

Curvas de pF en Vertisoles del sur de España

Pérez Blanco, E*.; Asensio, C**.; Iriarte, A.***; Ortega, E.*

* Departamento Edafología y Química Agrícola. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada

** Departamento Edafología y Química Agrícola. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería

*** Departamento de Suelos. Estación Experimental del Zaidin. C.S.I.C. Granada

Resumen. La importancia que representa el agua en la génesis y el comportamiento agrícola de Vertisoles, es el motivo que ha inducido a la realización de este estudio, en el que se analizan las relaciones existentes entre diferentes valores de pF, y el contenido gravimétrico de agua en epipedones, y horizontes subsuperficiales de Vertisoles de la provincia de Málaga.

Se ha comprobado que en todos los casos que las curvas de retención de agua en función de la profundidad seguían ecuaciones exponenciales del tipo $Y = a \cdot 10^{(-10 P_w)}$, y que los valores del contenido de humedad a capacidad de campo, oscilan entre 32.8 y 30.5 % , a 10 y 20 cm, mientras que los del punto de marchitamiento, se sitúan entre 21.2 y 20 % a 10 y 50 cm, respectivamente.

INTRODUCCION

Los Vertisoles se han descrito en áreas climáticas muy amplias, que oscilan desde los ambientes desérticos, áridos y semiáridos, hasta zonas subhúmedas, pasando por condiciones mediterráneas (Dudal y Bramaio, 1967; Oakes y Thorp, 1951).

Las variaciones climáticas y, fundamentalmente, las oscilaciones estacionales del estado de humedad son las que condicionan los fenómenos de dilatación y contracción que caracterizan a los suelos de naturaleza vértica.

Al tener estos suelos elevados contenidos en arcilla de naturaleza esmectítica, que posee la propiedad de admitir moléculas de agua en su estructura, originan fenómenos de dilatación en los períodos húmedos, mientras que en

los períodos secos se produce el fenómeno contrario, es decir, pérdida de agua y contracción de la masa de suelo. (Ahmad y Mermut, 1996).

La dinámica vertical, favorecida por los cambios estacionales (climáticos) de las condiciones de humedad del suelo, hace que estos fenómenos sean de una gran importancia para la génesis, clasificación y uso de estos suelos en condiciones mediterráneas. Más concretamente en Andalucía, por ser unos suelos de amplia distribución, que están dedicados fundamentalmente al cultivo de cereales y leguminosas, como han puesto de manifiesto Asensio (1993) y Ortega (1993).

Según Gardner et al. (1988), las determinaciones de los valores de PAWC (disponibilidad de agua para las plantas) en Vertisoles de Queensland en Australia, presentan un amplio margen de oscilaciones, que van desde 100-130 mm en condiciones de desecación intermedia y de 70-140 mm en condiciones de fuerte desecación. También indican estos autores que existen diferencias importantes en los valores de PAWC en función de la profundidad de enraizamiento y así, Shaw y Yule (1978), expresan que las diferencias en la capacidad de almacenamiento de agua pueden variar entre 15-22 mm cada 10 cm, en función de la profundidad del suelo y enraizamiento.

La cantidad de agua útil en el suelo es una característica de éste que define su aptitud agrícola y corresponde al agua que puede ser absorbida por las plantas. Su límite está situado entre la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitamiento (PM).

La capacidad de campo varía con la composición textural del suelo; así, en los suelos muy arcillosos, como es el caso de los Vertisoles, los valores se pueden situar en humedades comprendidas entre el 30-40%.

Aunque los valores del punto de marchitamiento (PM) varían de acuerdo con la especie vegetal y la velocidad instantánea de desecación del suelo, de forma orientativa se puede decir que este punto se sitúa entre el 15 y el 20% de humedad.

La importancia que tiene el agua en la génesis y el comportamiento agrícola de los suelos verticales, es el objetivo que nos ha inducido a estudiar el comportamiento de la retención de agua en estos suelos a diferentes valores de pF y distintas profundidades.

La relación Y/P_w en los 50 cm superficiales, tomada una muestra cada 10 cm de profundidad, y a diferentes presiones (entre 0.05-16 atmósferas), se ha efectuado con el objetivo de observar el comportamiento de estos suelos arcillosos, con una mineralogía esmectítica, que condicionan el desarrollo y distribución del sistema radicular de los cultivos que en ellos se instauran.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de los suelos.

Los suelos muestreados, que corresponden a las tipologías modales encontradas en la provincia de Málaga (Ortega et al., 1994; Saura et al., 1994; Ortega et al., 1996; Asensio et al., 1996; Pérez Blanco et al., 2000), se ubican en tres zonas muestrales ([Figura 1](#)).

Análisis granulométrico

Se calentaron, en baño de arena, las muestras con agua oxigenada para la destrucción de la materia orgánica.

Para prevenir una mala dispersión, se sometieron a lavado de sales por diálisis en una membrana semipermeable (papel celofán) y corriente de agua.

La dispersión se realizó manteniendo la muestra 12 horas en agitador rotatorio, añadiendo hexametáfosfato sódico.

La fracción arena se obtuvo por tamizado en húmedo y separación en subfracciones por tamizado en seco.

La arcilla y limo se separaron por sedimentación y se siguió el método de la pipeta de Robinson, tal como se describe en el Soil Survey Report, núm. 1 (Soil Conservation Service, 1972).

Determinación del potencial matricial (pF)

El método utilizado ha sido el del Extractor de Presión-Membrana (Richards, 1954), formado por: Extractor de Presión, Balanza analítica de precisión y Estufa de desecación.

Como material fungible, se han empleado desecadores 300 mm, pesasustancias con tapadera, espátulas y frascos lavadores.

Curvas de pF

Con los datos de humedad obtenidos a las distintas presiones consideradas en atmósferas (0.05; 0.33; 0.50; 0.75; 1.00; 1.50; 2.00; 6.00; 10.00; 13.00; 15.00; 16.00), utilizando para ello la membrana de Richards (1947), con el fin de

establecer la evolución de la retención de agua en suelos con altos contenidos en arcillas hinchables (Vertisoles).

Material informático

Para la realización del trabajo se ha utilizado un ordenador Apple Macintosh Power 8500/180, con los periféricos: impresoras Apple Laser-Writer Select, y unidad de Disco Magneto-óptico.

Los programas y el software que se han empleado han sido: para el tratamiento de Texto Word 98; para el tratamiento de imágenes: Adobe Photoshop y McDraw Pro; para el cálculo estadístico, la elaboración de gráficas y diagramas se han empleado: Systat y Cricket Graph.

RESULTADOS

De acuerdo con los objetivos planteados en el presente trabajo y según la metodología propuesta, los resultados obtenidos los vamos a agrupar en: Características texturales de los suelos estudiados y retención de agua en el suelo entre 0 y 50 cm a diferentes valores del potencial matricial.

Características texturales de los suelos muestreados

En la granulometría de los suelos ([Tabla 1](#)), se puede comprobar que todos ellos tienen una textura fina (arcillosa), con bajos contenidos en arenas y un contenido medio en limo que se cifra en cantidades próximas al 26%.

Curvas de retención de agua entre 0 y 50 cm, a diferentes valores de potencial matricial

En las Figuras [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), y [7](#) se representan gráficamente las relaciones descritas con anterioridad en los seis suelos muestreados con las ecuaciones exponenciales que predicen la retención de agua en función de la profundidad, así como los coeficientes de correlación obtenidos para 10 grados de libertad y su significación estadística.

DISCUSION

Al analizar los valores de humedad que presentan estos suelos dentro de los 50 cm superficiales a diferentes presiones ([Tabla 2](#)), podemos observar que la estadística sumarial realizada ([Tabla 3](#)), nos muestra valores muy cercanos entre ellos, no obstante se pueden detectar dos comportamientos tanto en los valores máximos como en los mínimos, que corresponden a las muestras procedentes de 10 y 20 cm de profundidad, y otro para las de 30, 40 y 50 cm.

La explicación a este comportamiento de la humedad en suelos vérticos, se basa en que los 20 cm superficiales tienen una estructura granular (horizonte Ap), con valores de retención de agua menores que las muestras de suelos procedentes de profundidades mayores, y que corresponden a los horizontes Bw, que poseen una fuerte estructura en bloques angulares, bicuneiformes, que modifica los valores de retención de agua.

Cuando se confecciona una matriz de correlación de Pearson entre los valores de presión y humedad a diferentes profundidades ([Tabla 4](#)), se confirma que todos los coeficientes de correlación presentan valores muy altos, es decir, de $a=1\%$, y que las presiones frente a las humedades presentan una correlación negativa, que explica que a mayor humedad menor potencial matricial y al revés, hecho muy lógico en los suelos, ya que las unidades estructurales del mismo (agregados o peds), retienen el agua a presiones variables que están relacionadas con la naturaleza y organización de los componentes del suelo.

Globalmente, el comportamiento medio en los seis vertisoles estudiados, cuando se contemplan los contenidos de agua gravimétrica y su relación con las presiones de retención del agua en el suelo a diferentes profundidades, se pueden predecir en todos los casos de acuerdo con ecuaciones exponenciales del tipo del tipo $Y = a \cdot 10^{(-10Pw)}$, que en todos los casos poseen un alto coeficiente de correlación y un elevado nivel de significación.

CONCLUSIONES

En los epipedones se observa que: La cantidad de agua retenida a potenciales matriciales bajos (0.05 y 0.5 atmósferas) están relacionadas con el agua retenida a capacidad de campo, mientras que el porcentaje de agua retenida a potenciales matriciales altos (10 y 13 atmósferas) están relacionadas con el agua en el punto de marchitamiento.

Para los Vertisoles estudiados existe una estrecha relación entre el contenido de agua en los horizontes situados en los primeros 50 cm, así como también

entre el contenido de agua y el potencial matricial, siguiendo en todos los casos un comportamiento exponencial del tipo $Y = a \cdot 10^{(-10P_w)}$.

Los valores del contenido de humedad a capacidad de campo oscilan entre el 32.8 % a los 10 cm y 30.5 % a los 20 cm, mientras que los del punto de marchitamiento, se sitúan entre 20 y 21.2 % a 10 y 50 cm de profundidad respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio, ha sido financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Educación y Ciencia, a través del Proyecto PB-95-1216 de la DGICYT.

REFERENCIAS

Ahmad, N y Mermut, A. (1996). Vertisols and technologies for management. Developments in Soil Science 24. Ed. Elsevier.

Asensio, C. (1993). Génesis, degradación y evaluación de suelos vérticos en la Hoja de Alora (1052). Málaga. Tesis Doctoral. Univ. Granada. pp 391. España.

Asensio, C.; Ortega, E.; Saura, I.; Sierra, C. y Lozano, F.J. (1996). Dinámica del CO_3Ca en Vertisoles del Valle del Guadalhorce. SECS. Vol I: 47-62. Lleida.

Dudal, R. y Bramao, D. L. (1967). Suelos arcillosos oscuros de las regiones tropicales y subtropicales. Cuadernos de Fomento Agropecuario, nº 83. FAO. Roma.

Gardner, E. A.; Coughlan, K. J. y Silburn, D. M. (1988). Soil water measurement and management on Vertisol in Queensland, Australia. En; Management of Vertisol in Sub-Shara, Africa. Proceeding of Conference held at ILCA, Addis Ababa, Ethiopia. pp 131-165. International Livestock Centre for Africa. P. O. Box, Addis Ababa, Ethiopia.

Oakes, H. Y Thorp, J. (1951). Dark clay soils of warm regions variously called Rendzina. Black Cotton soils, Regurs and Tirs. Sol Sci. Soc. Amer. Proc., 15:347-354.

Ortega, E. (1993). Características de los suelos vérticos de la Provincia de Málaga. Memoria. Uni . Granada. Inédita. pp 401.

Ortega, E.; Sierra, C.; Martínez, F.J.; Asensio, C.; Saura, I. y Roca, A. (1994). Memoria y mapa de suelos de la Hoja Topográfica de Colmenar. Málaga. Serv. Public. Univ. Granada. pp 80.

Ortega, E.; Asensio, C.; Saura, I.; Lozano, F.J.; Martínez, F.J. y Quirantes, J. (1996). Memoria y mapa de suelos de la Hoja Topográfica de Teba. Málaga. Serv. Public. Univ. Granada. pp 78.

Pérez Blanco, E. A. (1999). Dinámica del agua en suelos vérticos del sur de España. Memoria de Licenciatura. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada. pp 160.

Pérez Blanco, E. A.; Ortega, E.; Asensio, C. e Iriarte, A. (2000). Infiltración en Vertisoles del SE de España. Directions in World Pharmacy. Granada.

Richards (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. US. Salinity Laboratory. US. Dept. Agric. Handbook. N° 60. USA.

Richards (1947). Pressure-Membrana apparatus construction and use. Agr. Engin 28: 451-54.

Saura, I.; Sierra, C.; Ortega, E.; Martínez, F.J. y Asensio, C. (1994). Memoria y mapa de suelos de la Hoja Topográfica de Estepona. Málaga. Serv. Public. Univ. Granada. pp 80.

Shaw, R. J. y Yule, D. F. (1978). The assesment of soils for irrigation, Esmerald, Queensland. Technical Report n° 13. Agricultural Chemistry Branch, Department of Primary Industries, Brisbane, Australia. pp 84.

Soil Conservation Service (1972). Soil Survey Laboratory. Methods and procedures for collecting soil samples. USDA. Dpto. Agric. Washington. USA.

Figuras y Tablas.

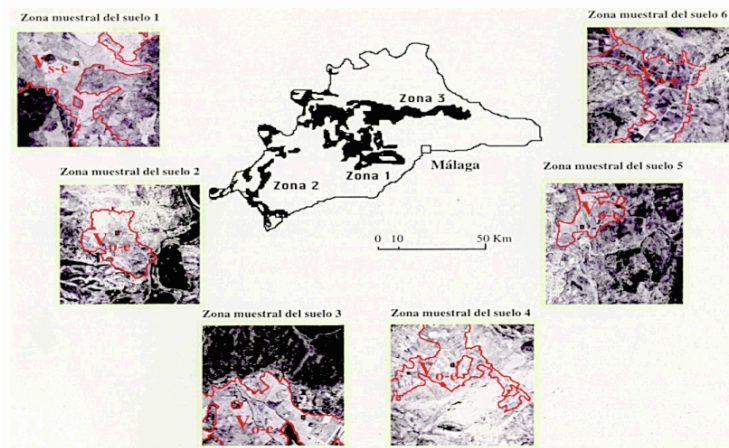


Figura 1.- Localización de las zonas muestrales de Vertisoles modales de la Provincia de Málaga

- ◆ Presiones Ψ_{10} $\psi = 1,2326e+4 * 10^{(-0,13931 Pw)}$ $R^2 = 0,970$ $[0,985] > r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- Presiones Ψ_{20} $\psi = 5166,5 * 10^{(-0,12068 Pw)}$ $R^2 = 0,976$ $[0,988] > r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- Presiones Ψ_{30} $\psi = 4404,9 * 10^{(-0,11176 Pw)}$ $R^2 = 0,967$ $[0,983] > r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ▲ Presiones Ψ_{40} $\psi = 1,0884e+4 * 10^{(-0,12705 Pw)}$ $R^2 = 0,991$ $[0,995] > r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ▲ Presiones Ψ_{50} $\psi = 7668,9 * 10^{(-0,12293 Pw)}$ $R^2 = 0,976$ $[0,988] > r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$

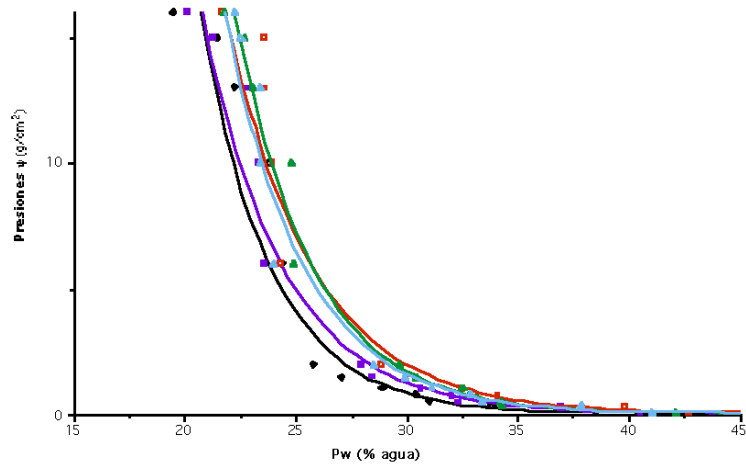


Figura 2.- Relación entre el contenido de agua gravimétrica (%) y el potencial matricial a distintas profundidades del suelo modal 1.

- ◆ Presiones ψ_{10} $\psi = 8825,8 * 10^{(-0,15032 P_w)}$ $R^2 = 0,984$ $[0,992] > r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ◆ Presiones ψ_{20} $\psi = 5816,1 * 10^{(-0,13922 P_w)}$ $R^2 = 0,992$ $[0,996] > r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ◆ Presiones ψ_{30} $\psi = 6658,3 * 10^{(-0,13680 P_w)}$ $R^2 = 0,954$ $[0,978] > r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ◆ Presiones ψ_{40} $\psi = 1,3531 e+4 * 10^{(-0,15461 P_w)}$ $R^2 = 0,978$ $[0,989] > r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ◆ Presiones ψ_{50} $\psi = 8733,1 * 10^{(-0,14081 P_w)}$ $R^2 = 0,973$ $[0,986] > r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$

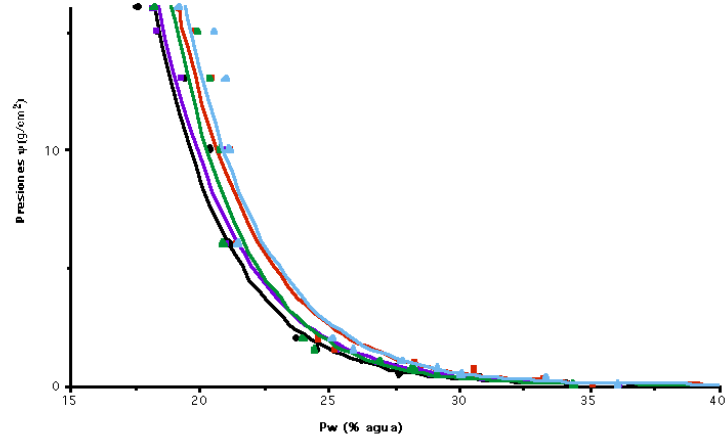


Figura 3.- Relación entre el contenido de agua gravimétrica (%) y el potencial matricial a distintas profundidades del suelo modal 2.

- Presiones ψ_{10} $\psi = 5248,4 * 10^{(-0,14224 P_w)}$ $R^2 = 0,982$ $[0,991] > r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ◆ Presiones ψ_{20} $\psi = 2182,3 * 10^{(-0,11902 P_w)}$ $R^2 = 0,960$ $[0,978] > r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ◆ Presiones ψ_{30} $\psi = 3491,8 * 10^{(-0,13196 P_w)}$ $R^2 = 0,991$ $[0,995] > r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ◆ Presiones ψ_{40} $\psi = 3851,5 * 10^{(-0,12799 P_w)}$ $R^2 = 0,988$ $[0,994] > r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ◆ Presiones ψ_{50} $\psi = 6017,6 * 10^{(-0,13886 P_w)}$ $R^2 = 0,988$ $[0,994] > r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$

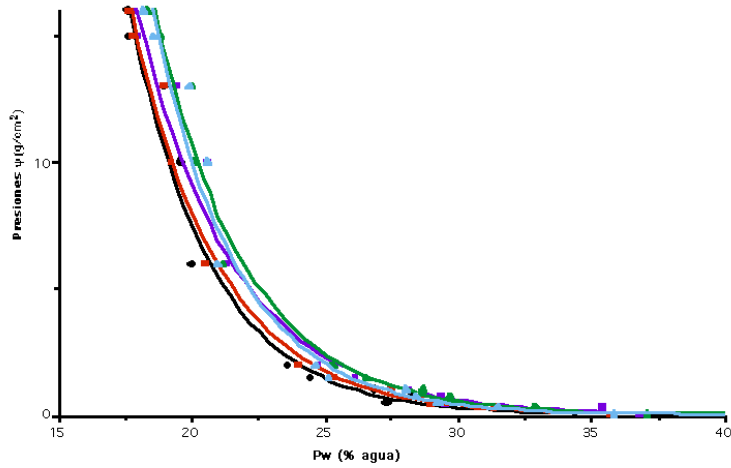


Figura 4.- Relación entre el contenido de agua gravimétrica (%) y el potencial matricial a distintas profundidades del suelo modal 3.

- Presiones Ψ_{10} $\psi = 1,0270e+4 * 10^{(-0,14839 Pw)}$ $R^2 = 0,936$ $[0,967] > t_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- Presiones Ψ_{20} $\psi = 3136,8 * 10^{(-0,12711 Pw)}$ $R^2 = 0,953$ $[0,979] > t_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- Presiones Ψ_{30} $\psi = 4026,6 * 10^{(-0,12267 Pw)}$ $R^2 = 0,986$ $[0,993] > t_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ▲ Presiones Ψ_{40} $\psi = 5698,0 * 10^{(-0,11726 Pw)}$ $R^2 = 0,980$ $[0,990] > t_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ▲ Presiones Ψ_{50} $\psi = 5620,4 * 10^{(-0,11221 Pw)}$ $R^2 = 0,973$ $[0,986] > t_{0,01(10)} = 0,708^{**}$

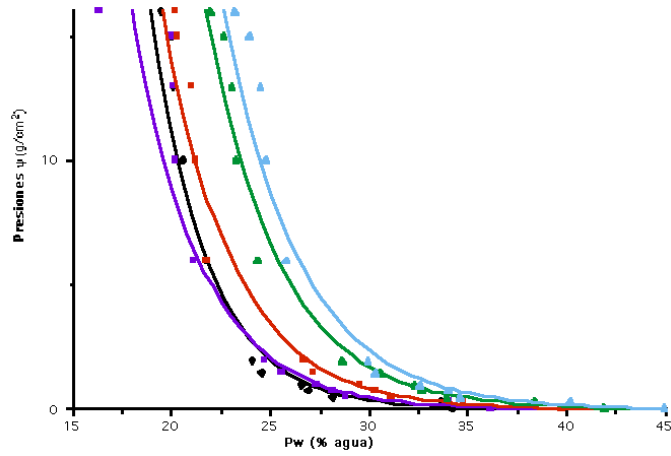


Figura 5.- Relación entre el contenido de agua gravimétrica (%) y el potencial matricial a distintas profundidades del suelo modal 4.

- Presiones Ψ_{10} $\psi = 1,2399e+4 * 10^{(-0,13182 Pw)}$ $R^2 = 0,995$ $[0,997] > t_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- Presiones Ψ_{20} $\psi = 1,0518e+4 * 10^{(-0,12239 Pw)}$ $R^2 = 0,991$ $[0,995] > t_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- Presiones Ψ_{30} $\psi = 1,2034e+4 * 10^{(-0,12359 Pw)}$ $R^2 = 0,988$ $[0,994] > t_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ▲ Presiones Ψ_{40} $\psi = 5102,3 * 10^{(-0,11477 Pw)}$ $R^2 = 0,982$ $[0,991] > t_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ▲ Presiones Ψ_{50} $\psi = 6532,3 * 10^{(-0,12171 Pw)}$ $R^2 = 0,990$ $[0,995] > t_{0,01(10)} = 0,708^{**}$

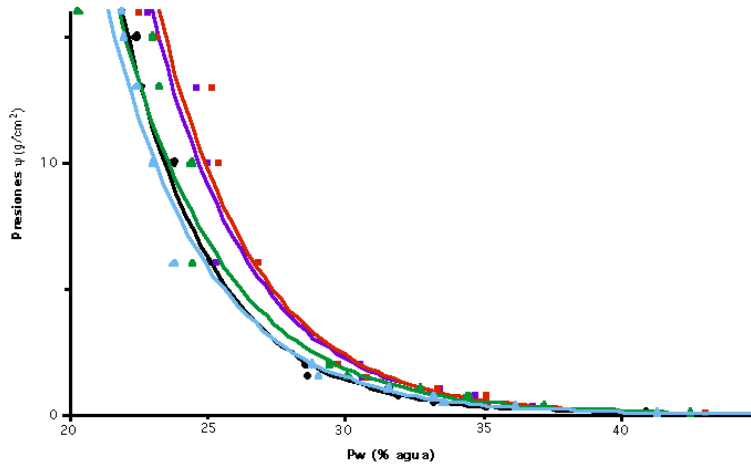


Figura 6.- Relación entre el contenido de agua gravimétrica (%) y el potencial matricial a distintas profundidades del suelo modal 5.

- Presiones Ψ_{10} $\psi = 8779,9 * 10^{(-0,14066 Pw)}$ $R^2 = 0,981$ [0.992] > $r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- Presiones Ψ_{20} $\psi = 1,3070e+4 * 10^{(-0,15154 Pw)}$ $R^2 = 0,961$ [0.980] > $r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- Presiones Ψ_{30} $\psi = 1,5373e+4 * 10^{(-0,15529 Pw)}$ $R^2 = 0,962$ [0.981] > $r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ▲ Presiones Ψ_{40} $\psi = 1,2563e+4 * 10^{(-0,15428 Pw)}$ $R^2 = 0,984$ [0.992] > $r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$
- ▲ Presiones Ψ_{50} $\psi = 6615,8 * 10^{(-0,13644 Pw)}$ $R^2 = 0,969$ [0.984] > $r_{0,01(10)} = 0,708^{**}$

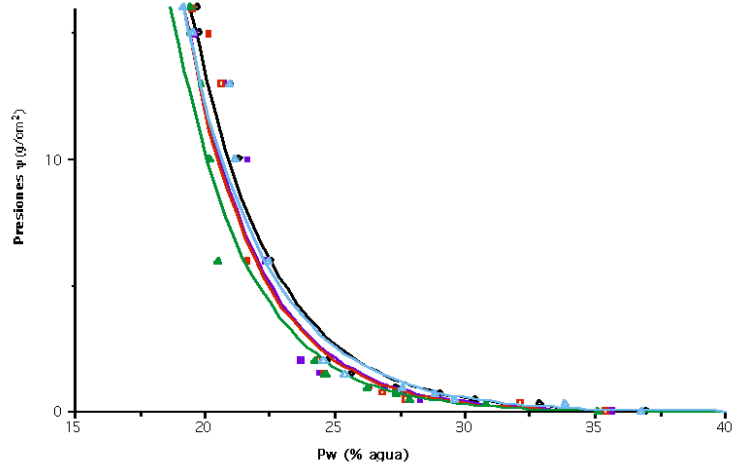


Figura 7.- Relación entre el contenido de agua gravimétrica (%) y el potencial matricial a distintas profundidades del suelo modal 6.

	Horizontes Prof.		Clase Textural	% Arcilla	% Limo	% Arena
Suelo 1	Ap	0-19	Arcillosa	72.6	23.9	3.5
	Bwz	19-72	Arcillosa	73.9	24.1	2.0
	Cz	> 72	Arcillosa	78.9	20.1	1.0
Suelo 2	Ap	0-12	Arcillosa	75.5	22.7	1.8
	Bw	12-66	Arcillosa	77.3	21.0	1.7
	C	> 66	Arcillosa	75.4	22.6	2.0
Suelo 3	Ap	0-28	Arcillosa	61.0	26.7	12.3
	AC	28-70	Arcillosa	61.3	28.0	10.7
	C	> 70	Arcillosa	59.1	26.5	14.4
Suelo 4	Ap	0-23	Arcillosa	56.5	26.1	17.4
	C1	23-42	Arcillosa	68.8	15.1	16.1
	C2	> 42	Arcillosa	73.8	5.6	20.6
Suelo 5	Ap	0-11	Arcillo-limosa	58.1	31.9	10.0
	Bw	11-82	Arcillo-limosa	64.4	26.5	9.1
	C	> 82	Arcillo-limosa	40.7	38.7	20.6
Suelo 6	Ap	0-18	Arcillosa	58.6	26.7	14.7
	Bw	18-67	Arcillosa	56.4	23.4	20.2
	C	> 67	Arcillosa	58.8	22.0	19.2

Tabla 1.- Clases texturales y porcentaje de cada una de las fracciones para cada uno de los horizontes considerados.

Presiones En atmósferas	% Agua 10 cm	% Agua 20 cm	% Agua 30 cm	% Agua 40 cm	% Agua 50 cm
0.050	36.545	38.075	38.632	38.870	38.850
0.330	32.800	30.492	31.390	31.615	31.620
0.750	29.003	30.068	30.912	30.885	30.740
1.000	27.923	28.872	29.573	29.918	29.800
1.500	25.818	26.745	27.160	27.793	27.630
2.000	25.087	26.018	26.377	26.895	26.950
6.000	22.465	22.433	22.755	22.745	23.090
10.000	21.583	21.952	22.012	22.290	22.370
13.000	20.717	21.158	21.625	21.618	22.040
15.000	19.958	20.022	20.780	21.085	21.170
16.000	19.288	19.133	20.127	20.030	20.730

Tabla 2.- Valores medios de humedad a diferentes profundidades para presiones comprendidas entre 0.05 y 16 atm.