones óptimas para las posteriores pasadas de herramientas. Al trabajar dentro de los límites de humedad óptimos, uno de los efectos principales es la reducción del número de veces que se debe pasar por encima del suelo para lograr las condiciones físicas deseadas lo que reduce el efecto de compactación que produce la maquinaria.

A partir de los valores de densidad aparente y densidad real, se calculó la porosidad total para la profundidad de 0-6 cm. En la tabla 2 se muestran los estadísticos descriptivos de la porosidad total. Como cabe esperar esta propiedad también presentó una baja variabilidad dentro de cada bloque, siendo el Bloque IV el de mayor coeficiente de variación (8,6 %) y el Bloque II el de menor variación (4,6%).

La diferencia obtenida entre las medias de los bloques también fue baja, lo que significa que la parcela era uniforme. Por tanto, las diferencias que se puedan encontrar entre los diferentes tratamientos serán debidas, básicamente, a las diferentes respuestas del suelo ante la aplicación de los dos sistemas de labranza.

El pH en agua presentó un coeficiente de variación muy bajo, alrededor del 2%, en todos los bloques analizados (Tabla 3). Valores semejantes fueron encontrados por PAZ GONZÁLEZ *et al.* (1996), FERNÁNDEZ RUEDA (1997) y ULLOA GUITIÁN (2002), para la misma zona de estudio. El pH en KCl presentó un coeficiente de variación levemente mayor que el pH en agua y, como era de esperar, los valores de pH obtenidos son menores que los del pH en agua (Tabla 3). Según la clasificación propuesta por el USDA (PORTA *et al.*, 2003), los suelos en los cuatro bloques son, en promedio, fuertemente ácidos.

pH agua	Media	Máximo	Mínimo	Dev. Est.	Coef. Var
Bloque I	5.55	5.77	5.35	0.15	0.03
Bloque II	5.50	5.65	5.40	0.09	0.02
Bloque III	5.46	5.55	5.32	0.10	0.02
Bloque IV	5.56	5.80	5.43	0.12	0.02

pH KCl	Media	Máximo	Mínimo	Dev. Est.	Coef. Var
Bloque I	4.63	4.78	4.38	0.14	0.03
Bloque II	4.59	4.73	4.48	0.09	0.02
Bloque III	4.54	4.70	4.39	0.10	0.02
Bloque IV	4.67	4.96	4.36	0.20	0.04

Tabla 3. Estadística descriptiva para el pH (H<sub>2</sub>O) y pH (KCl) de los cuatro bloques.

En la Tabla 4 se muestra el contenido de los cationes cambio (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, H<sup>+</sup> y Al<sup>3+</sup>) para el horizonte superficial, de 0-6 cm. Los contenidos medios de calcio en este horizonte oscilaron entre 2,76 y 3,98 cmol(+) kg<sup>-1</sup>,

los de Mg entre 0,29 y 0,37 cmol(+) kg<sup>-1</sup>, los de potasio entre 0,31 y 0,46 cmol(+) kg<sup>-1</sup>, el sodio entre 0,17 y 0,20 cmol(+) kg<sup>-1</sup>, el hidrógeno entre 0,47 y 0,79 cmol(+) kg<sup>-1</sup>, y el aluminio fluctuó entre 0,12 y 0,23 cmol(+) kg<sup>-1</sup>.

Bloque	Est. Descr.	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>
I	Media	2.94	0.31	0.31	0.18	0.67	0.20
	Desv Est	0.493	0.069	0.120	0.039	0.222	0.045
	Coef Var	0.167	0.225	0.391	0.216	0.333	0.228
II	Media	2.76	0.29	0.41	0.17	0.79	0.23
	Desv Est	0.313	0.041	0.124	0.024	0.175	0.000
	Coef Var	0.114	0.141	0.300	0.141	0.221	0.000
III	Media	2.80	0.34	0.31	0.20	0.73	0.23
	Desv Est	0.775	0.149	0.064	0.016	0.204	0.006
	Coef Var	0.277	0.444	0.208	0.082	0.280	0.026
IV	Media	3.98	0.37	0.46	0.17	0.47	0.12
	Desv Est	0.678	0.103	0.235	0.031	0.100	0.066
	Coef Var	0.170	0.278	0.508	0.188	0.215	0.535

Tabla 4. Media, desviación estándar y coeficiente de variación de los cationes de cambio determinados a la profundidad de 0-6 cm, para los cuatro bloques.

Los coeficientes de variación obtenidos para cada uno de los elementos estudiados fueron muy diferentes; ya que mientras que en el caso del Ca<sup>+2</sup>, oscilaron entre 11,4 y 27,7%, para el Mg<sup>+2</sup> estuvieron dentro de un rango más amplio (entre 14,1 y 44,4%). El K<sup>+</sup> presentó también grandes variaciones (Coef Var = 20,8-50,8%). El Na<sup>+</sup> presentó rangos de variación similares al Ca<sup>+2</sup> (entre 8,2 y 21,6%) mientras que los coeficientes de variación del H<sup>+</sup> fueron similares a los del Mg<sup>+2</sup> (21,5 y 33,3%). El Al de cambio presentó el mayor rango de variación dentro de los bloques muestreados (entre 0 y 53,5%).

Cabe destacar que el contenido de Ca<sup>+2</sup> de estos suelos se encuentra por debajo de los valores considerados óptimos y, en general, los contenidos de potasio son mayores que los de magnesio, siendo ésta una situación anómala para la mayoría de los suelos agrícolas, ya que el orden de los cationes intercambiables es Ca>Mg>K>Na (FOTH & ELLIS, 1997).

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la estadística descriptiva para la capacidad de intercambio catiónico total (T), suma de bases intercambiables (S), acidez de cambio (H), porcentaje de saturación de bases (V) y porcentaje de insaturación (I) del horizonte superficial (0-6 cm).

Bloque	Est. Descr.	T	S	H	V	I
I	Media	4.60	3.75	0.86	80.91	19.09
	Desv Est	0.478	0.646	0.251	6.927	6.927
	Coef Var	0.104	0.173	0.291	0.086	0.363
II	Media	4.65	3.63	1.02	78.05	21.96
	Desv Est	0.058	0.215	0.180	3.980	3.980
	Coef Var	0.012	0.059	0.176	0.051	0.181
III	Media	4.59	3.64	0.95	78.53	21.47
	Desv Est	0.868	0.975	0.201	6.816	6.816
	Coef Var	0.189	0.268	0.211	0.087	0.317
IV	Media	5.57	4.98	0.58	89.13	10.88
	Desv Est	0.910	0.987	0.152	3.996	3.996
	Coef Var	0.163	0.198	0.261	0.045	0.367

Tabla 5. Media, desviación estándar y coeficiente de variación de los valores de CIC total (T), suma de bases de cambio (S), acidez de cambio (H), porcentaje de saturación de bases (V) y porcentaje de insaturación (I); determinadas a la profundidad de 0-6 cm para los cuatro bloques.

La capacidad de intercambio catiónico total (T) determinada en el horizonte superficial osciló entre 4,59 y 5,57  $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ , la suma de bases de cambio (S) entre 3,63 y 4,98  $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ , la acidez intercambiable (H) entre 0,58 y 1,02  $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ . El porcentaje de saturación de bases presenta valores entre 78,05% y 89,13%, y los porcentajes de insaturación variaron entre 10,88 % y 21,96 %.

## CONCLUSIONES

En general, las variables estudiadas presentaron pocas variaciones dentro de los bloques.

El suelo de las parcelas experimentales presentó una textura muy homogénea, tanto espacialmente como para las profundidades estudiadas. Todas las muestras analizadas pertenecen a la clase textural franca. El contenido medio de limo y arcilla fue de 39% y 21%, respectivamente.

Los valores medios de la densidad real del suelo estudiado oscilaron entre 2,54 y 2,67  $\text{Mg m}^{-3}$ , mientras que los valores medios de la densidad aparente variaron entre 0,82 y 1,29  $\text{Mg m}^{-3}$ . Por su parte, la porosidad del suelo presentó valores entre 50% y 68%.

El pH en agua fue mayor que el determinado en KCl. Dichos valores oscilaron entre 5,32 y 5,80 (pH  $\text{H}_2\text{O}$ ) y 4,36 y 4,96 (pH KCl).

El análisis estadístico de los cationes de cambio mostró coeficientes de variación diferentes para cada elemento, aunque se observaron comportamientos similares entre  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Na}^+$ , entre  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{H}^+$  y entre  $\text{K}^+$  y  $\text{Al}^{+3}$ .

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se efectuó, en parte, en el marco del proyecto de investigación de referencia: AGL2003-09284-C02-01, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia y del proyecto con código: PGIDT05PXI16201RT, financiado por la Xunta de Galicia.

*Recibido: 03 / 04 / 2007*

*Aceptado: 02 / 10 / 2007*

**BIBLIOGRAFÍA**

- BAIZE, D. (1988). *Guide des analyses courantes en pédologie*. INRA (Institut National de la Recherche Agronomique). 172 pp.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. (1991). *Física de Suelos*. Editorial Uteha. 529 pp.
- BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. (1986a). Particle density. En: KLUTE, A. (ed.). *Methods of soil analysis, part 1: Physical and mineralogical methods*. SSSA Book Series: 5. Madison, Wisconsin USA. pp. 377-382.
- BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. (1986b). Bulk density. En: KLUTE, A. (ed.). *Methods of soil analysis, part 1: Physical and mineralogical methods*. SSSA Book Series: 5. Madison, Wisconsin USA. pp. 363-375.
- DON SCOTT, H. (2000). *Soil Physics Applications. Agricultural and Environmental*. Iowa State University Press. 421 pp.
- DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. (1994). Defining and Assessing Soil Quality. En: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. (eds.). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Madison, Wisconsin, pp: 3-21.
- FAO (1998). World Referencial Base for Soil Resources. *Colección World Soil Resources Reports* nº 84. FAO, Roma. 88 pp.
- FERNANDEZ RUEDA, M.J. (1997). *Características físicas y mecánicas de los suelos de cultivo*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidade da Coruña. 283 pp.
- FOTH, H.D. & ELLIS, B.G. (1997). *Soil fertility*. Ed. Lewis publishers. New York. 290 pp.
- GUITIÁN OJEA F. & CARBALLAS FERNÁNDEZ, T. (1976). *Técnicas de análisis de suelos*. Editorial Pico Sacro. Santiago de Compostela. 288 pp.
- HILLEL, D. (1998). *Environmental Soil Physics*. San Diego. Academic Press. 771 pp.
- JONES, C.A. (1983). Effect of Soil Texture on Critical Bulk Density for Root Growth. *Soil Science Society of America Journal*, 47: 1208-1211.
- KAY, B.D. (1990). Rates of Change of Soil Structure Under Different Cropping Systems. En: SEWART, B.A. (ed.). *Advances in Soil Science*. Springer-Verlag: Heidelberg, New York, pp: 1-25.
- MAPA (1994). *Métodos oficiales de análisis. Tomo III: Métodos oficiales de análisis de suelos y aguas para el riego*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Servicio de Publicaciones. Madrid, pp. 205-285.
- MARTÍNEZ, J.R.; KLEIN, E.; DE PABLO, J.G. & GONZÁLEZ, F. (1984). El Complejo de Órdenes: subdivisión, descripción y discusión sobre su origen. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 7: 139-210.
- MUSY, A. & SOUTTER, M. (1991). *Physique du sol*. Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne. 335 pp.
- PAZ GONZÁLEZ, A.; FERNÁNDEZ RUEDA, M.J.; BENITO RUEDA, E. & CASTELAO GEGUNDE, A. (1996). Características físicas y mecánicas de los agregados del suelo bajo prado y cultivo. *IV Congreso de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Lleida. Comunicaciones*. Ediciones Universitat de Lleida. pp: 13-18.
- PAZ GONZÁLEZ, A. & GUERIF, J. (1993). Propiedades físicas y mecánicas a escala textural de los suelos con cantidades limitadas de materiales hinchables. *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetal*, 8 (3): 387-410.
- PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. & ROQUERO, C. (2003). *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. 3ª Edición. Mundi-Prensa. 929 pp.
- ULLOA GUITAN, M. (2002). *Aplicación de la Geoestadística al estudio de la Fertilidad del Suelo*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidade da Coruña. 440 pp.