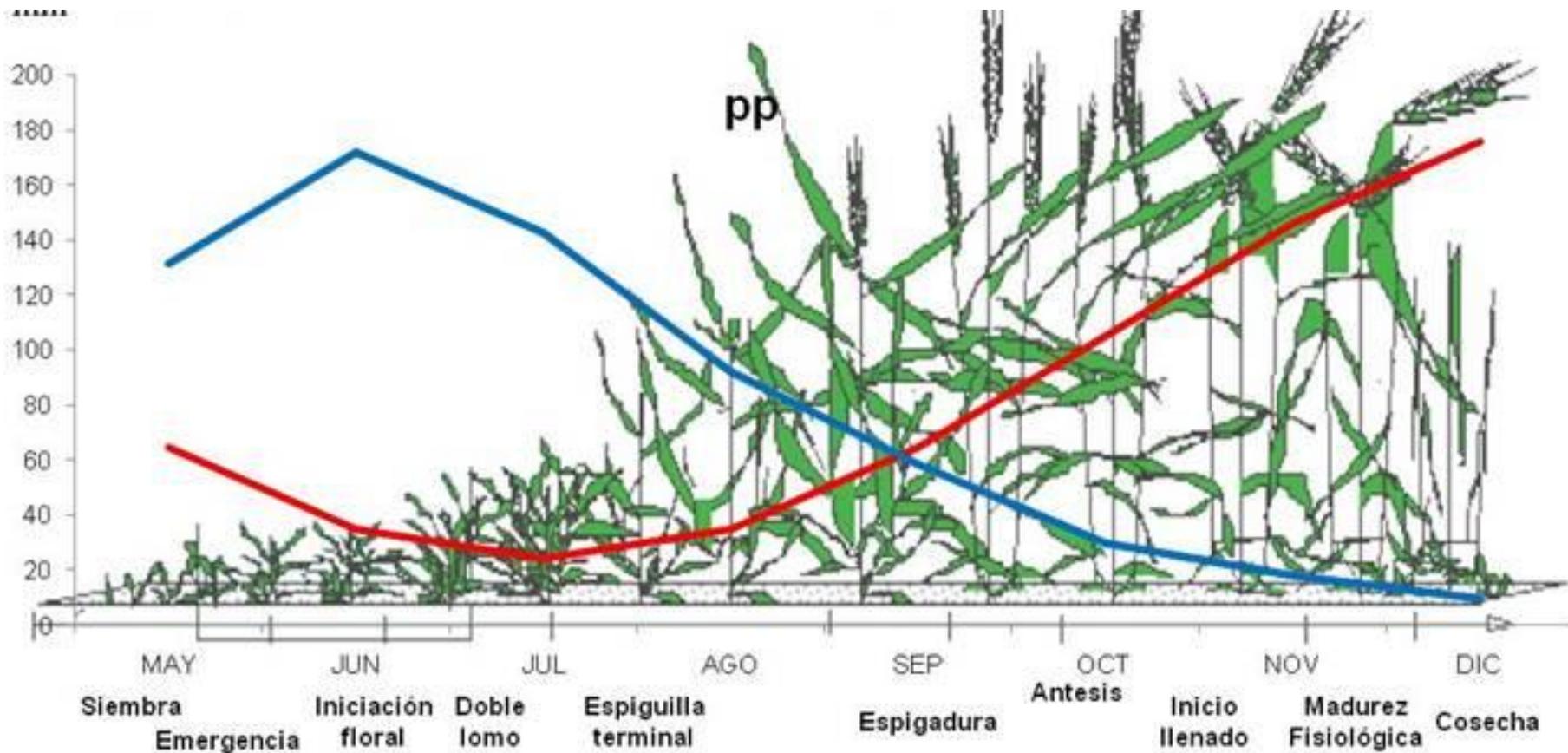




Propiedades de suelo y su función en el almacenamiento de agua

Oscar Seguel S.



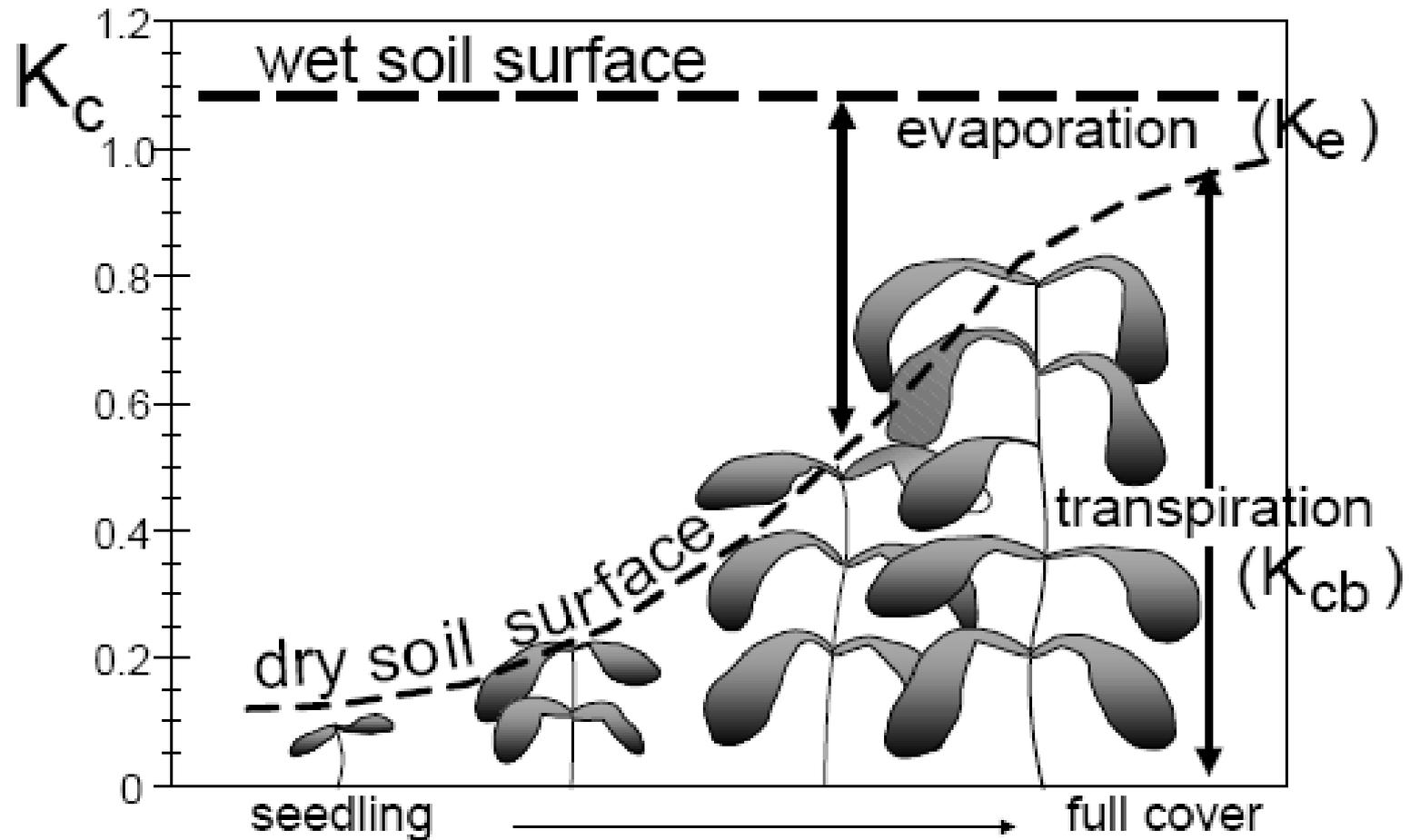
Periodos de crecimiento

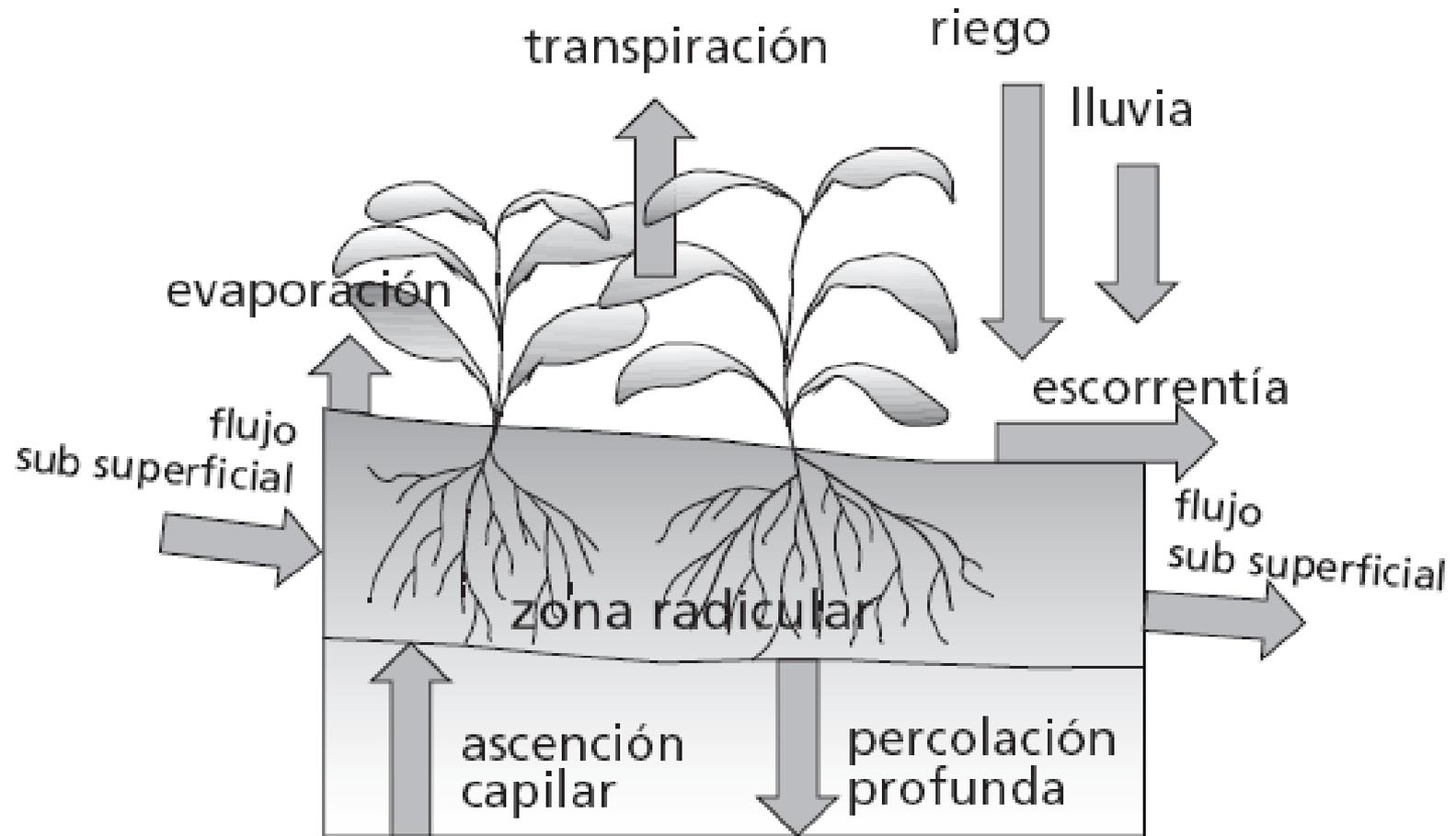
Fase vegetativa

Fase Reproductiva

Fase Llenado de grano

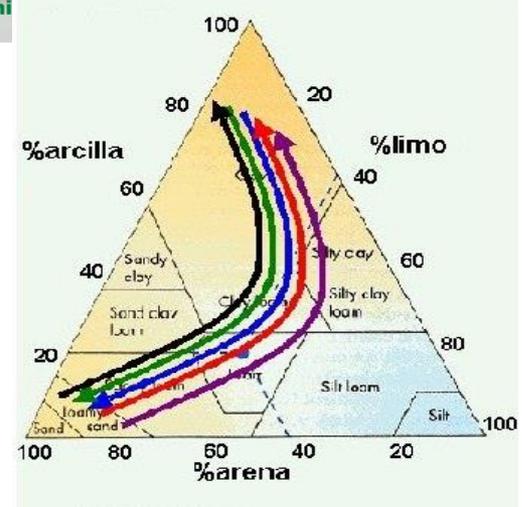
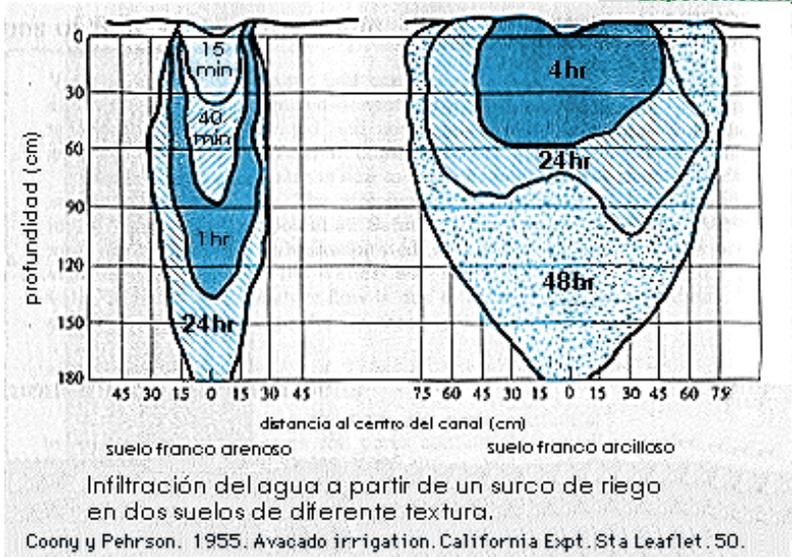
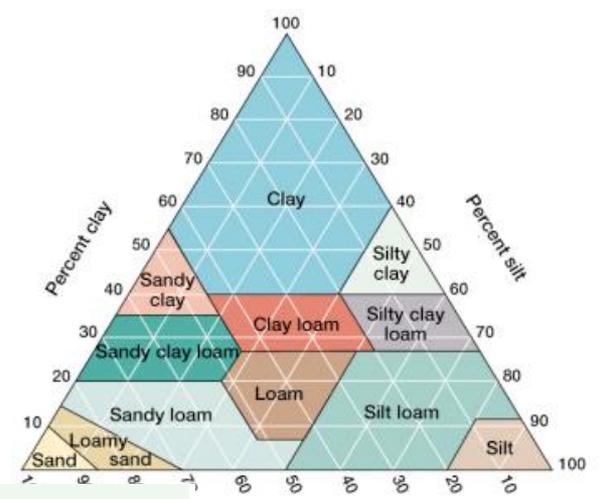
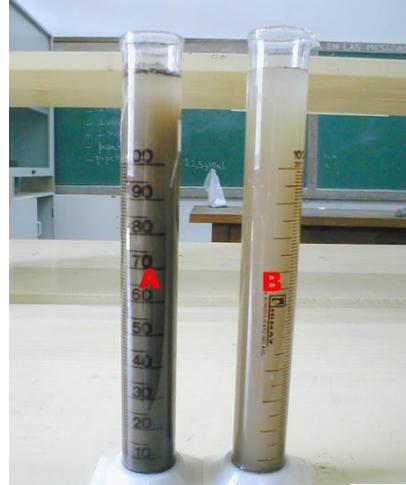
$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$





$$P + R \pm F \pm Es \pm \Delta S = ETc$$

Textura



Estabilidad al Agua

Facilidad de Labranza

Tasa de Infiltración

Retención de Agua

Retención de Nutrientes

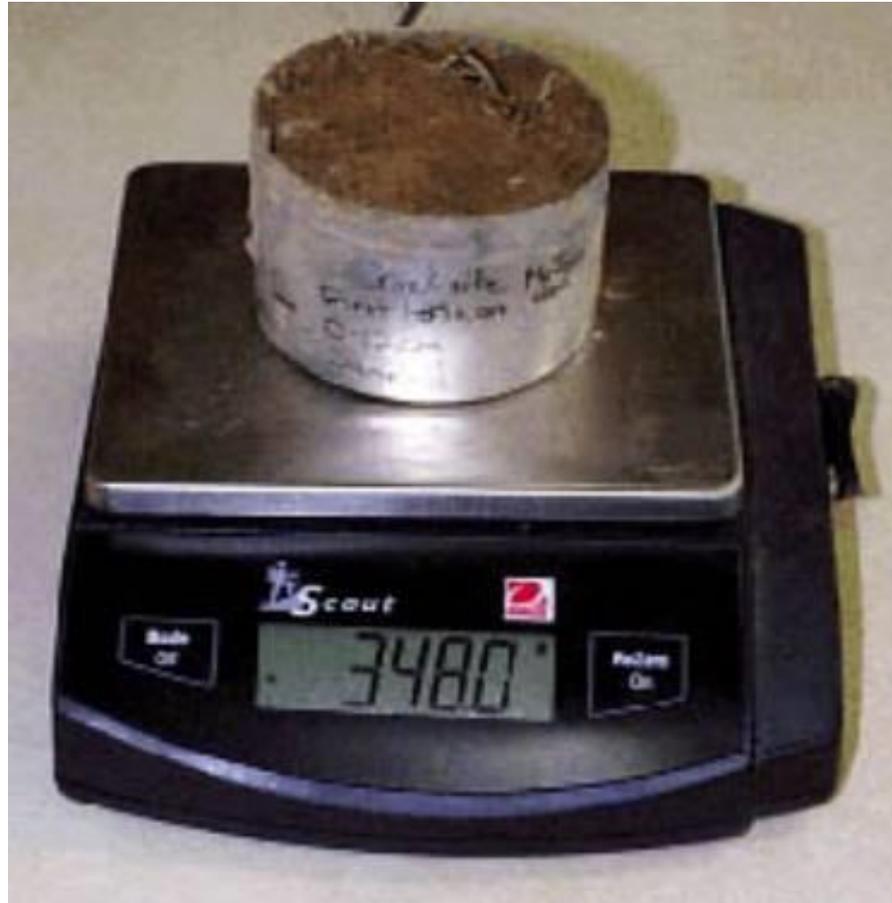
Hidrómetro de Bouyoucos

Pipeta

Tamizaje

Densidad Aparente: Masa del suelo (seco) en el volumen total de suelo (sólidos+espacio poroso).

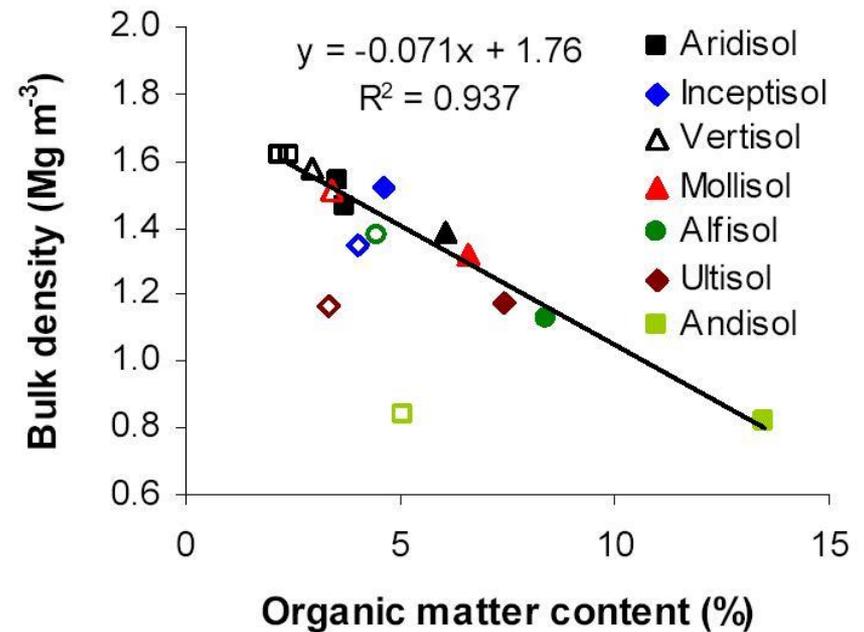
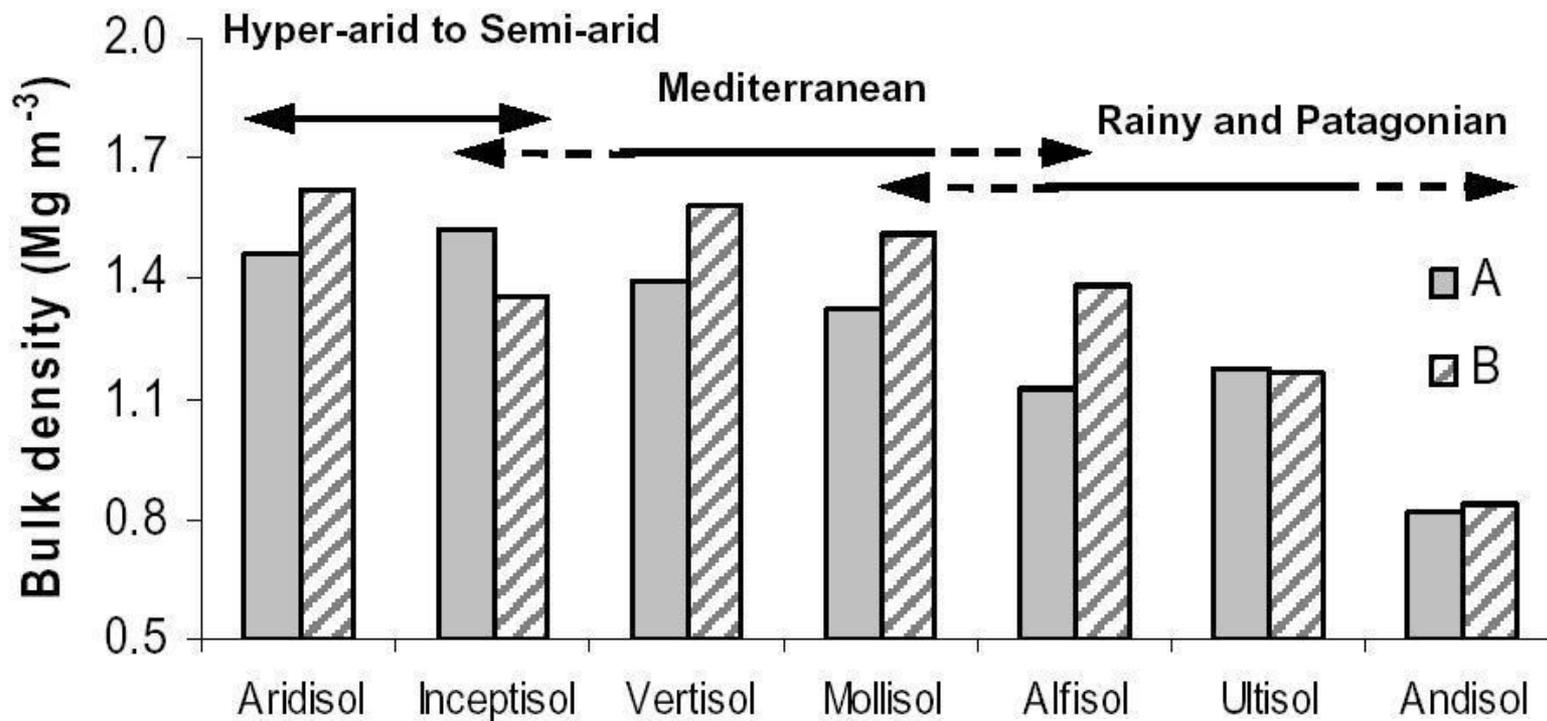
Cilindro
Terrón
Excavación



Cuadro 5.2. Valores esperables de densidad aparente (Da) por el método del cilindro.

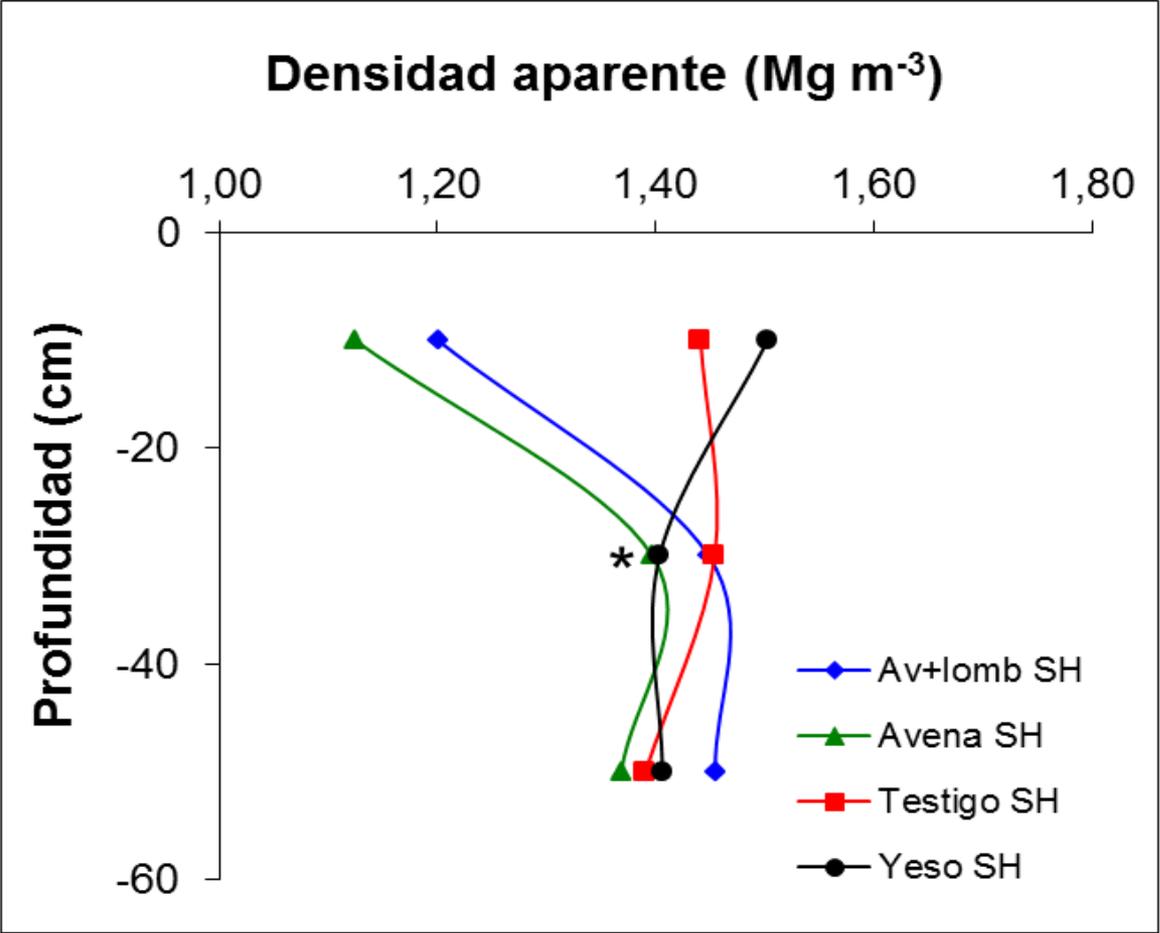
Suelo	Da cilindro (Mg m⁻³)	Rango observado en suelos (Mg m⁻³)
Arenoso	1,55	1,4 – 1,9
Franco arenoso	1,40	1,4 – 1,8
Franco	1,20	1,4 – 1,7
Franco limoso	1,15	1,3 – 1,6
Arcilloso	1,05	0,9 – 1,4
Volcánico	<0,90	0,3 – 0,95
Orgánico	0,3	0,15 – 0,45
Compactado	>1,60	1,50 – 1,90
Panes	1,80	1,60 – 2,20

Adaptado de: Casanova *et al.* (2008); Skopp (2002).

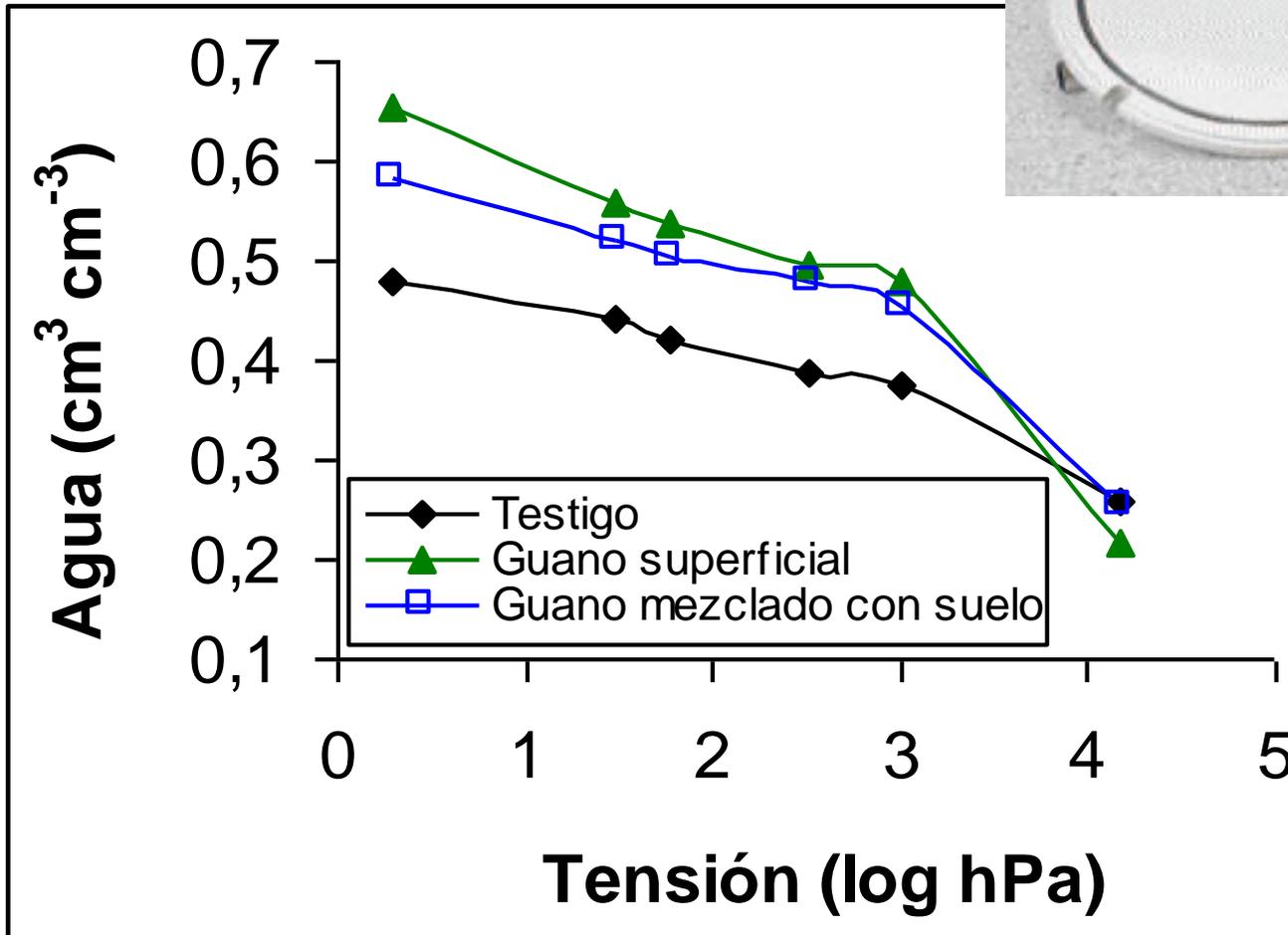


(Casanova, M. et al. 2013. The Soils of Chile. Springer. 185 p.)

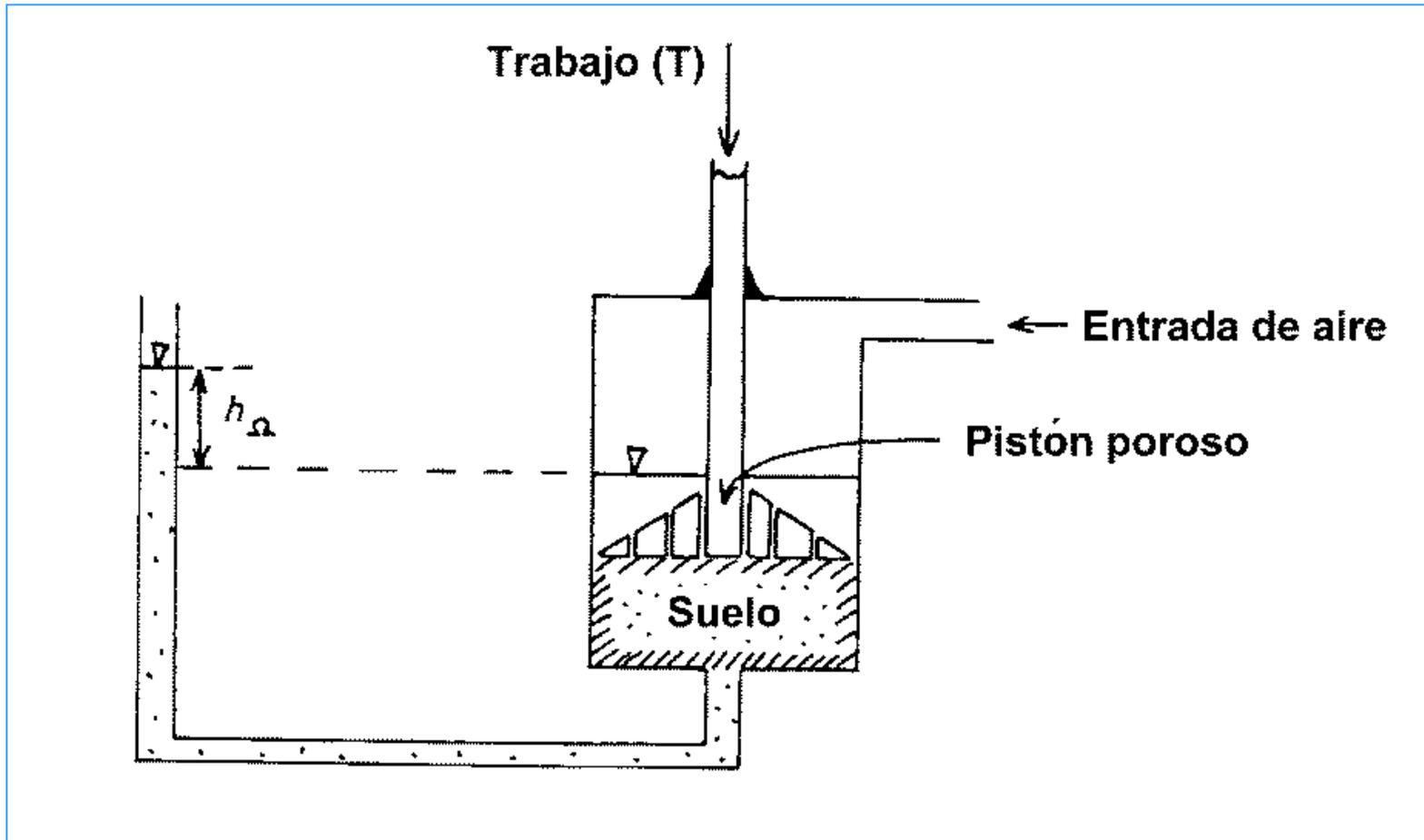
Densidad aparente: Método del cilindro



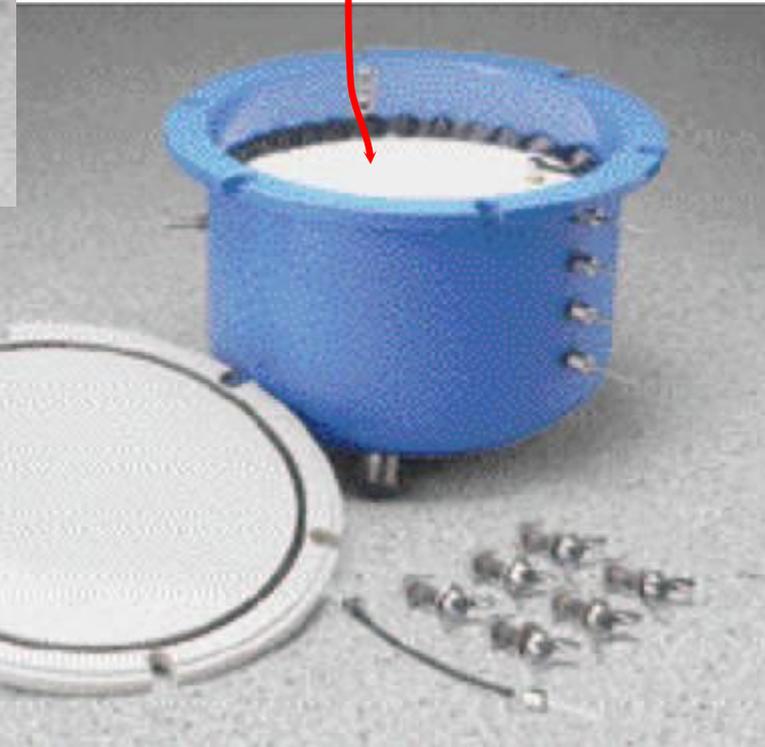
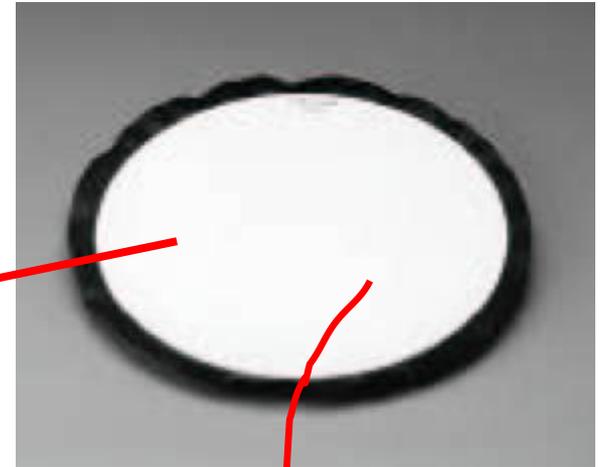
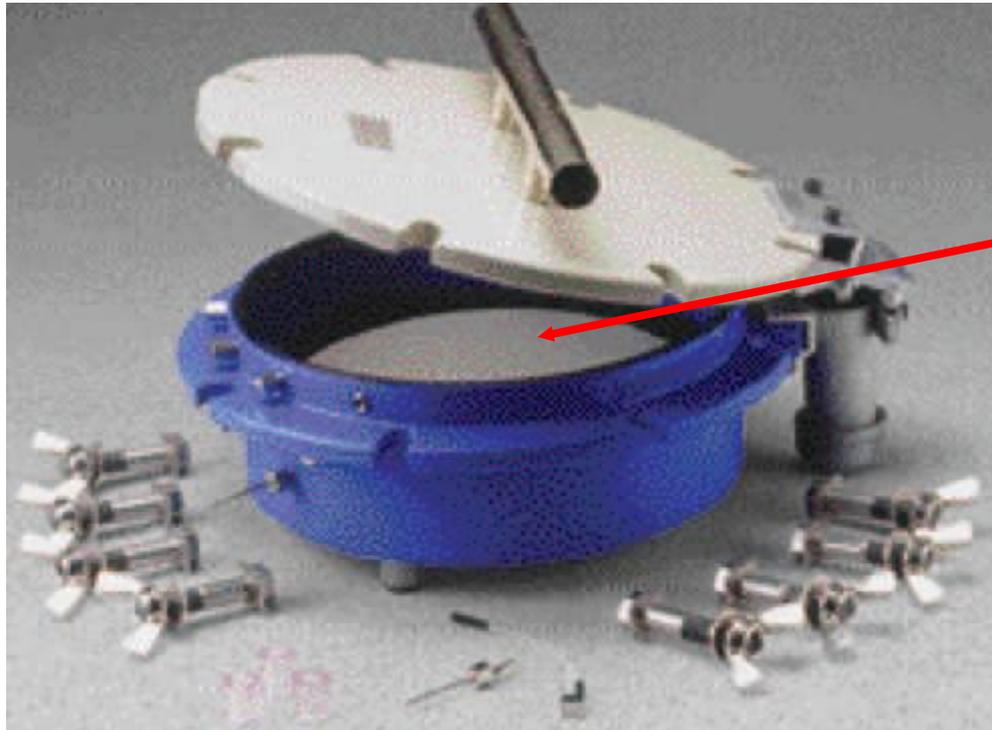
Retención de agua



Descripción energética del agua del suelo



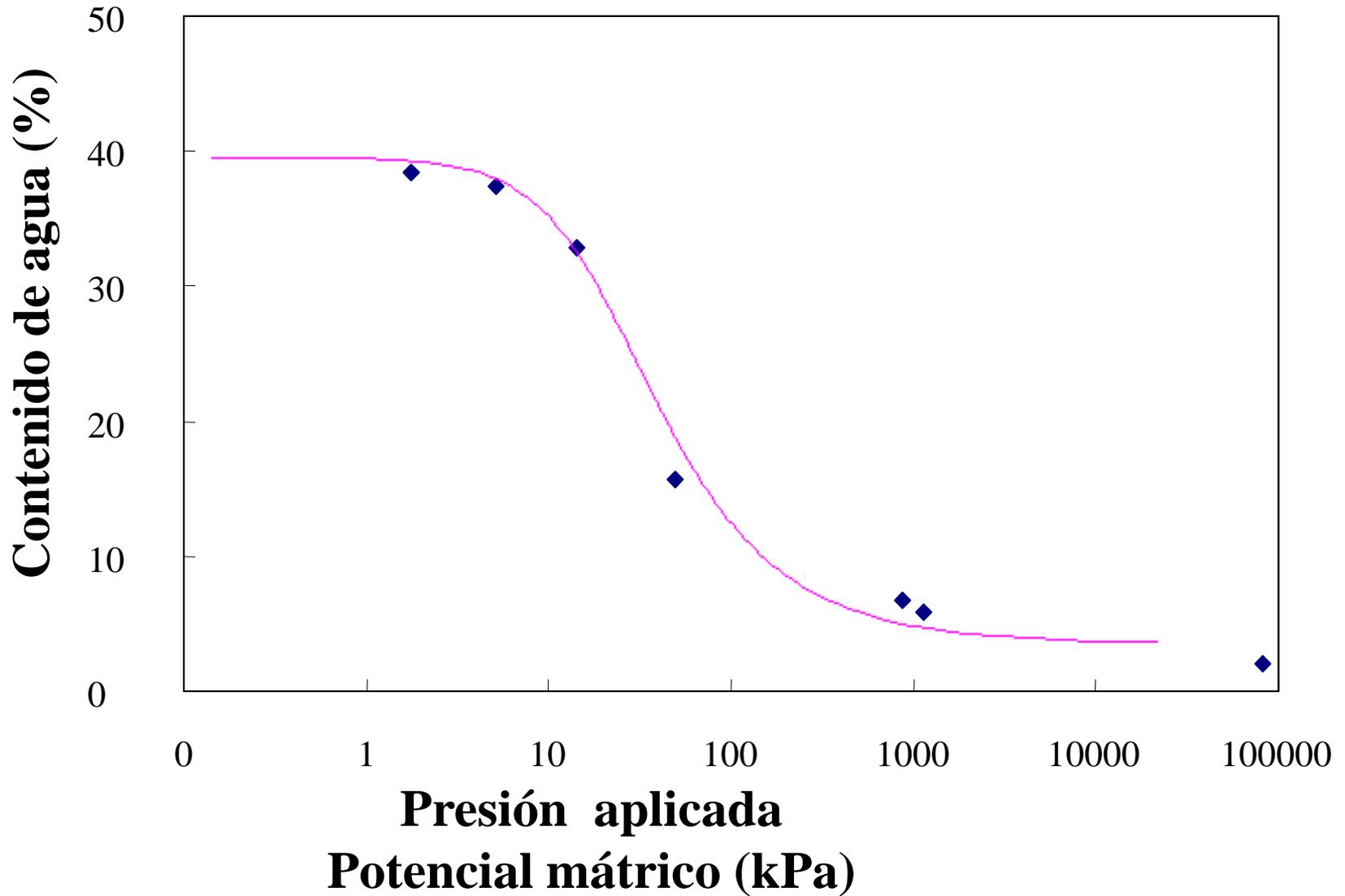
Plato: 0 - 3.000 kPa

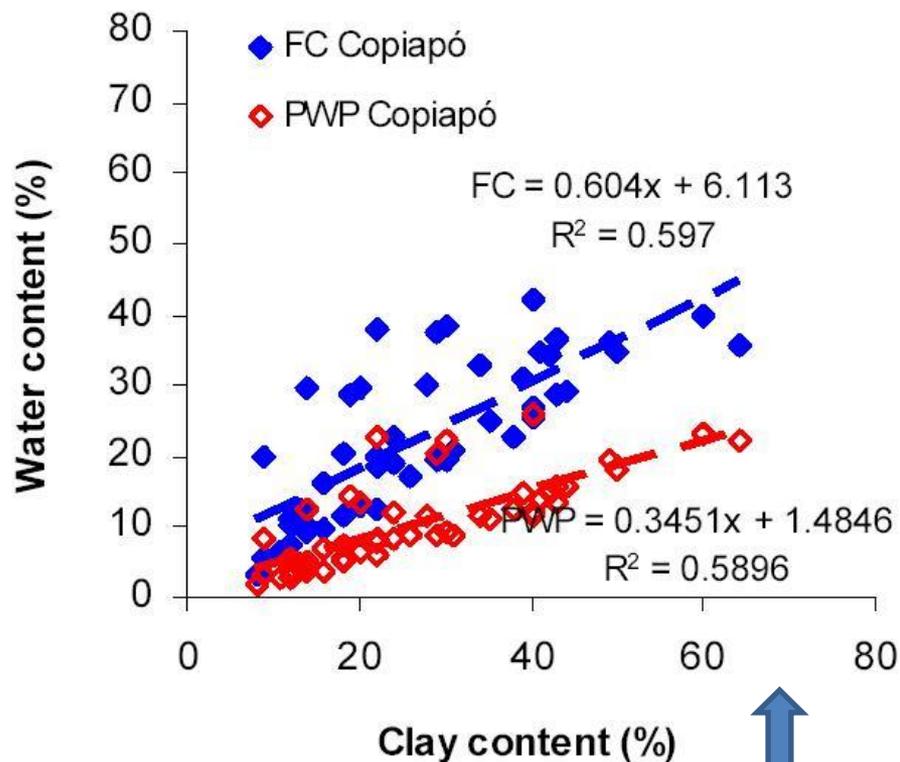


Olla: 0 - 100 kPa



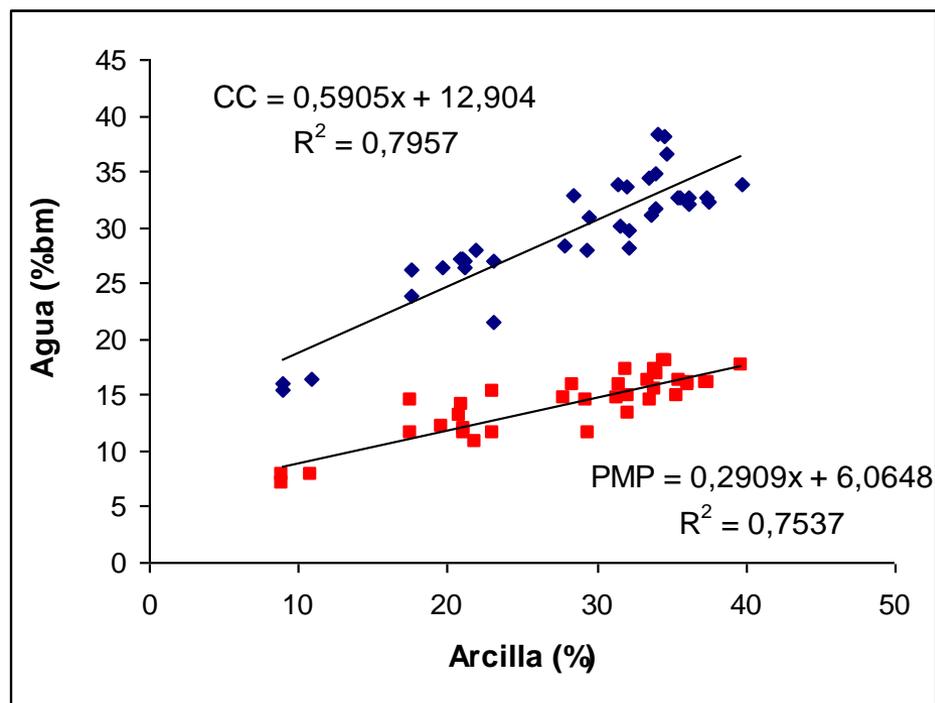
Datos de Retención & Curva aiustada

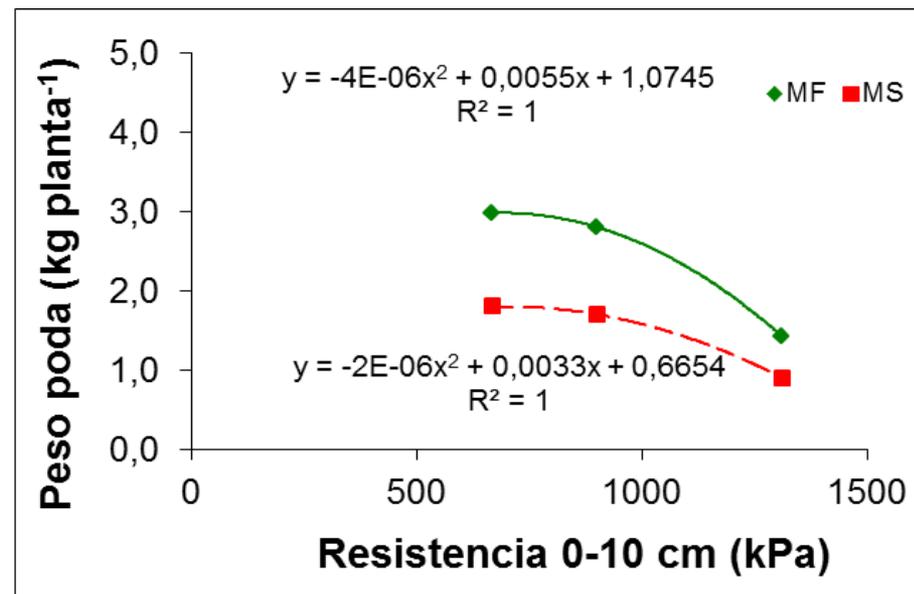
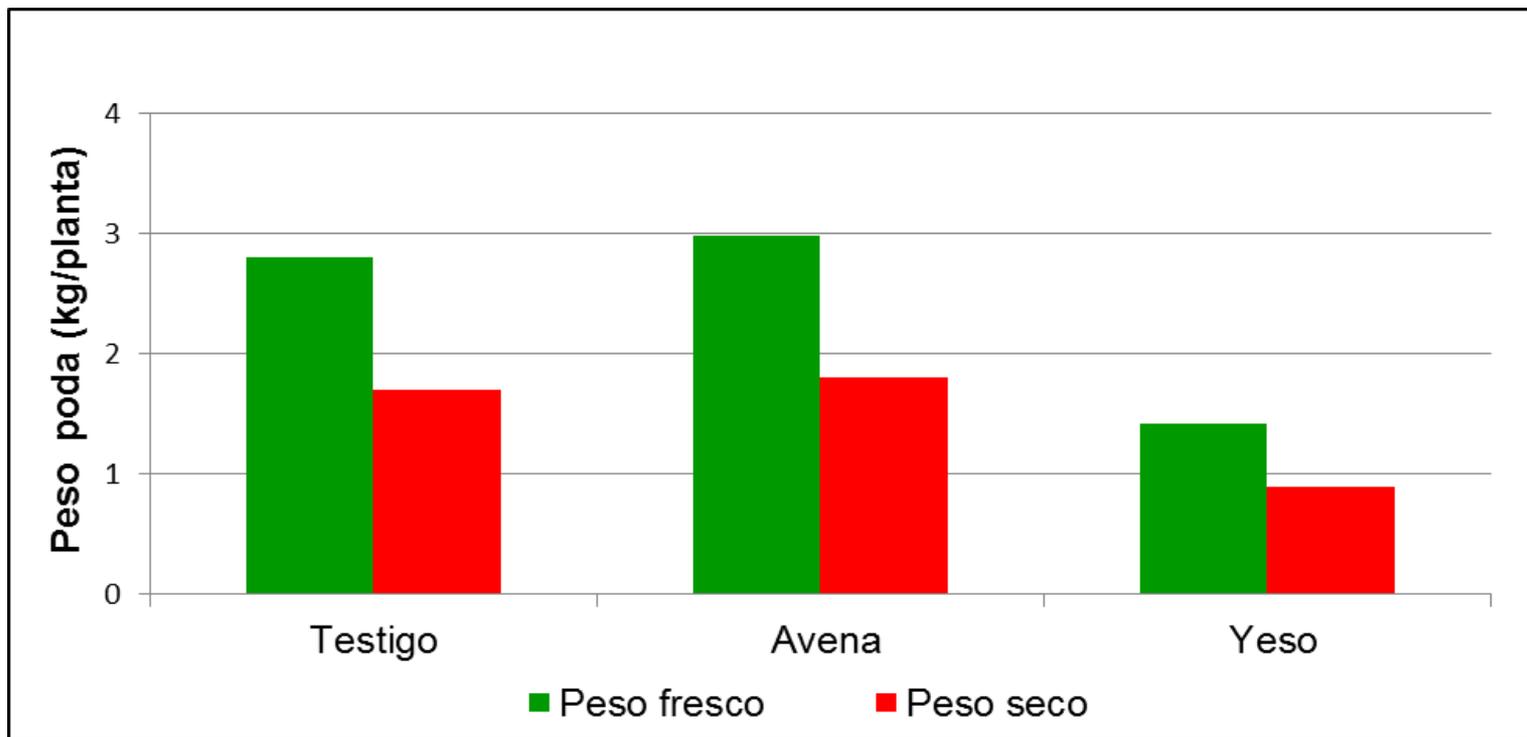


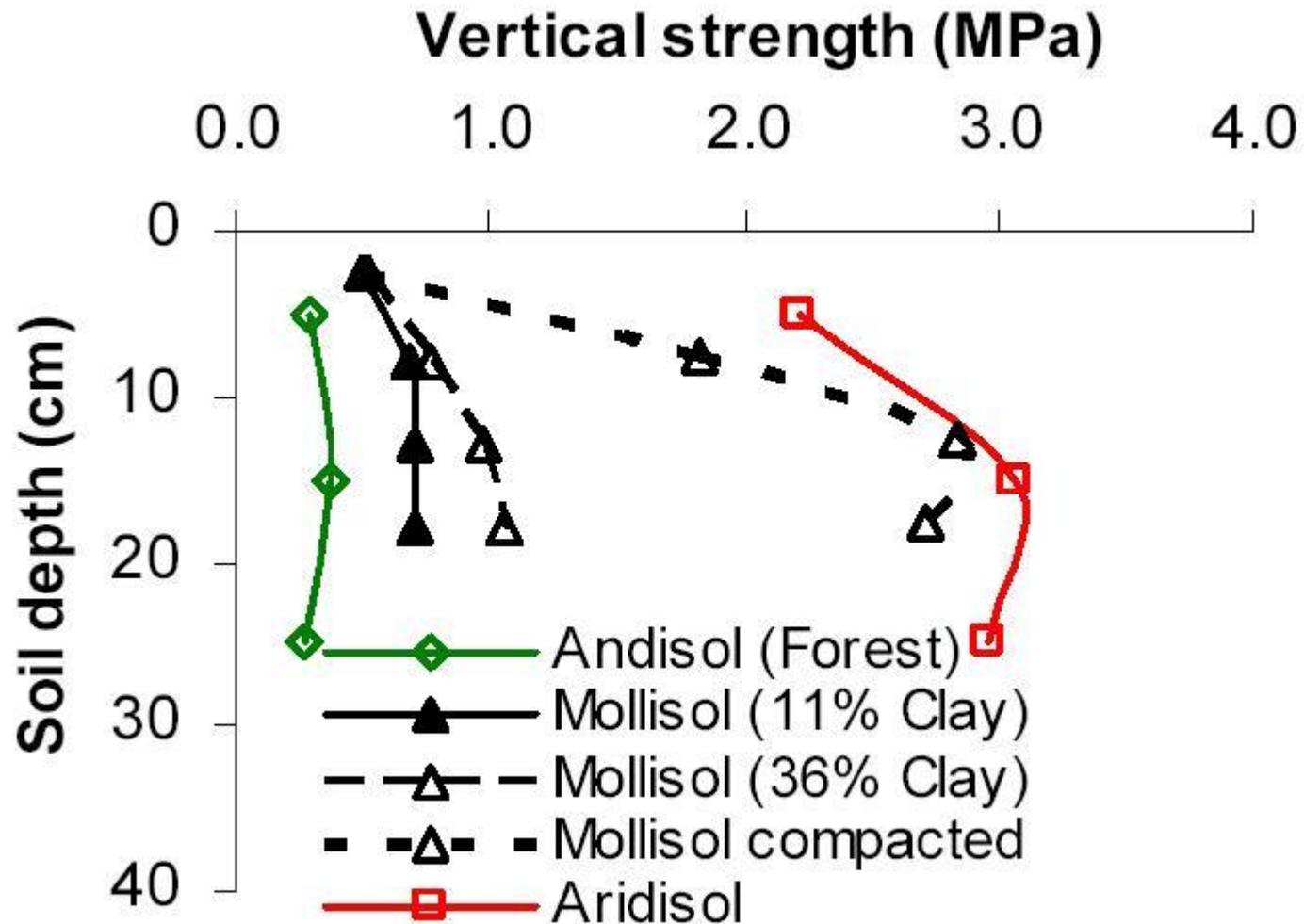


Retención de agua según clase textural		
Clase textural	CdeC (%)	PMP (%)
a	9 (6-12)	4 (2-6)
Fa	14 (10-18)	6 (4-8)
F	22 (18-26)	10 (8-12)
FA	27 (23-31)	13 (11-15)
Aa	31 (27-35)	15 (13-17)
A	35 (31-39)	17 (14-19)

La lógica funciona con los suelos de una región (Casanova, M. et al. 2013. The soils of Chile) y con los suelos dentro de un mismo cuartel.







(Casanova, M. et al. 2013. The Soils of Chile. Springer. 185 p.)

T1 (0,9-1,1 MPa)

T2 (1,2-1,4 MPa)



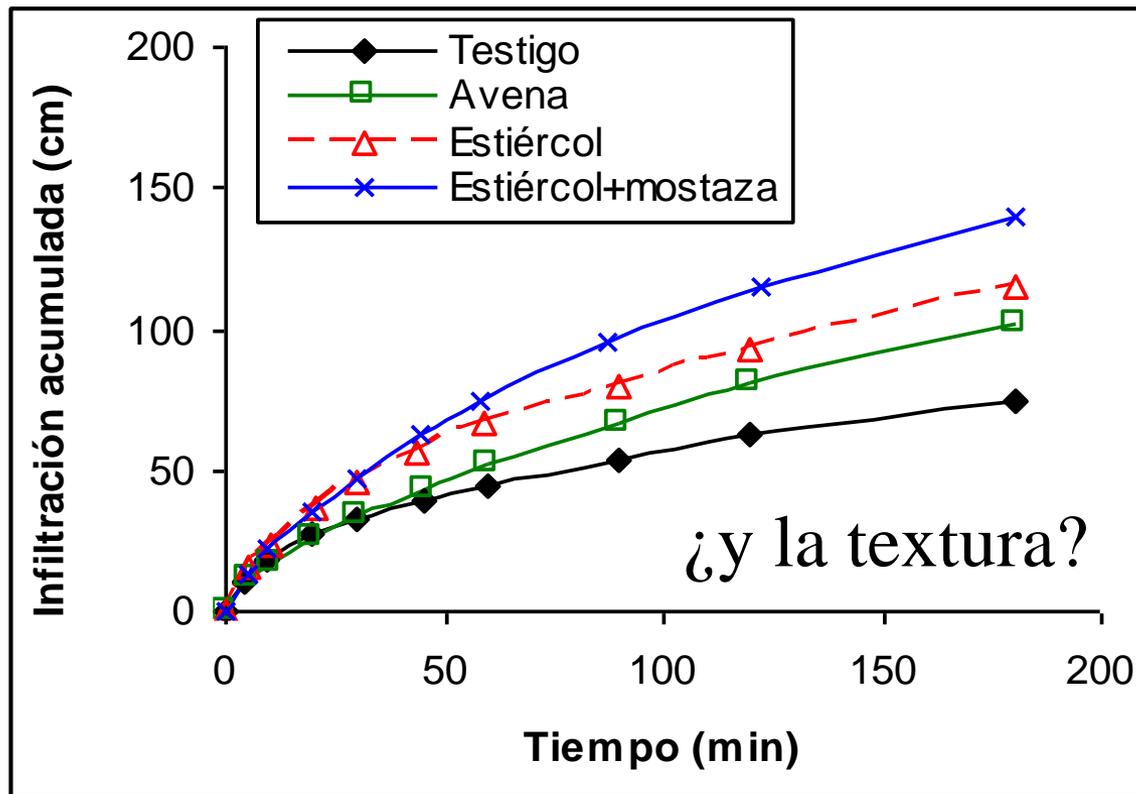
T4 (1,8-2,0 MPa)

T3 (1,5-1,7 MPa)

Resistencia a la penetración (MPa)	Clase
<0,1	Baja
0,1 a 2	Media
2 a 8	Alta
> 8	Muy Alta

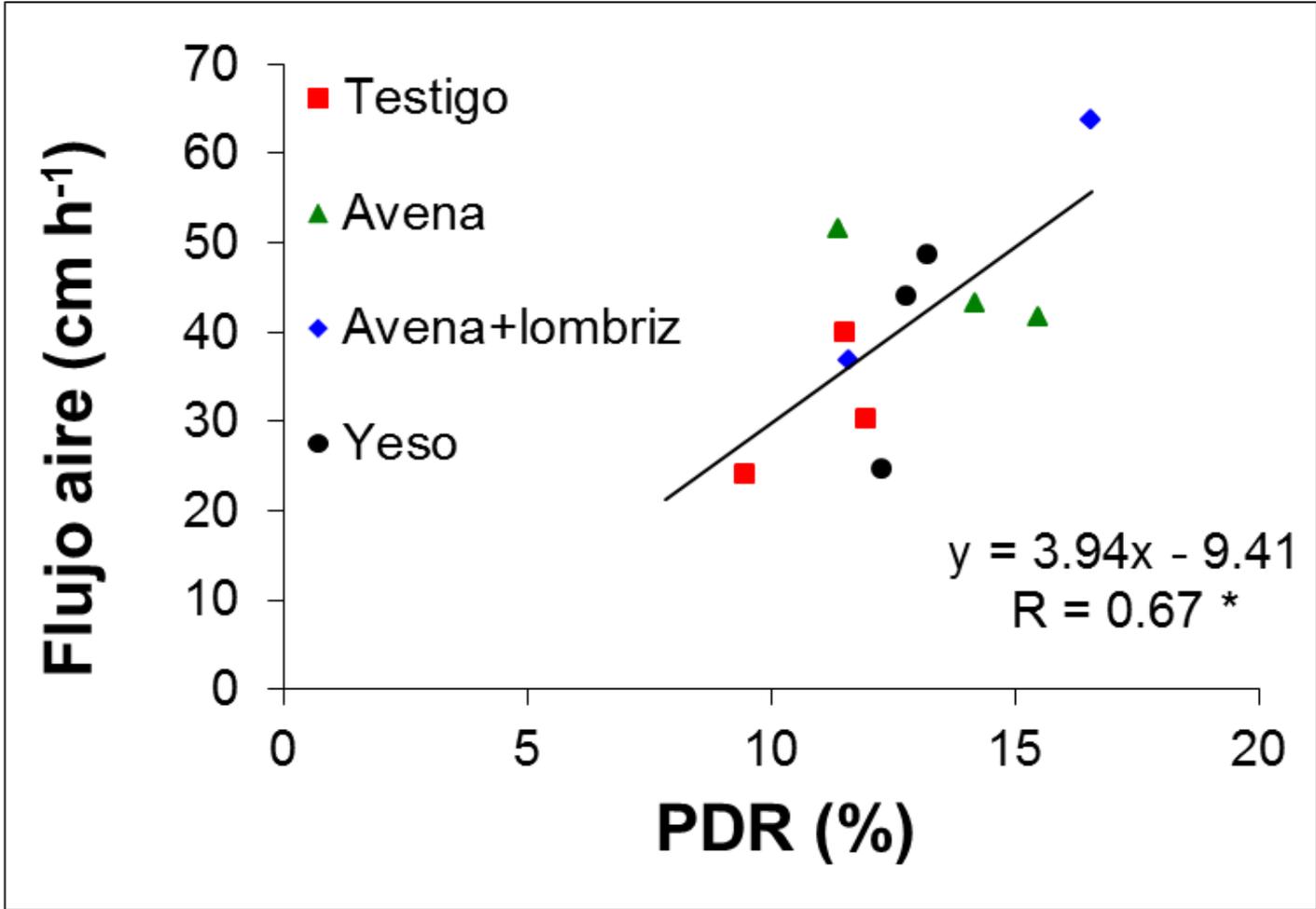
(Díaz, 2013)

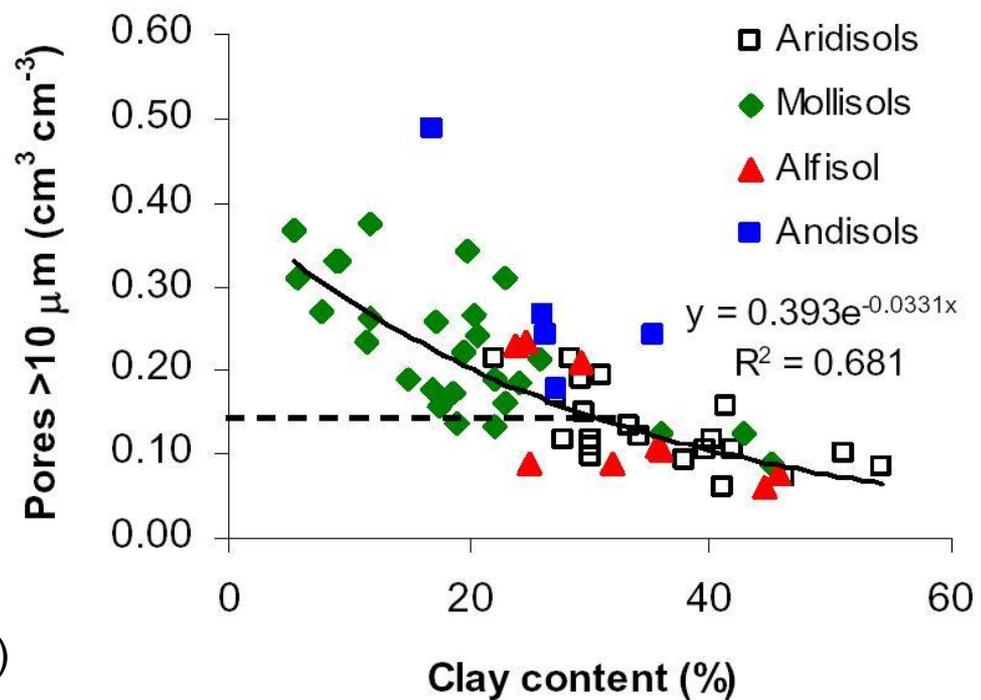
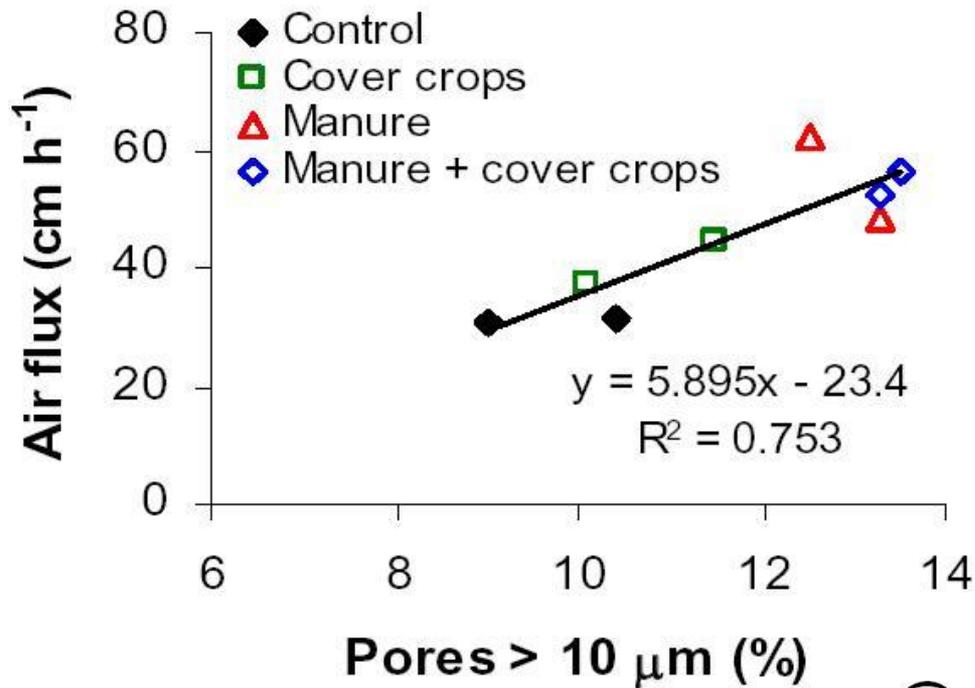
Capacidad de flujo (agua, aire)



VI (cm h ⁻¹)	
<0,1	Muy lenta
0,1 a <0,5	Lenta
0,5 a <2,0	Moderadamente lenta
2,0 a <6,3	Moderada
6,3 a <12,7	Moderadamente rápida
12,7 a <25,4	Rápida
>25,4	Muy rápida

Tratamiento	VI estabilizada (cm h ⁻¹)
Testigo	14,6 c
Avena	24,5 bc
Estiércol	24,0 b
Estiércol + mostaza	32,8 a





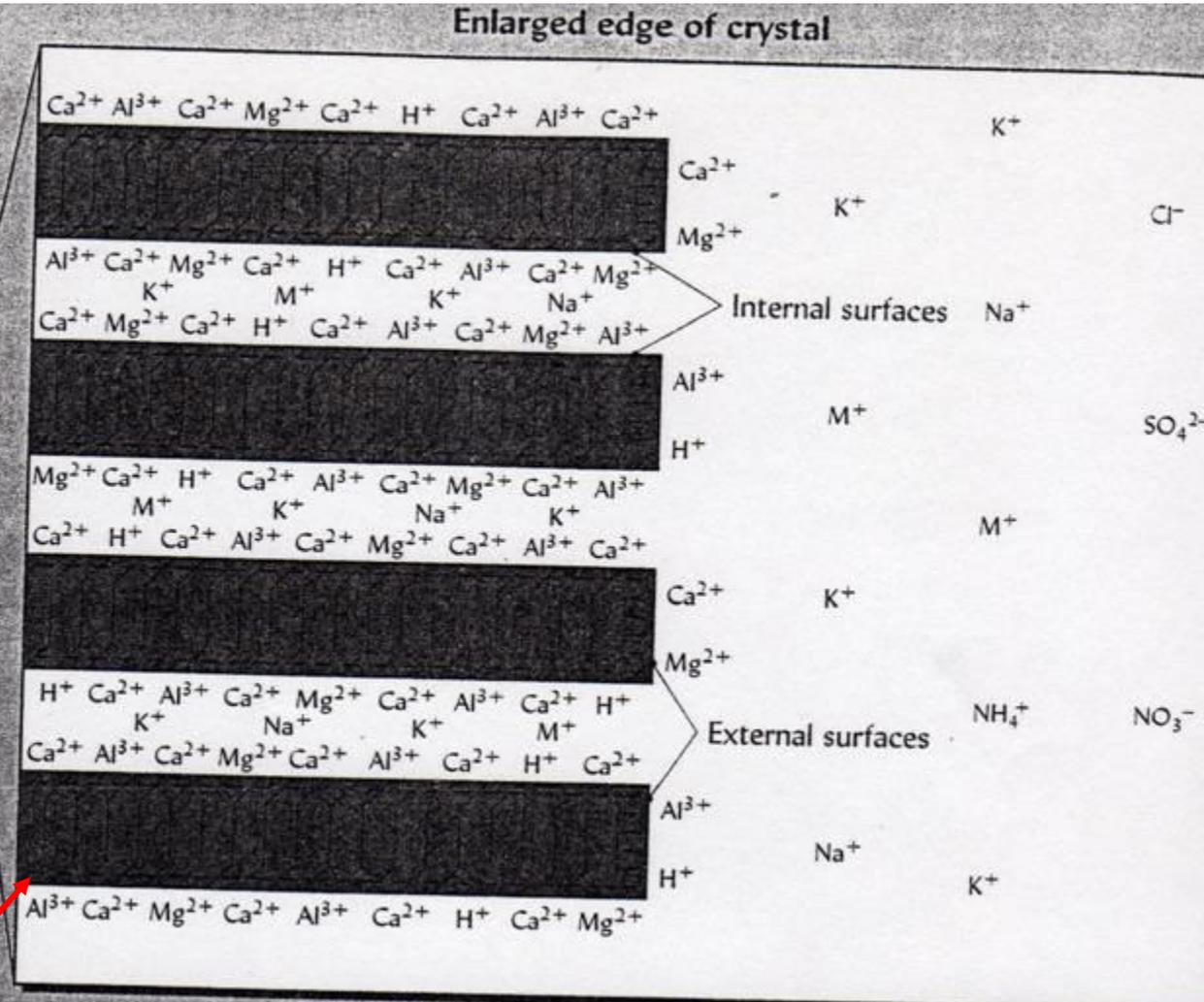
(Casanova, M. et al. 2013. The Soils of Chile)

La relación de los cationes y la mineralogía....

Coloide de arcilla



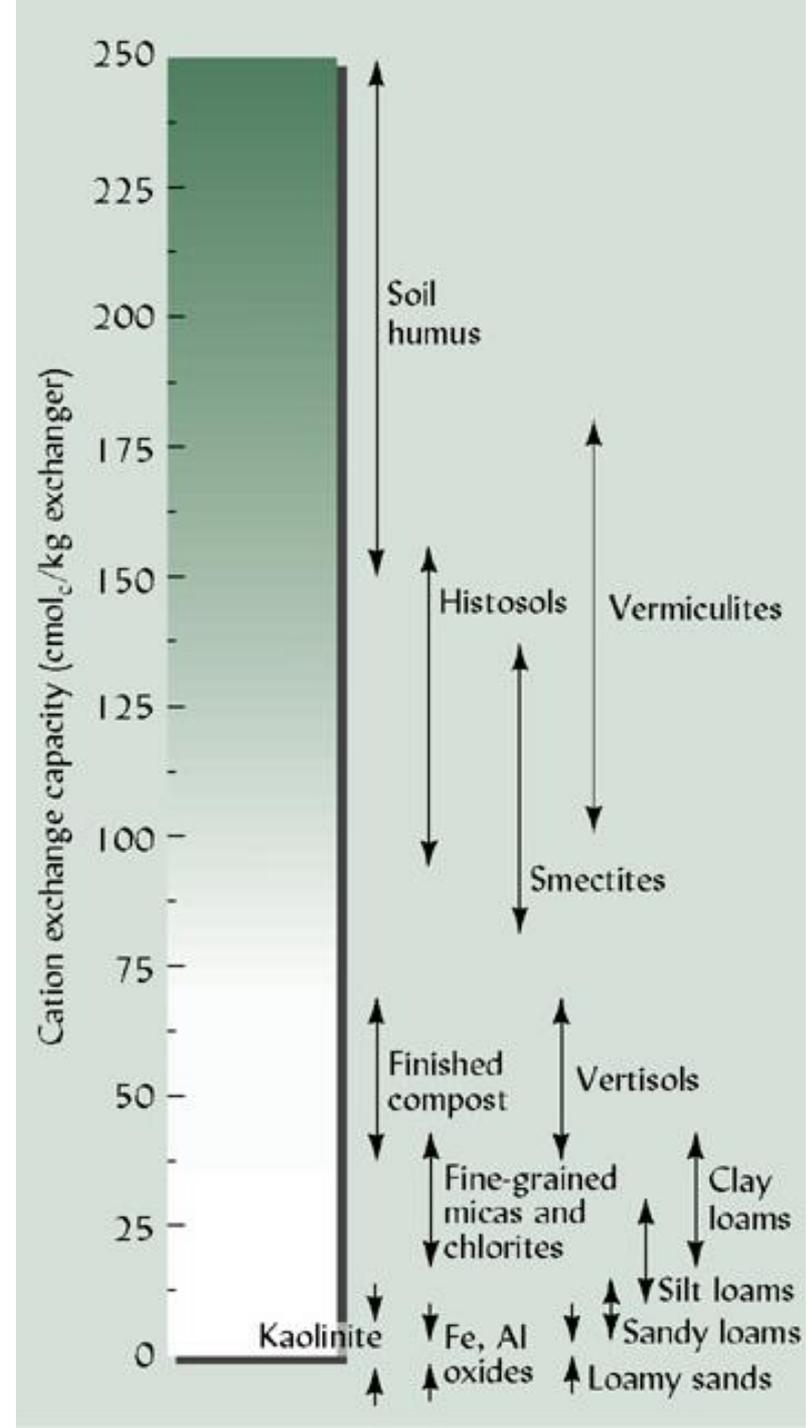
(Proporcionalmente, esto podría ser 1 μm)



Dominancia de cargas negativas en la lámina de arcilla: Capacidad de Intercambio Catiónico

CIC depende de:

- Cantidad de arcillas y materia orgánica (coloides)
- Tipo de mineral de arcilla presente



Saturación de bases

$$\mathbf{SB} = \sum \frac{Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, \dots}{CIC} \times 100$$

“cationes ácidos”

(H^+ , Al^{3+})

“cationes básicos”

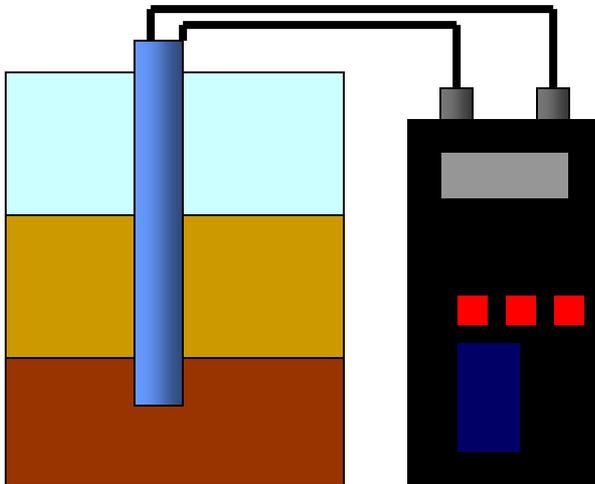
(Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , NH_4^+)

Reacción del suelo - pH

- Concentración del ion H^+ en la solución suelo.
- Si la concentración de iones H^+ en una solución es de $0,00003 \text{ mol/L}$, entonces el pH es :
- $pH = -\log (0,00003) = -(-4,5) = 4,5$
- $pH = 4,5$
- $1 \text{ mol de } H^+ = 1 \text{ gramo}$

Medición del pH del suelo

- 1. Indicadores o método colorimétrico
- 2. Método potenciométrico
 - 2.1 Suspensión en agua destilada
 - 2.2 Suspensión en solución de CaCl_2 0,01 M
 - 2.3 Suspensión en solución de KCl 1 M



Mezclas suelo- agua

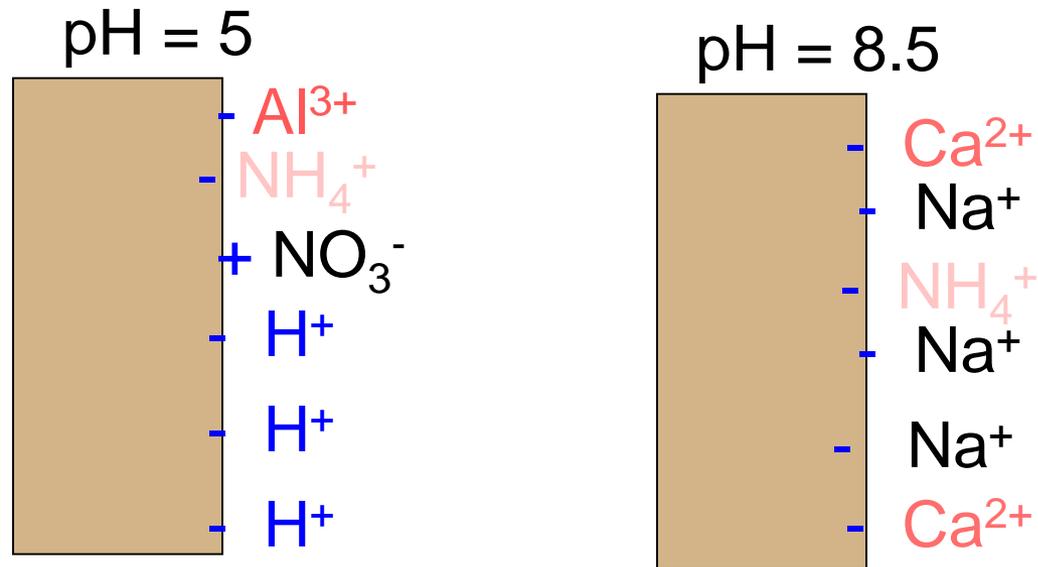
1:1 1:2 1:2.5 1:5 1:10

Retención de cationes

- Serie liotrópica:

Fuerte

débil



La disponibilidad de nutrientes depende de los otros cationes y de las condiciones de precipitación

Suelos afectados por sales

- Contenido de sales solubles (ppm)
- Porcentaje de sodio intercambiable (**PSI**)
- Relación de adsorción de sodio (**RAS**)
 - Se estima mediante algoritmo que considera contenidos de Ca, Mg, Na (int)
- Contenido de elementos tóxicos (Boro, Cloruro, Sodio)

Contenidos de sales en los suelos

Salinidad (CE, dS/m)	Respuesta de cultivos
0-2	Efecto de la salinidad despreciables (porotos)
2-4	Pueden disminuir rendimientos de cultivos muy sensibles
4-8	Disminución de rendimiento. En muchos cultivos (maíz)
8-16	Solo tolerantes (trigo, remolacha)
16	Muy tolerantes (cebada)

Porcentaje de Sodio intercambiable

$$PSI = \frac{[Na^+]}{CIC}$$

- Se considera crítico $PSI > 15\%$

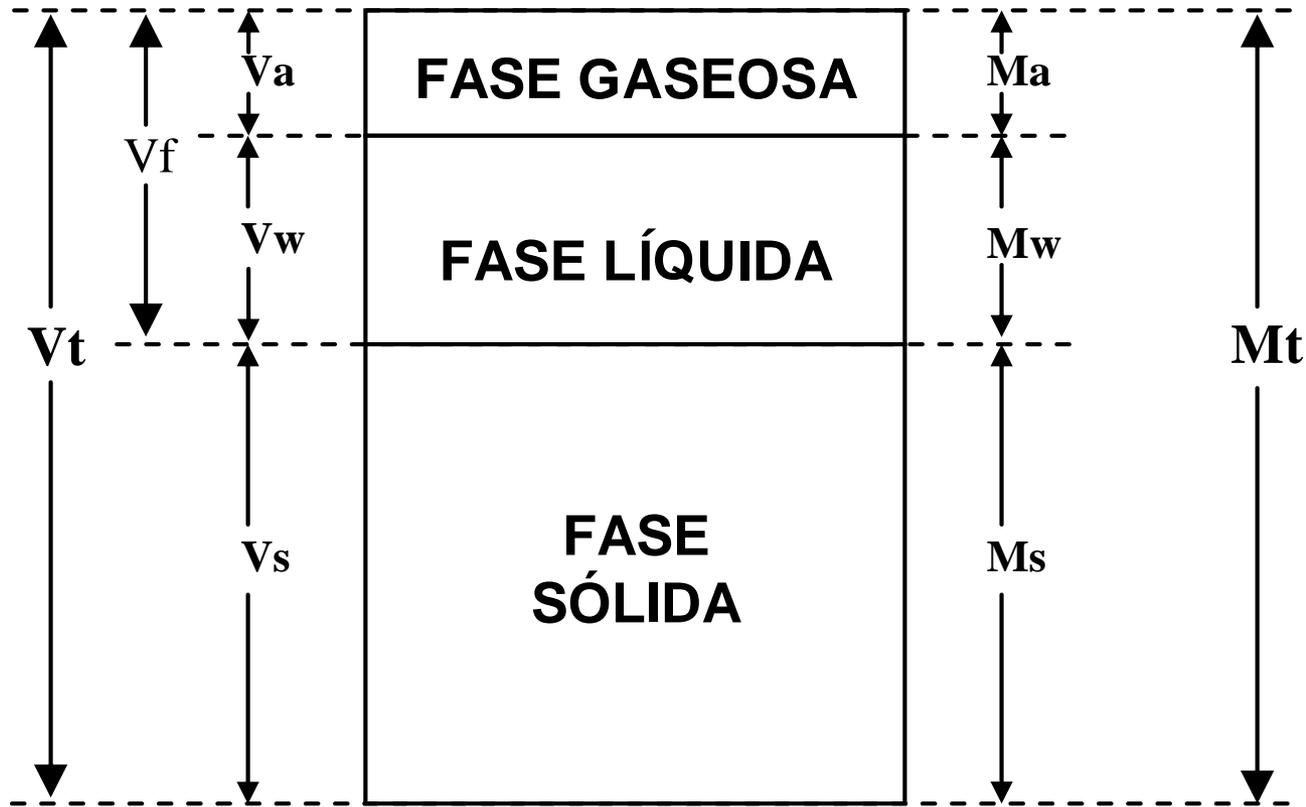
Relación de adsorción de sodio

- El Calcio tiene un efecto contrario sobre la dispersión del suelo. Favorece los enlaces
- El Sodio tiene un efecto dispersante

$$RAS = \frac{[Na^+]}{\sqrt{([Ca^{+2}] + [Mg^{+2}]) / 2}}$$

Se considera crítico $RAS > 13$

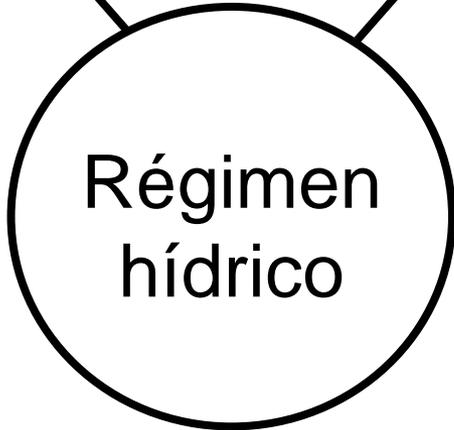
BALANCE HÍDRICO DEL SUELO



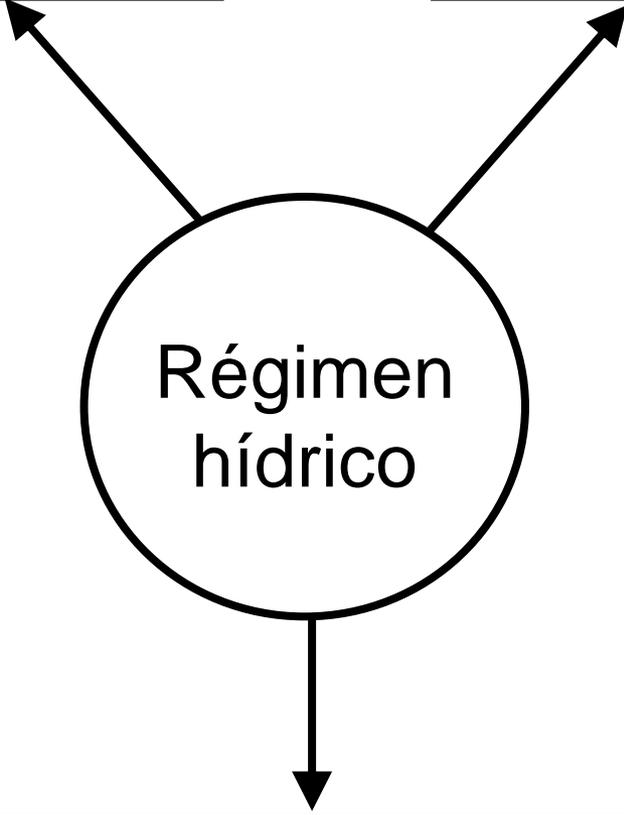
Conceptos de contenido de agua, densidad aparente, porosidad.....

Condición térmica

Condición de aireación



Condición mecánica



Métodos directos

- Gravimétrico (basado en la masa):

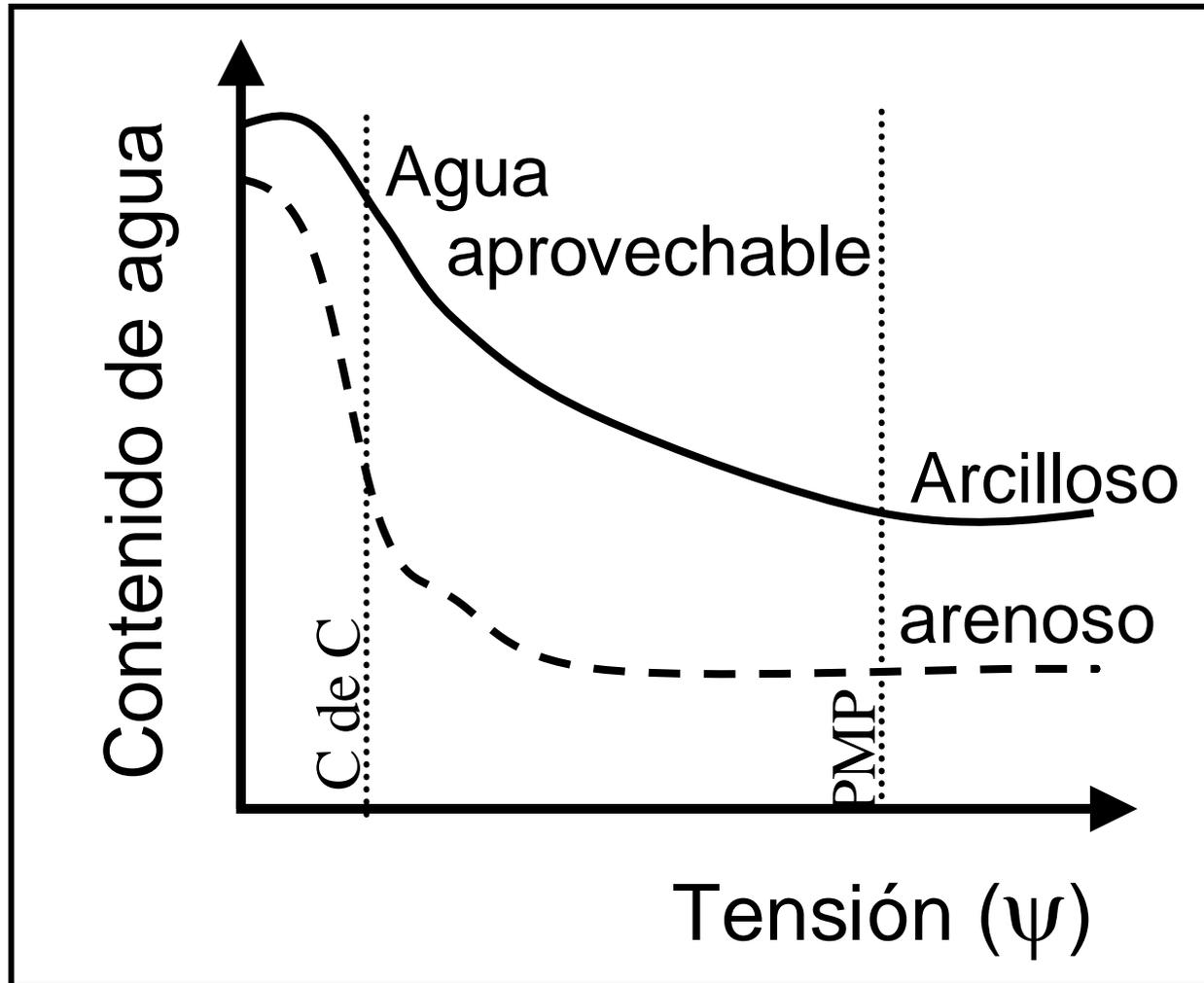
$$\text{Masa agua} / \text{Masa suelo} \quad [\text{g g}^{-1}]$$

- Volumétrico (basado en el volumen):

$$\text{Volumen agua} / \text{Volumen de suelo} \quad [\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}]$$

Métodos indirectos

La Curva Característica del suelo y su relación con el suministro de agua para los vegetales



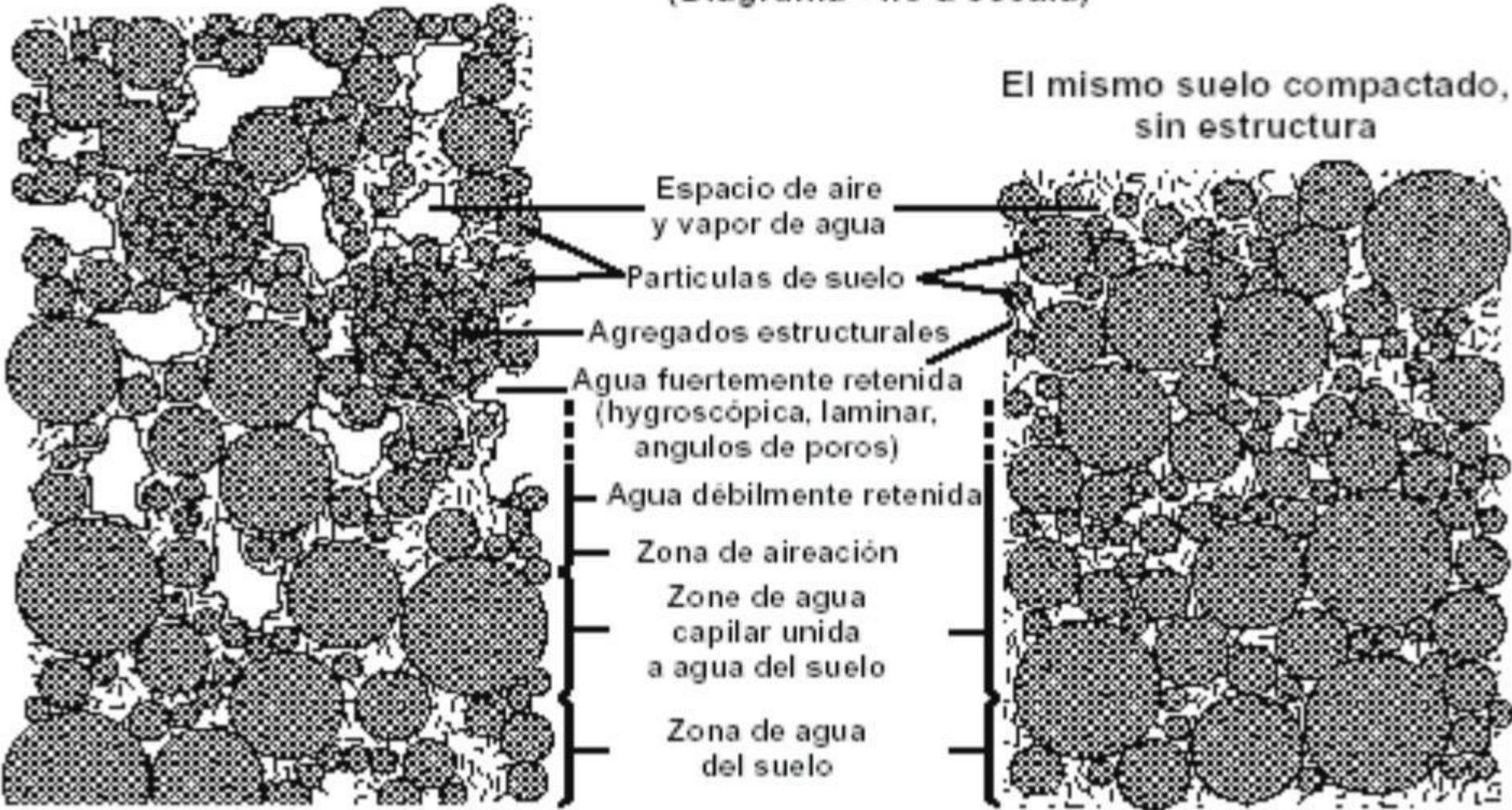
Cantidad de agua almacenada por el suelo

- Profundidad
- Textura
- Estructura (compactación)
- M.O.
- Capas limitantes (NF, discontinuidades)
- Pendiente
- Gravas

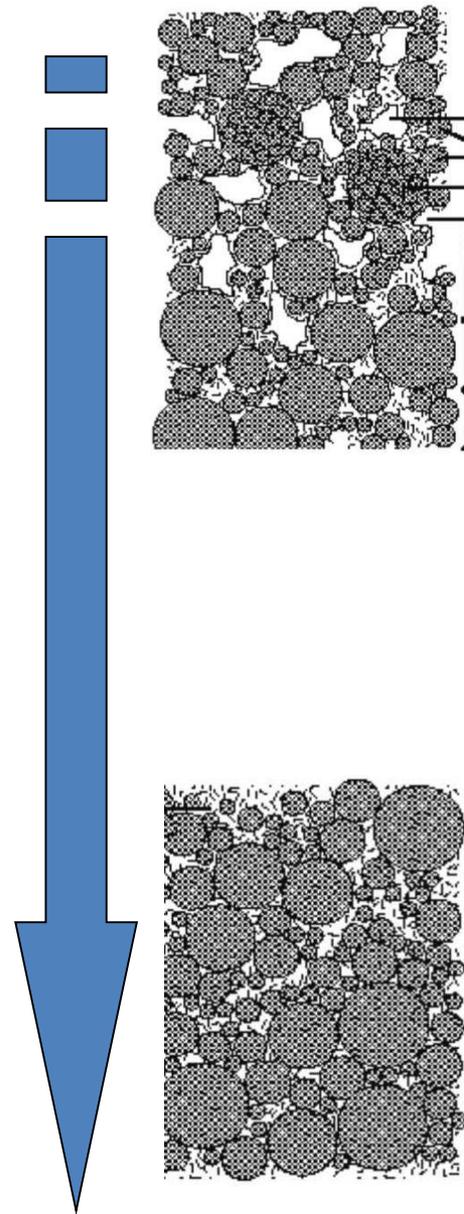
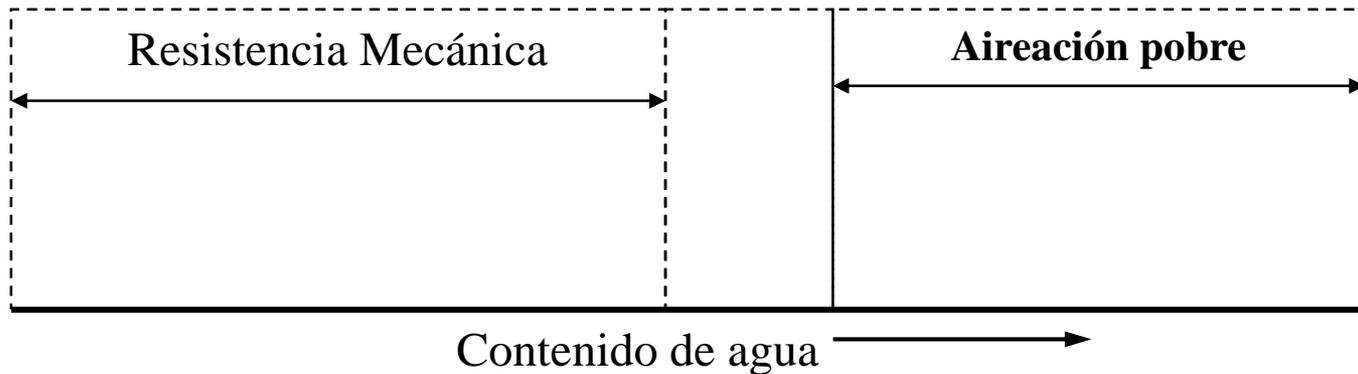
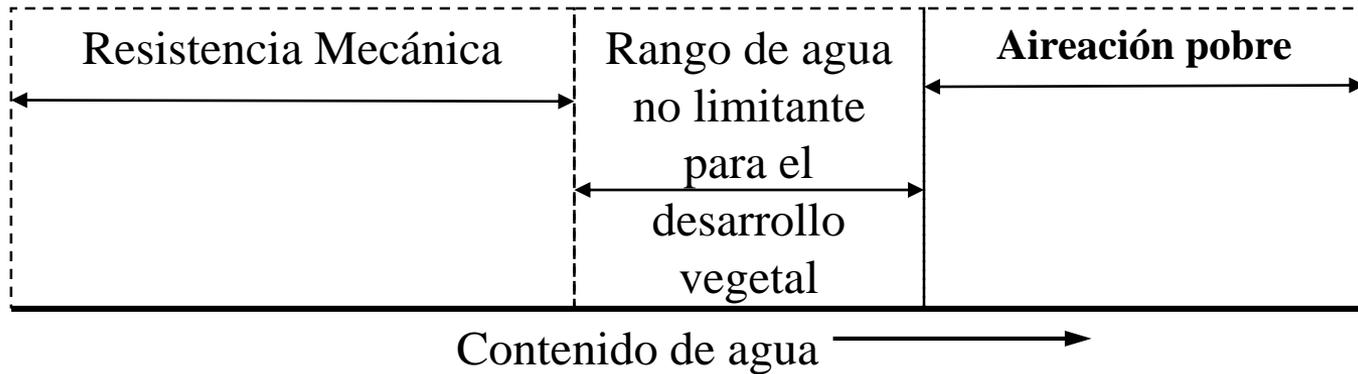
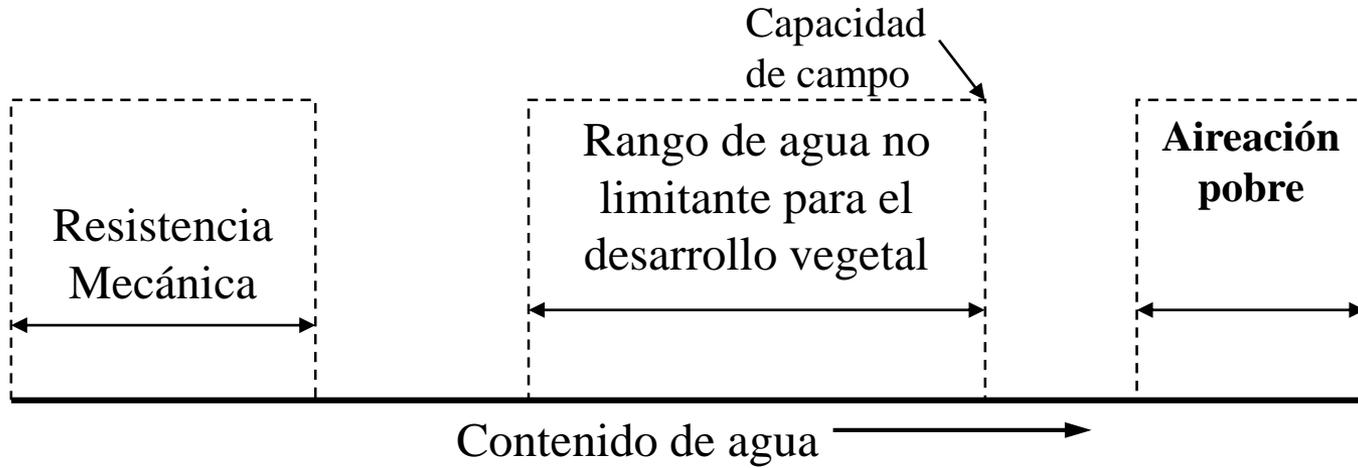
Suelos con buena estructura

(Diagrama - no a escala)

El mismo suelo compactado,
sin estructura

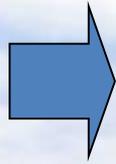


(Shaxon *et al.*, 1989)



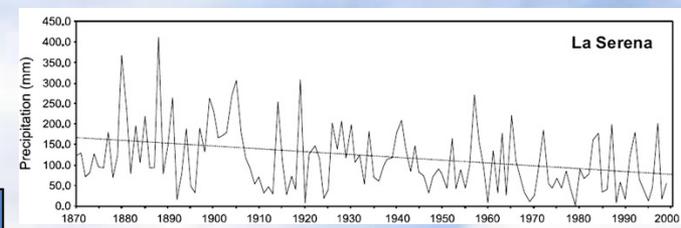
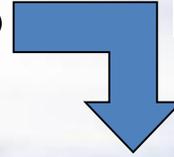
Aumento de compactación

SEQUÍA



Cantidad (monto, momento)

Eficiencia de uso



- Aumentar productividad por unidad de agua
- Disminuir pérdidas de agua desde el suelo
 - Incrementar el uso efectivo de agua



Manejo del suelo para mejorar relaciones hídricas



¿Hasta qué punto podemos hacer (ab)uso de la tecnología de suelo?





6187700

Resistencia bajo la zona arada en un campo con monocultivo de maíz.

6187600

6187500

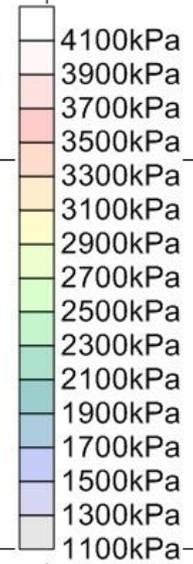
6187400

282450

282550

282650

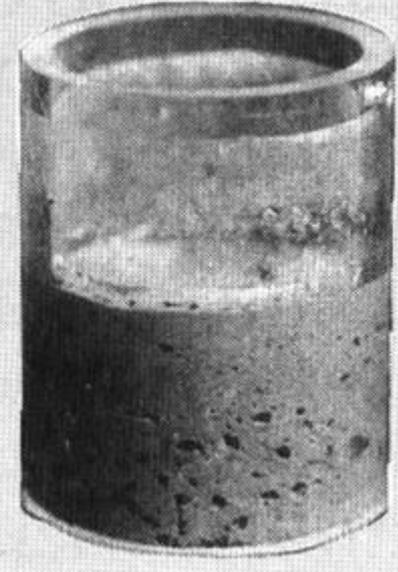
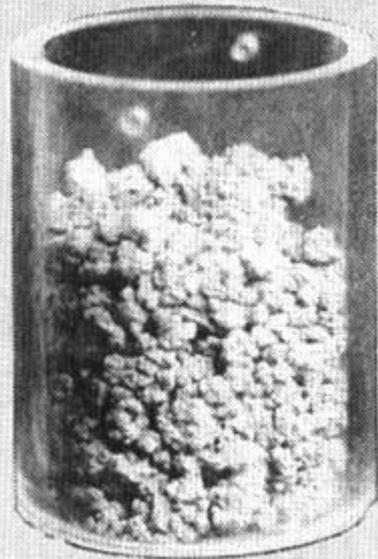
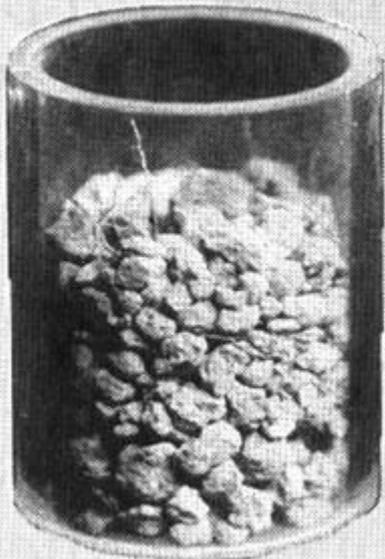
282750



Efecto de la MO en la estabilidad estructural

ANTES DE HUMEDECER

DESPUÉS DE HUMEDECER

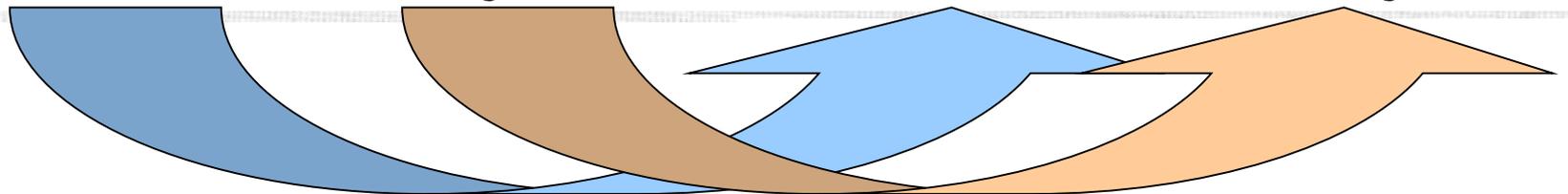


Alta MO

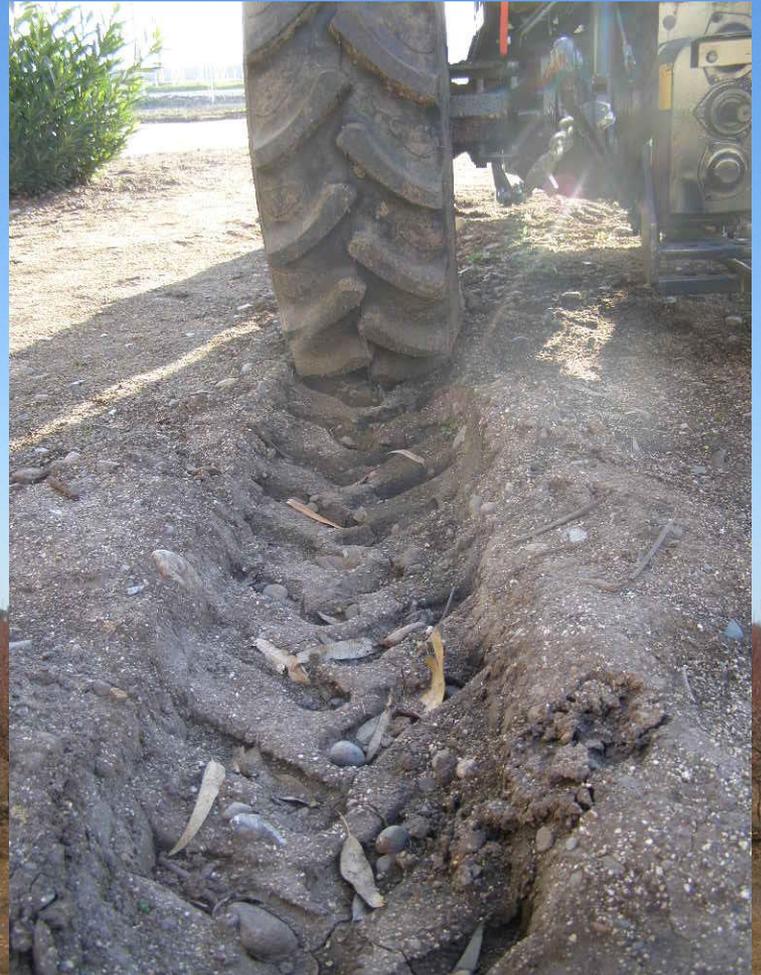
Baja MO

Alta MO

Baja MO

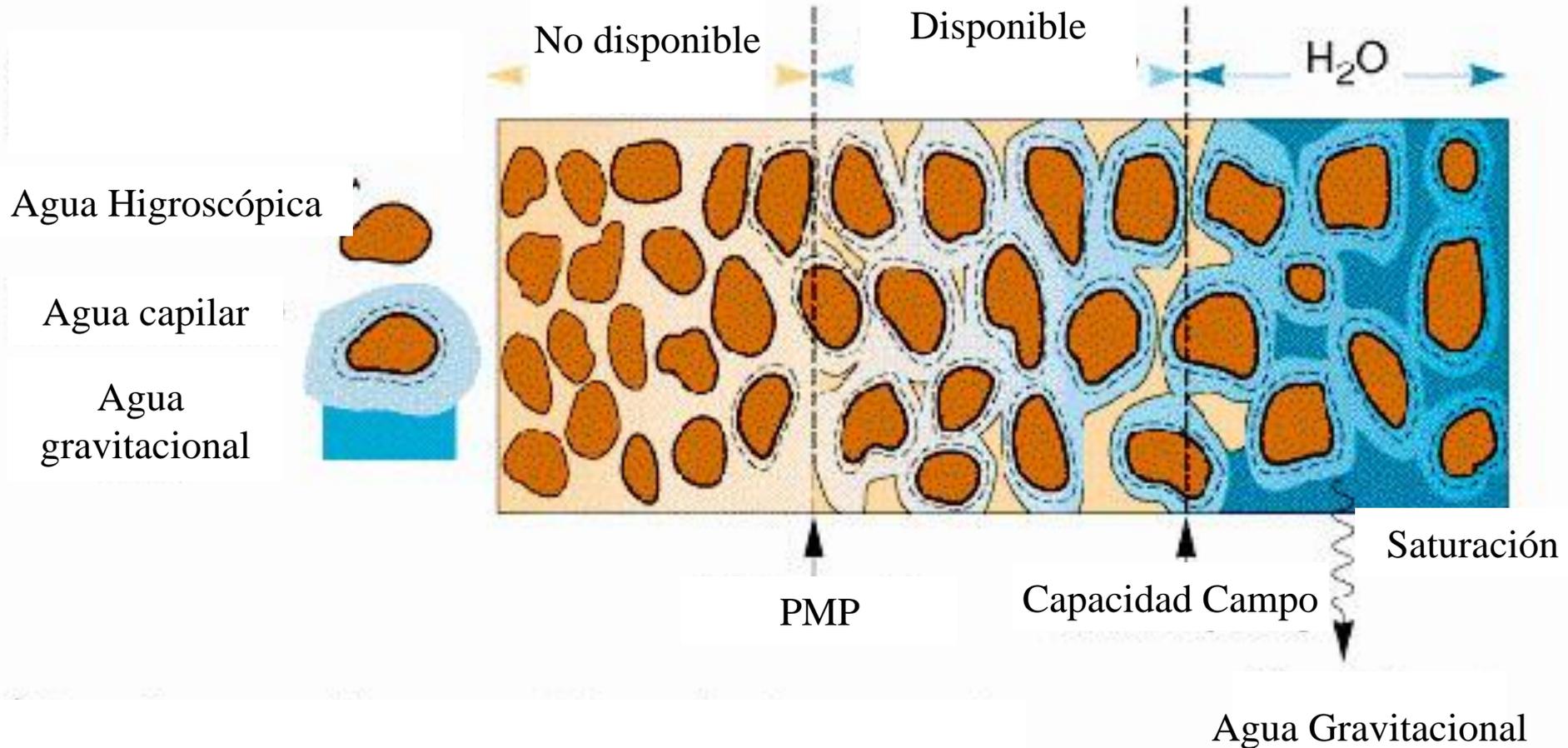


(Brady and Weil. 2000)



Retención de agua

Disponibilidad de agua en el suelo (aumenta) →

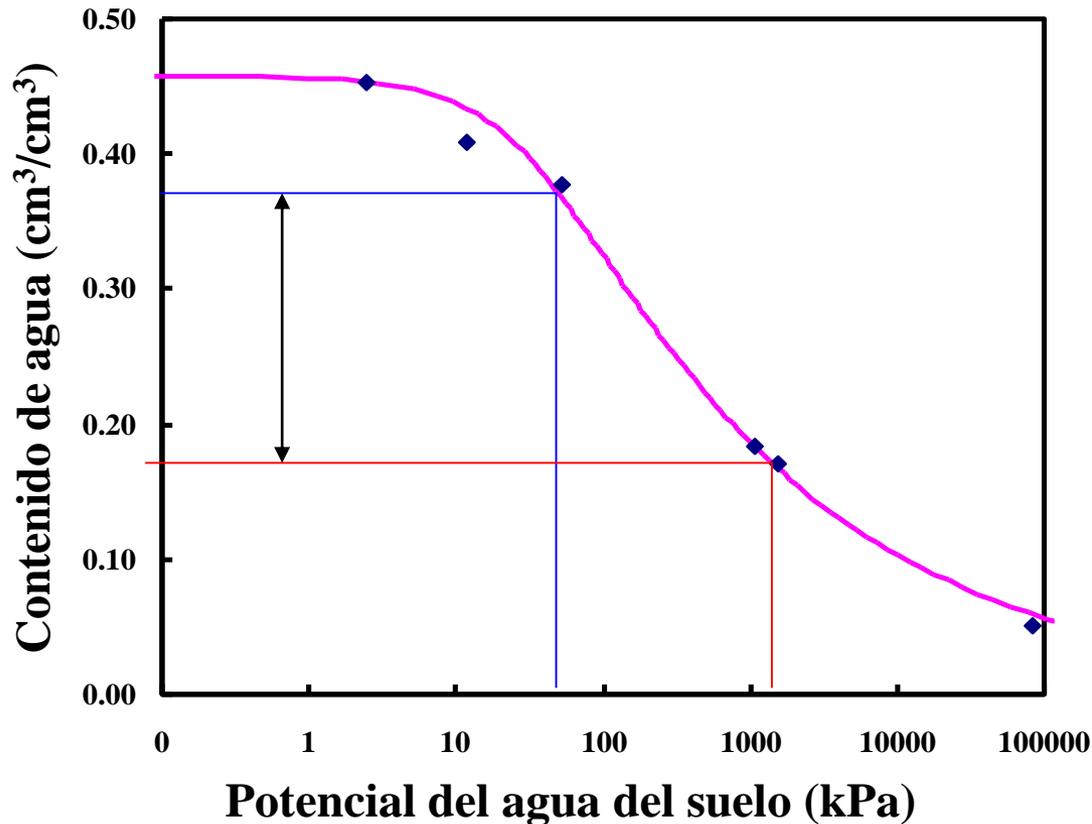


Agua disponible o aprovechable

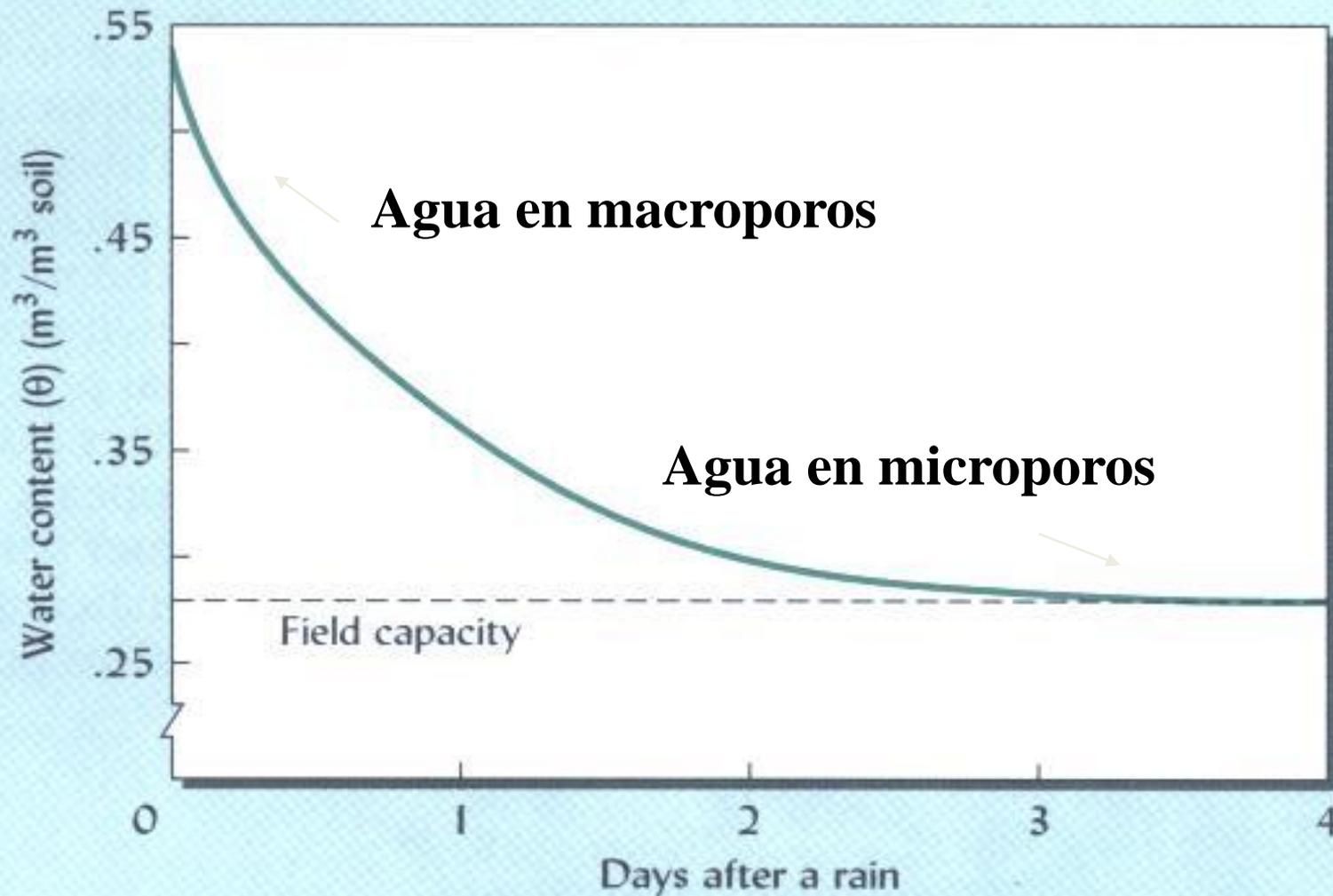
• **Capacidad de campo** ~ 33 kPa

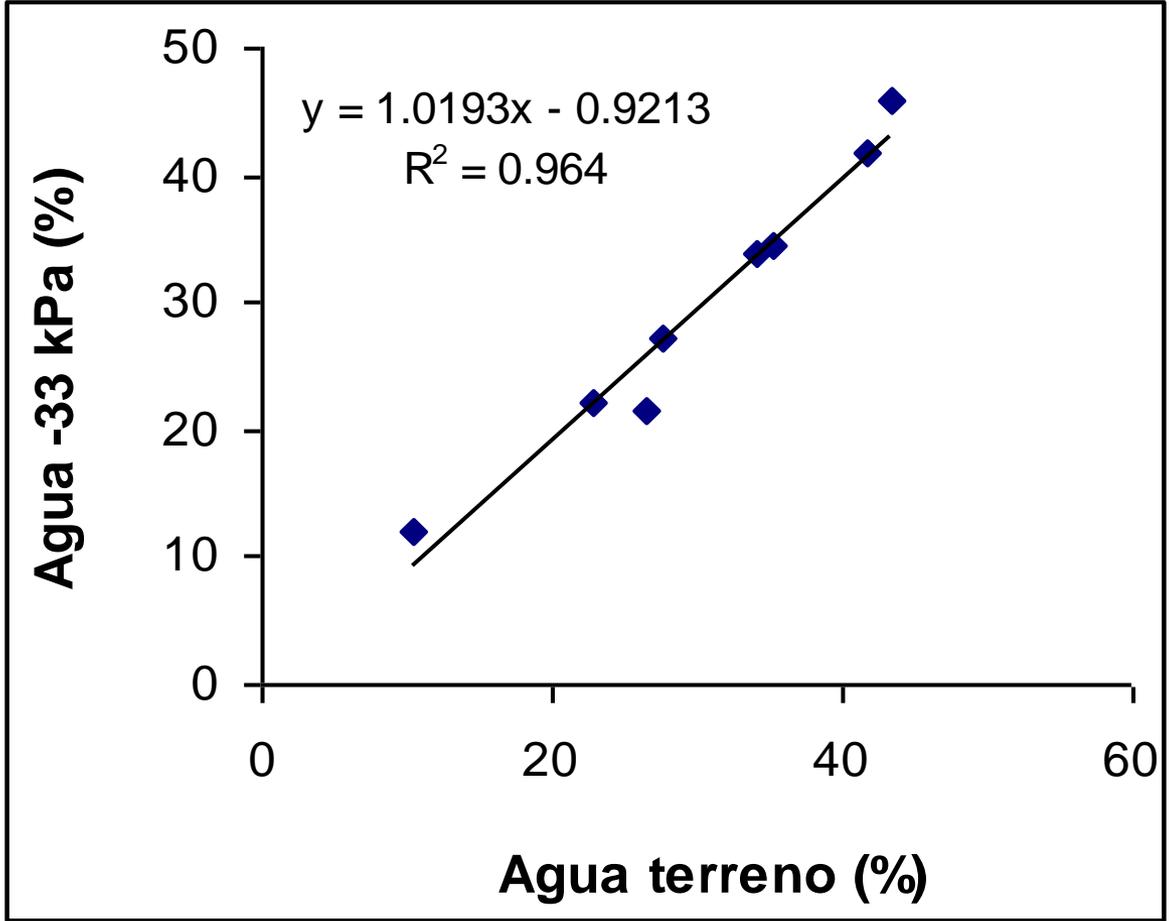
• **Marchitez permanente** ~ 1500 kPa

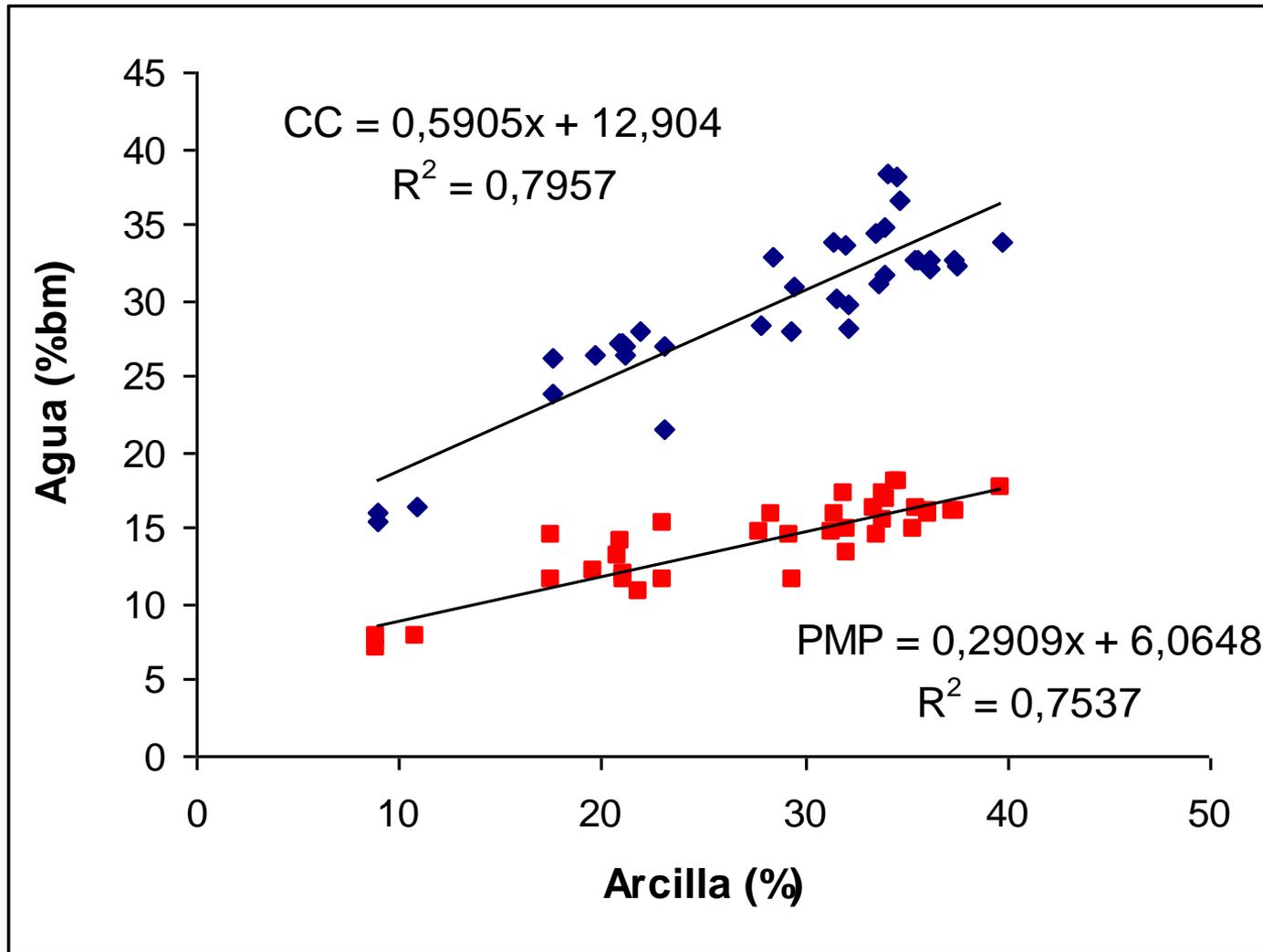
} **Agua aprovechable**



Capacidad de campo

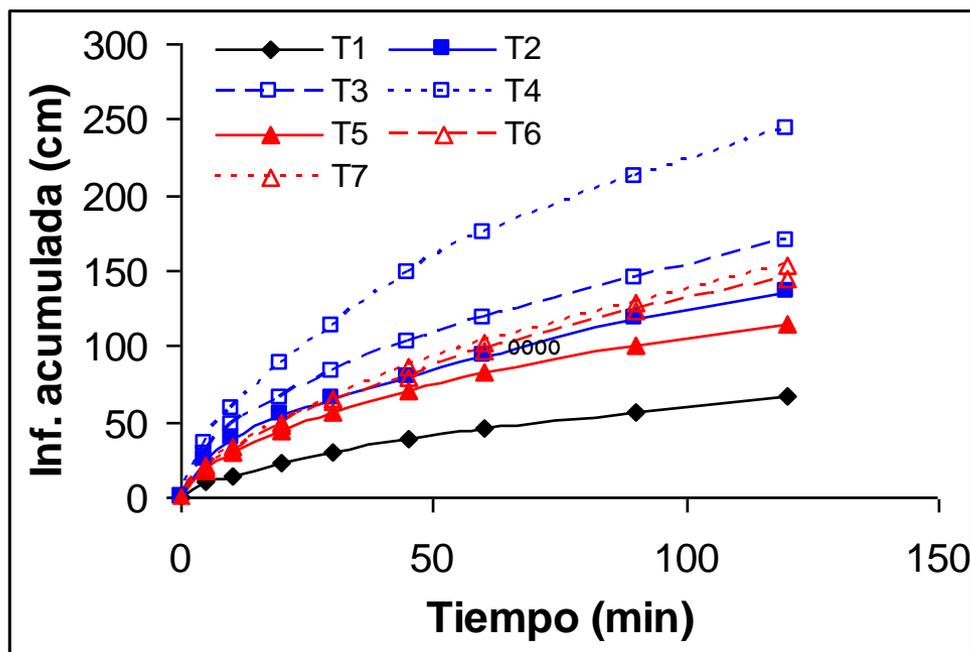






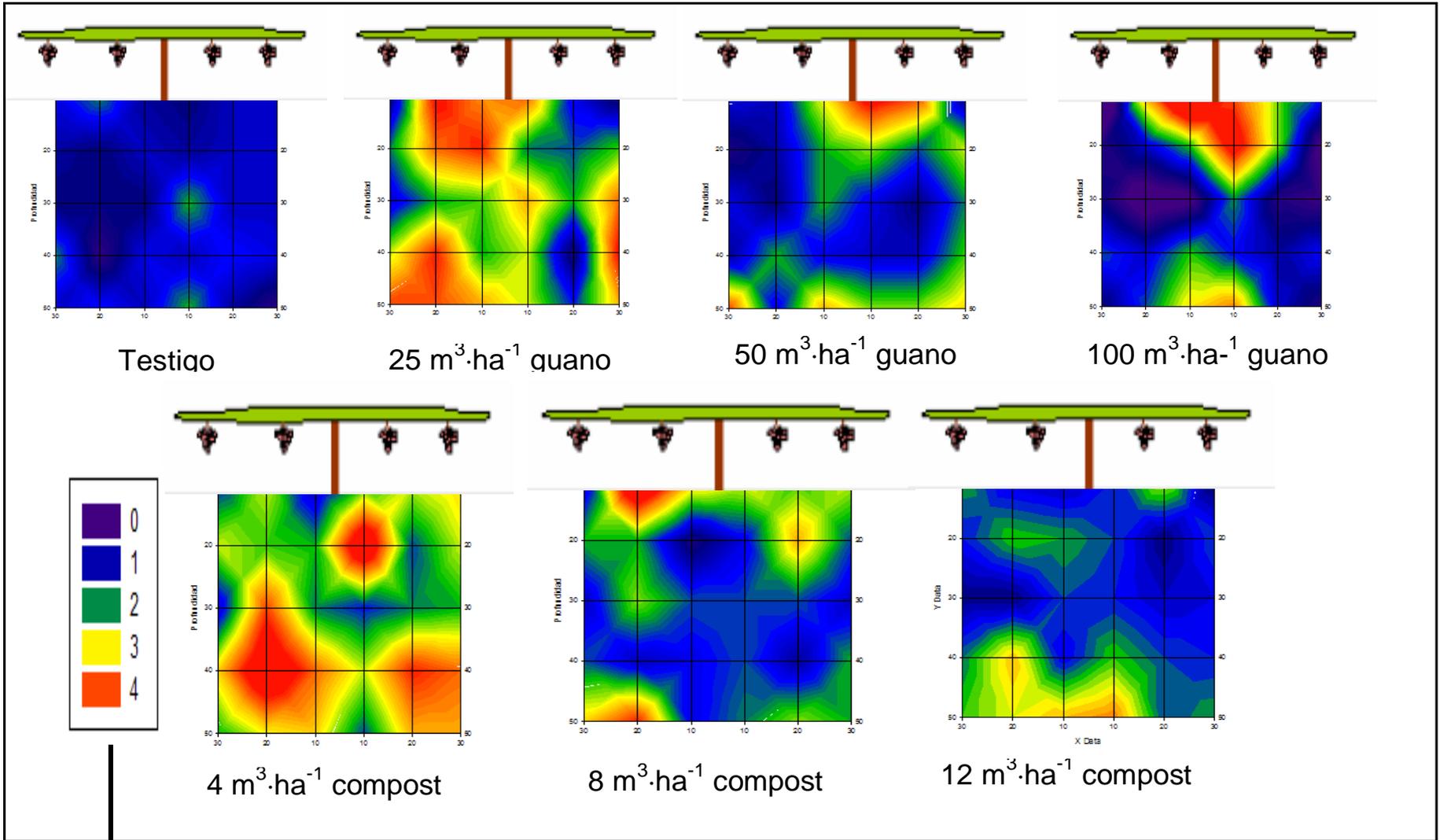
OJO: Criterios de frecuencia y monto de riego

En suelos pedregosos, necesariamente se requiere el uso de enmiendas sólidas.

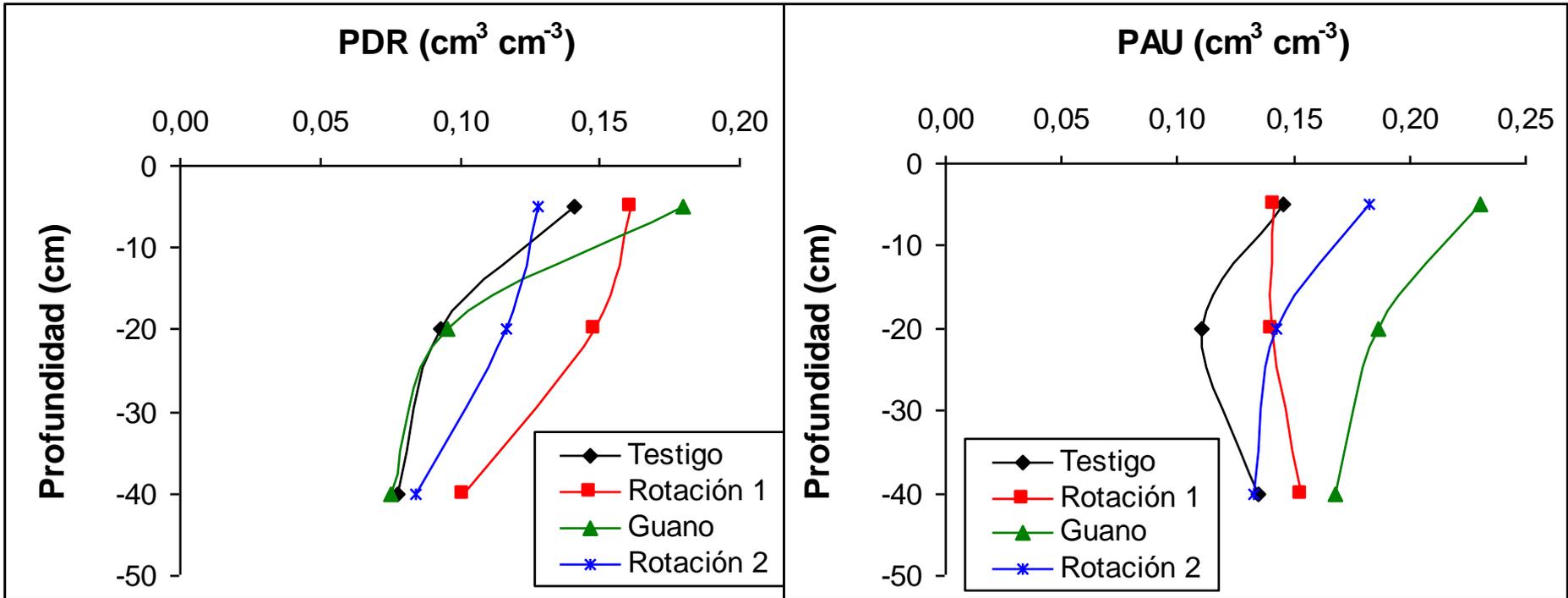


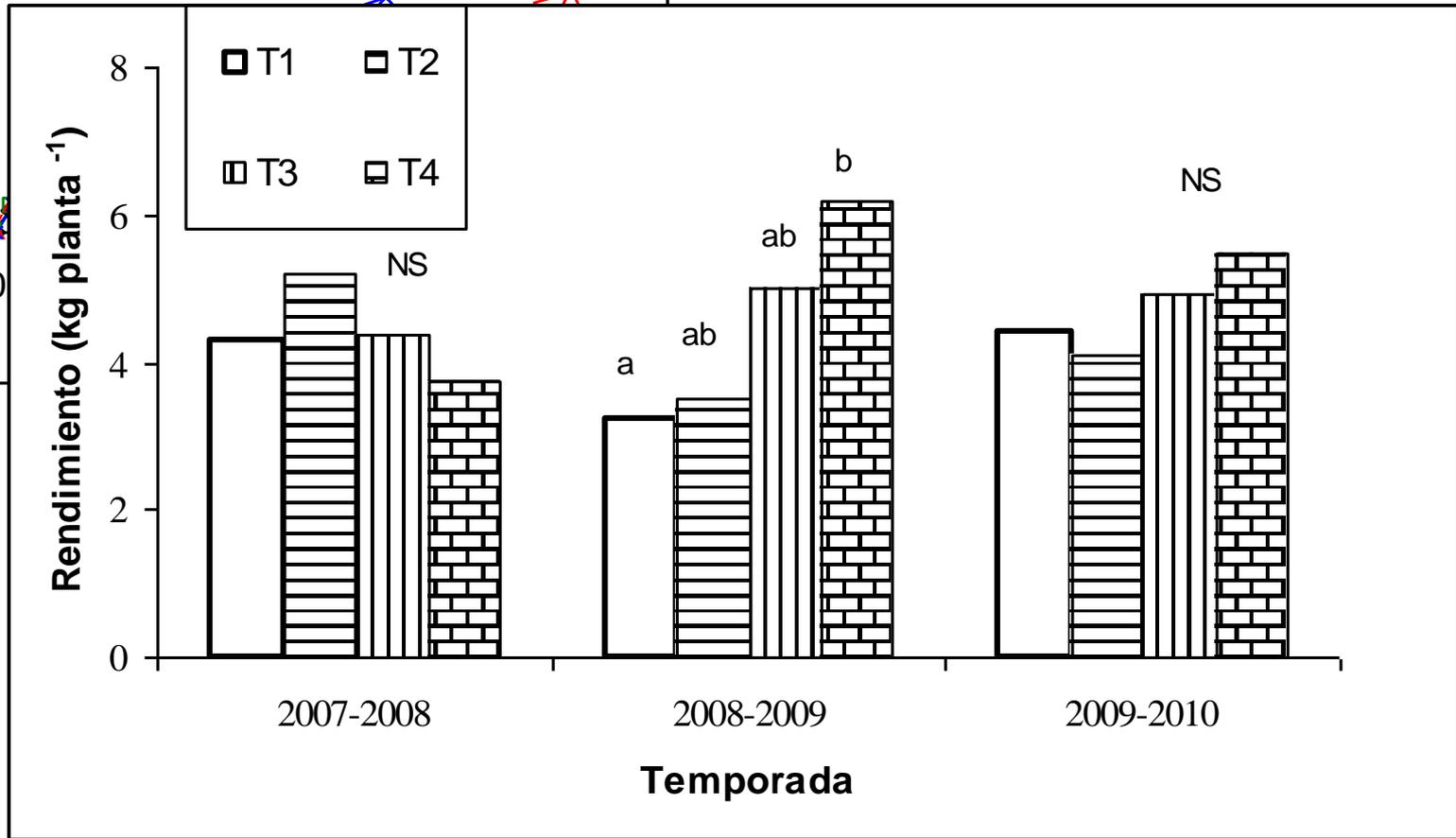
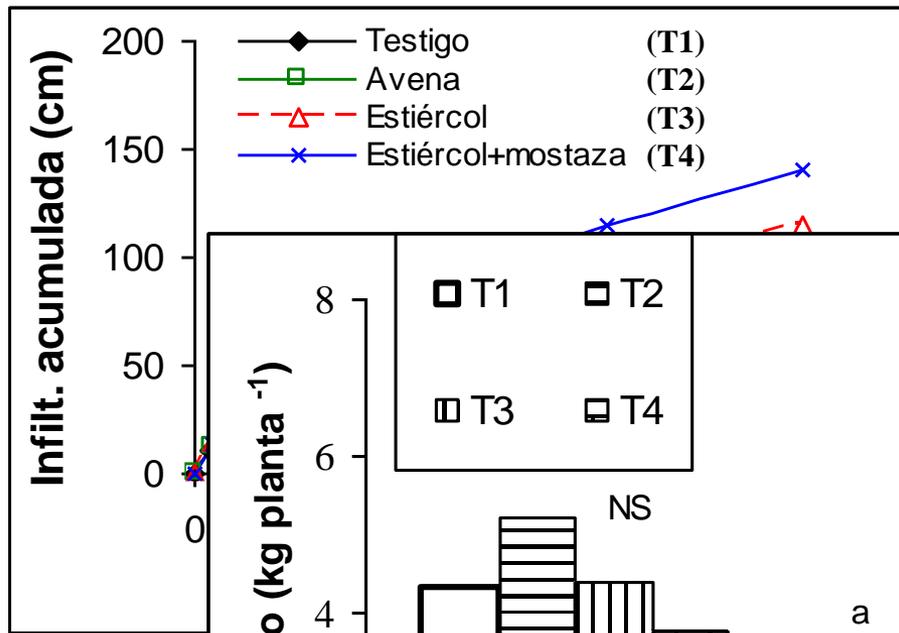
Tratamiento		Da (Mg/m ³)	CC (% base volumen)	PMP
T1	Testigo (sin enmienda)	1.39	25.6	12.9
T2	25 m ³ / ha de guano	0.80	31.8	18.9
T3	50 m ³ / ha de guano	0.75	32.9	24.8
T4	100 m ³ / ha de guano	0.50	39.0	29.6
T5	4 m ³ / ha de compost	1.07	32.5	18.6
T6	8 m ³ / ha de compost	0.94	32.1	21.5
T7	12 m ³ / ha de compost	0.86	34.6	24.2

Efecto en el crecimiento de raíces:



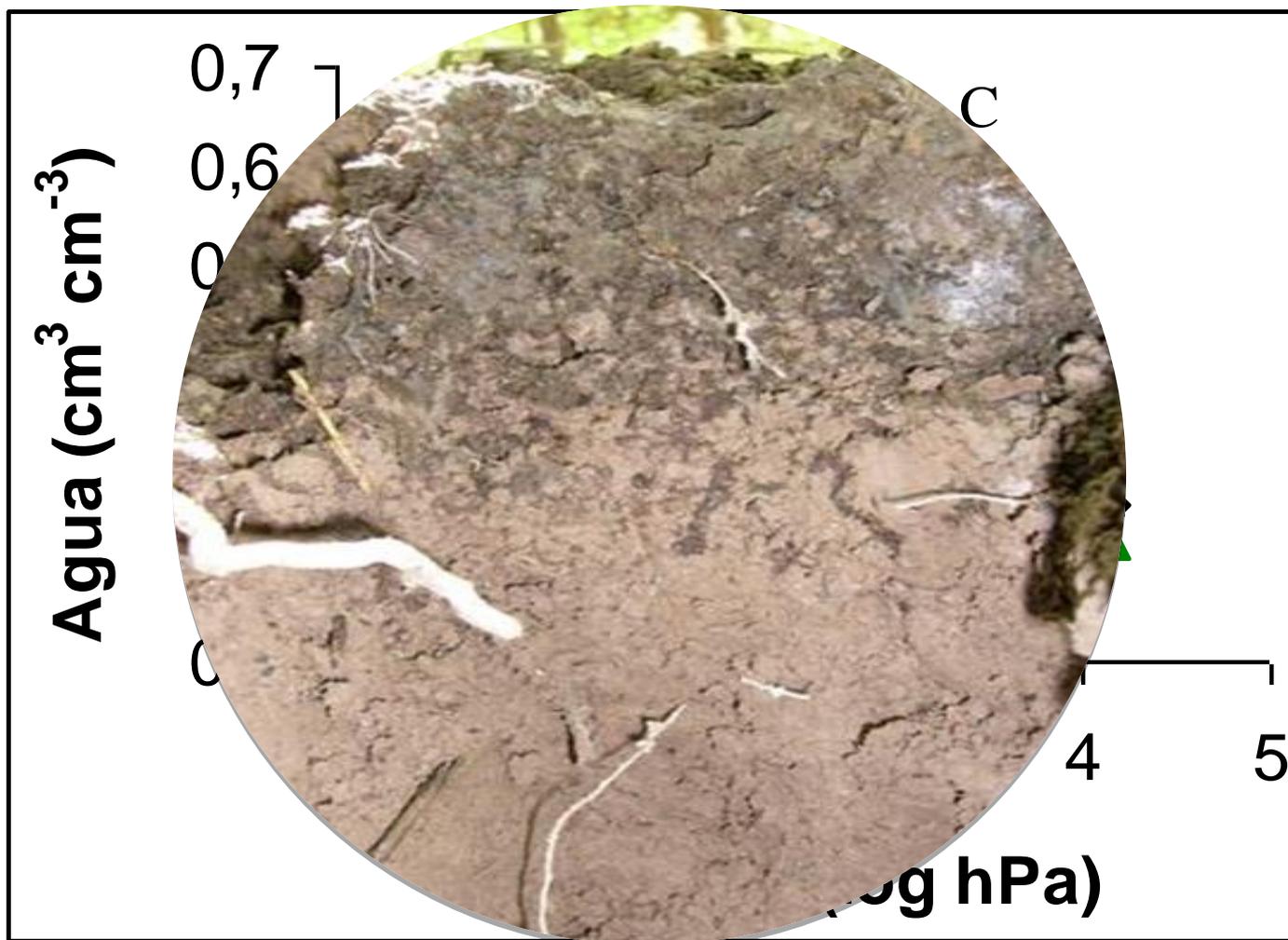
Nº de raíces por dm²



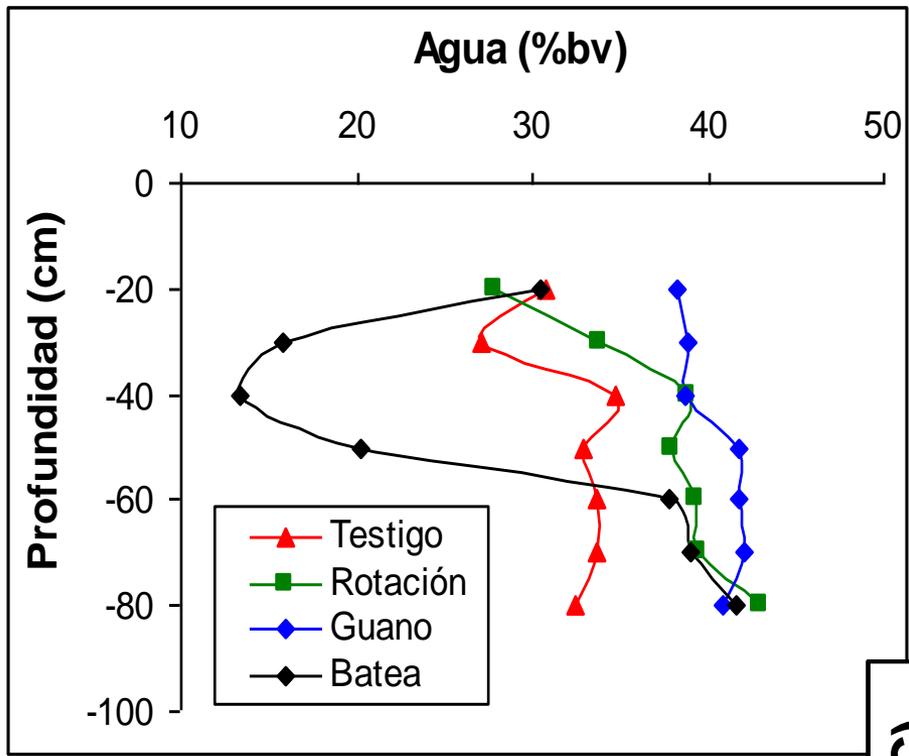


(Valenzuela, 2012)

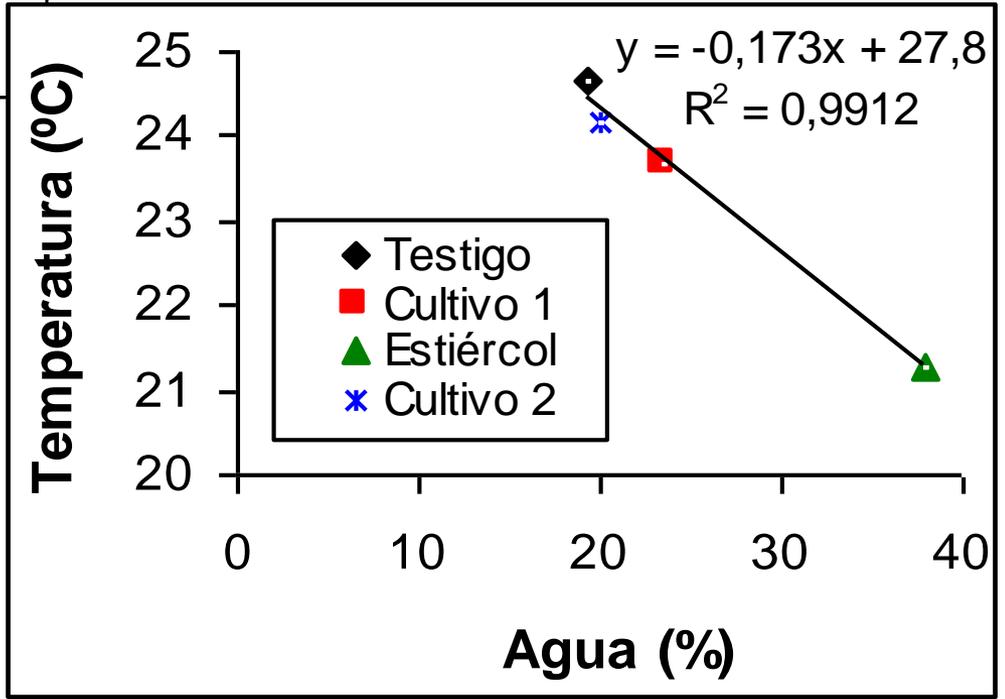
En suelos de textura fina, las opciones de enmienda son mayores, pero no existe una que destaque por sobre las otras.



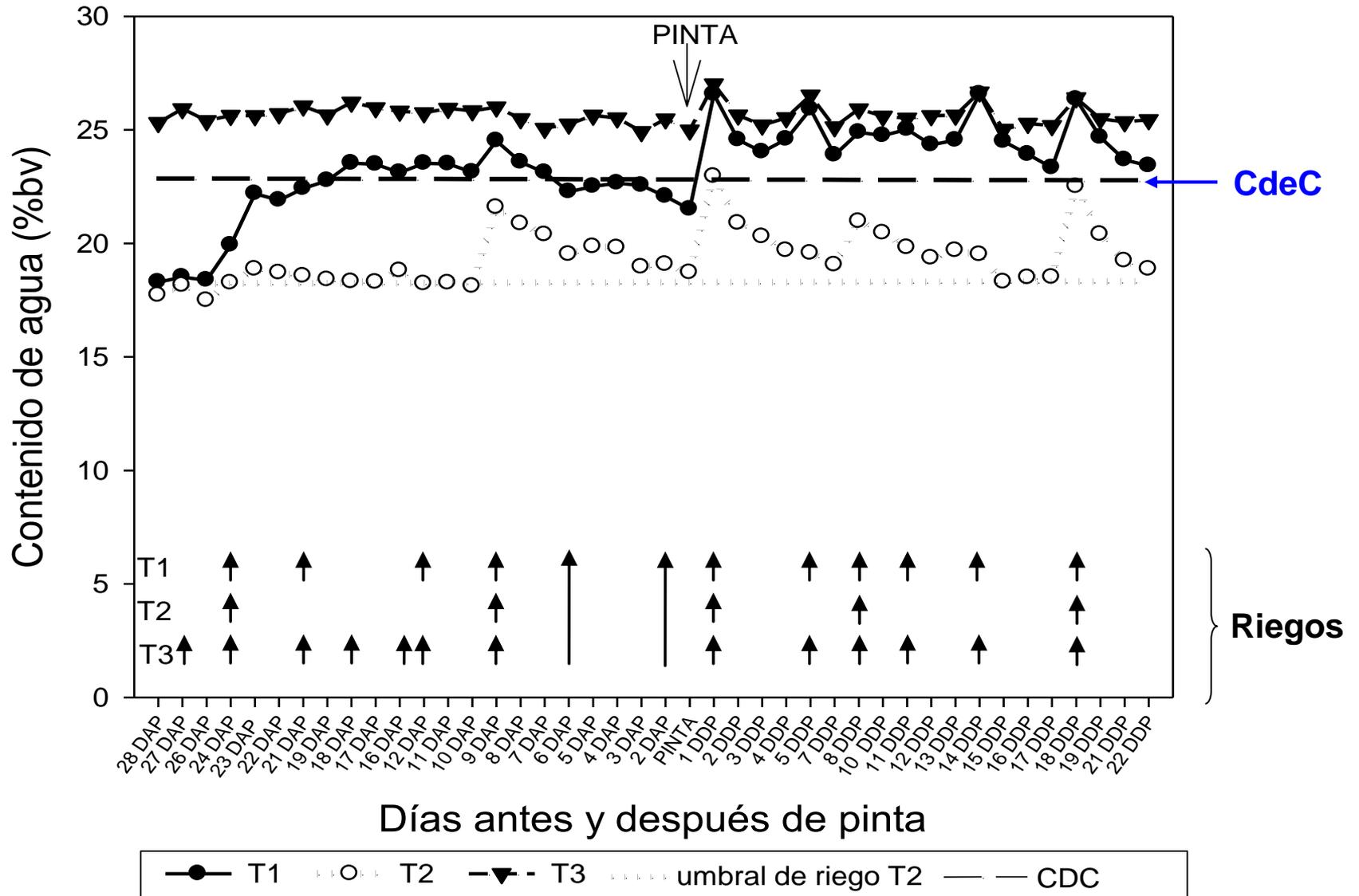
(Suelo franco arcilloso en Copiapó, muestras superficiales. Bajo 20 cm de profundidad el efecto desaparece).



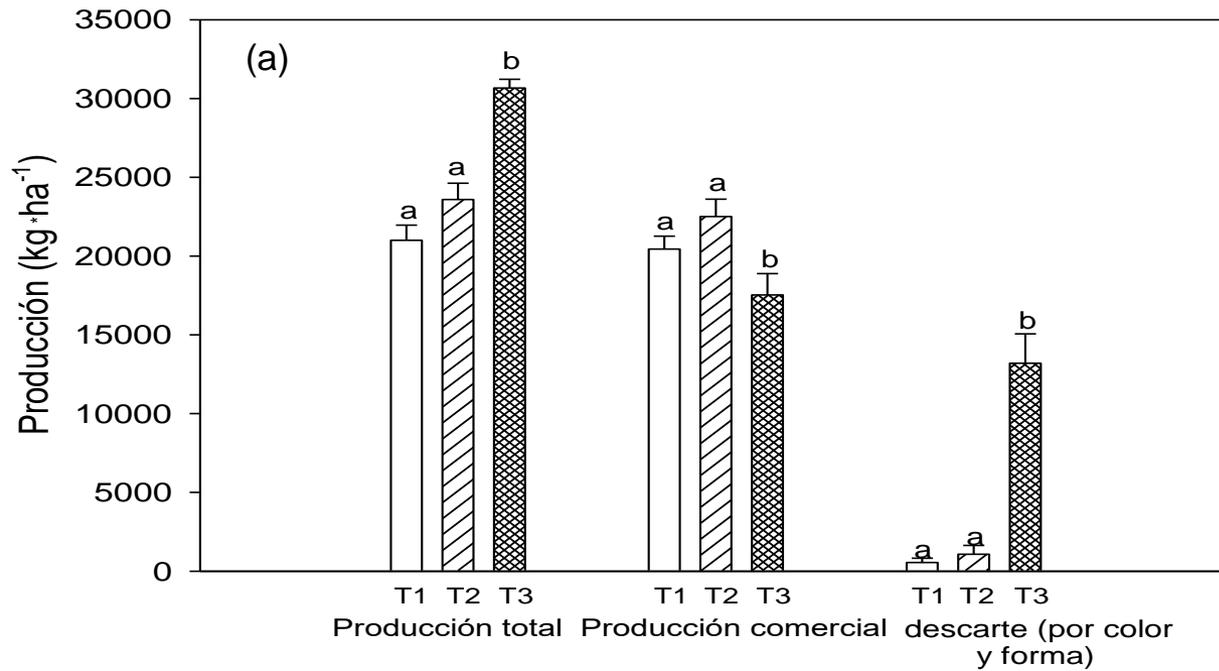
←
Contenido de agua después de un riego



Monitoreo como criterio de riego



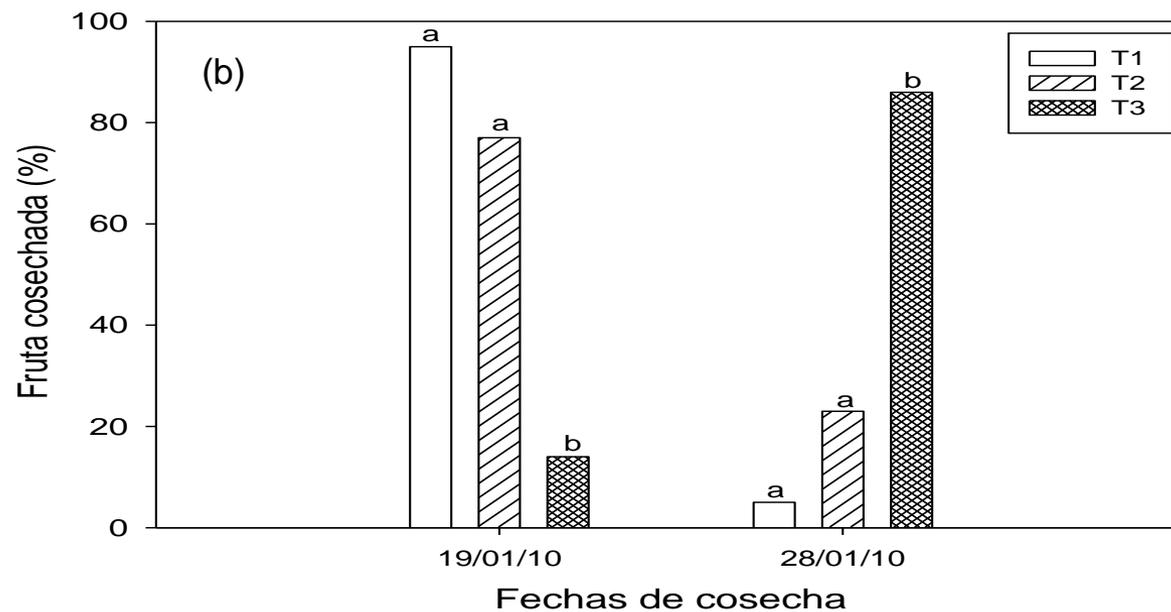
T1: Criterios fisiológicos de la planta; T2: Según agua del suelo; T3: Criterio del campo



T1: Criterios fisiológicos de la planta

T2: Según agua del suelo

T3: Criterio del campo



Cuadro 2. Cantidad de agua utilizada en el ensayo, peso de poda, calibre de baya y sólidos solubles al momento de la cosecha.

Tratamiento	Agua utilizada	Peso de poda	Calibre de baya	Sólidos solubles
	m ³ •ha ⁻¹	kg/planta	mm	°Brix
1	 4.552	1,2 ± 0,1a	23,2 ± 0,10a	19,2 ± 0,36a
2	 2.703	1,3 ± 0,2a	23,7 ± 0,13b	18,5 ± 0,18a
3	 5.833	2,0 ± 0,7a	24,2 ± 0,19c	19,1 ± 0,55a

T1=criterio fisiológico; T2= criterio suelo; T3= testigo campo.

Cuadro 3. Eficiencia del uso del agua de riego (EUAr) para distintos tratamientos de riego, expresado en kg•m⁻³ de producción total y exportable.

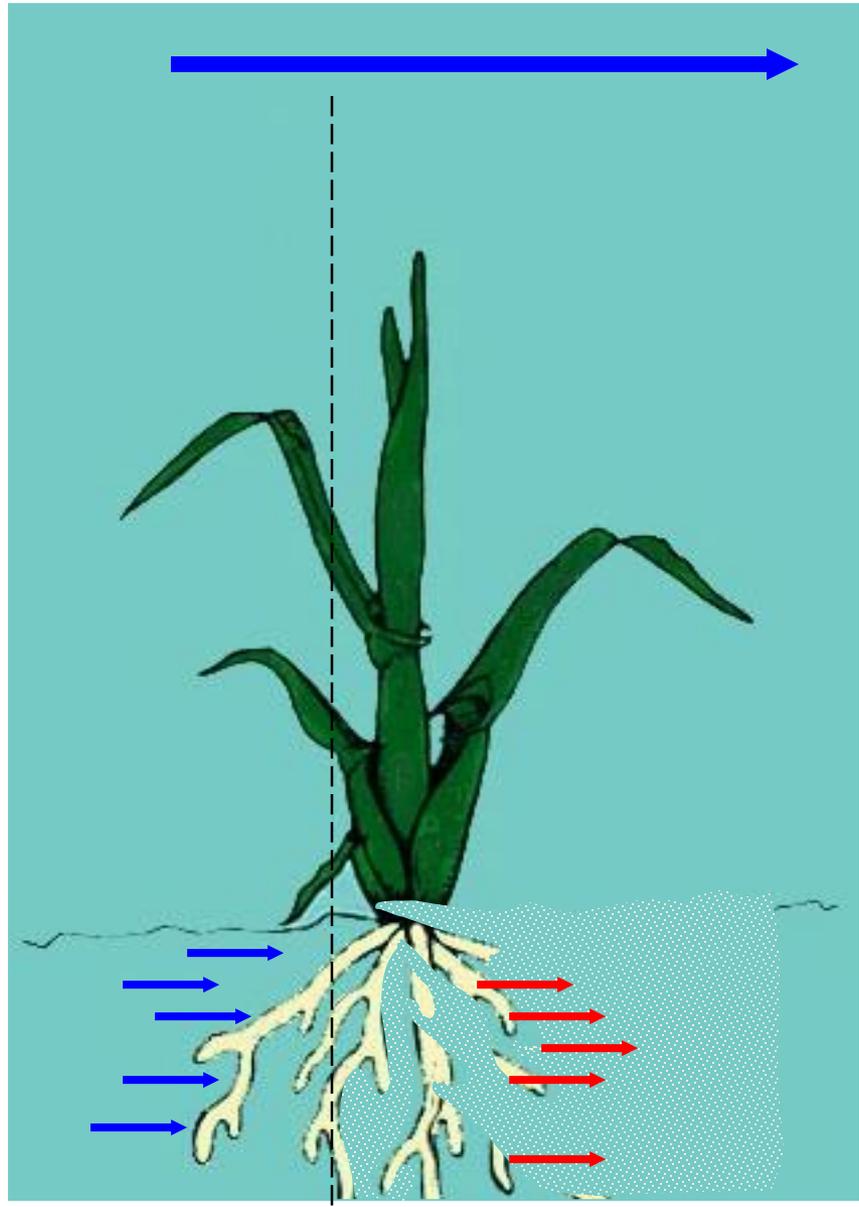
Tratamiento*	Producción total (kg•ha ⁻¹)	Cantidad de agua utilizada (m ³ •ha ⁻¹)	EUAr prod. total (kg•m ⁻³)	EUAr prod. exportable (kg•m ⁻³)
T1	20.997	4.552	4,6	4,5
T2	23.589	2.703	8,7	8,3
T3	30.663	5.833	5,3	3,0

¿Y cuál es el efecto de las sales en el suelo?

Ψ

→ -36 kPa

CE baja
(1 dS/m)



CE alta
(5 dS/m)

-180 kPa

Suelo original: PSI 40%; CE 6,7 dS m⁻¹

(Jebary, 2014)

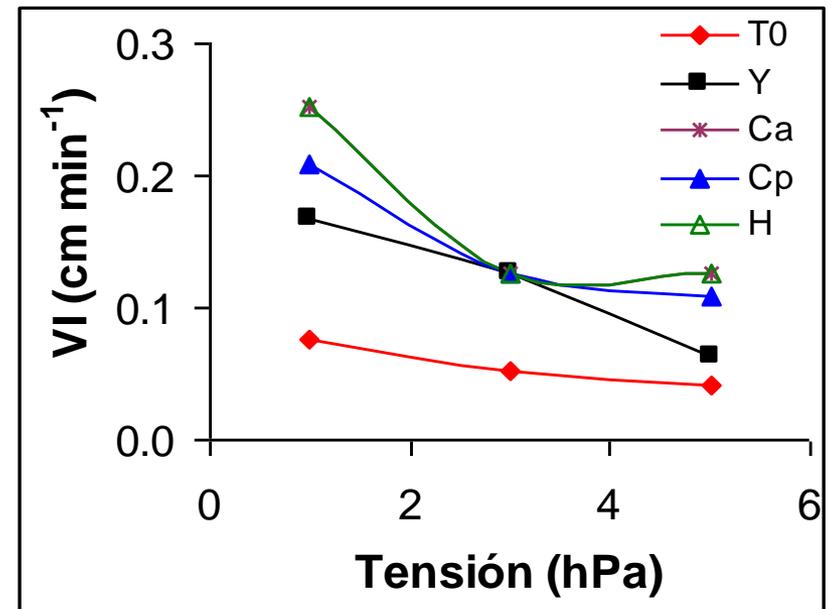
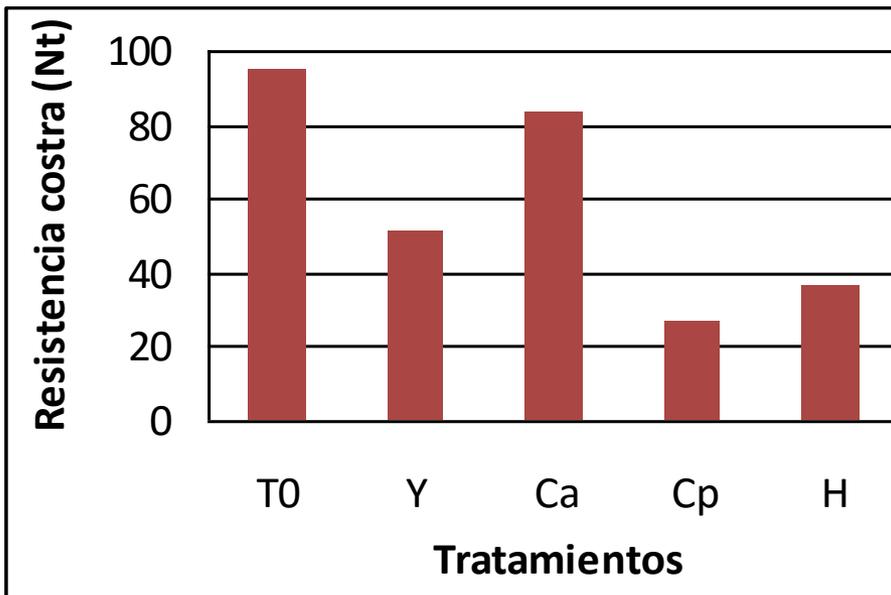
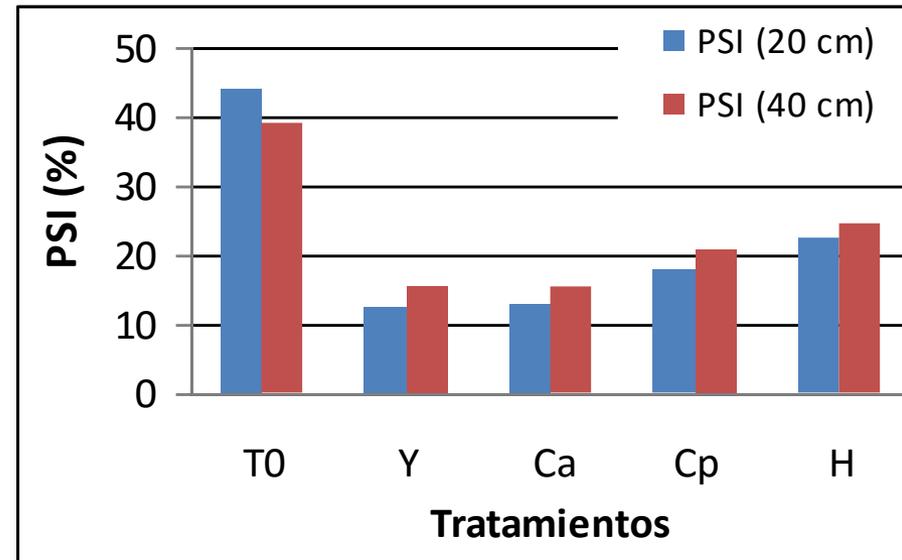
T0 : Testigo, suelo sin enmienda.

Y : Suelo con Yeso en dosis de 3,2 ton ha⁻¹.

Cp : Suelo con compost en dosis de 7,5 ton ha⁻¹.

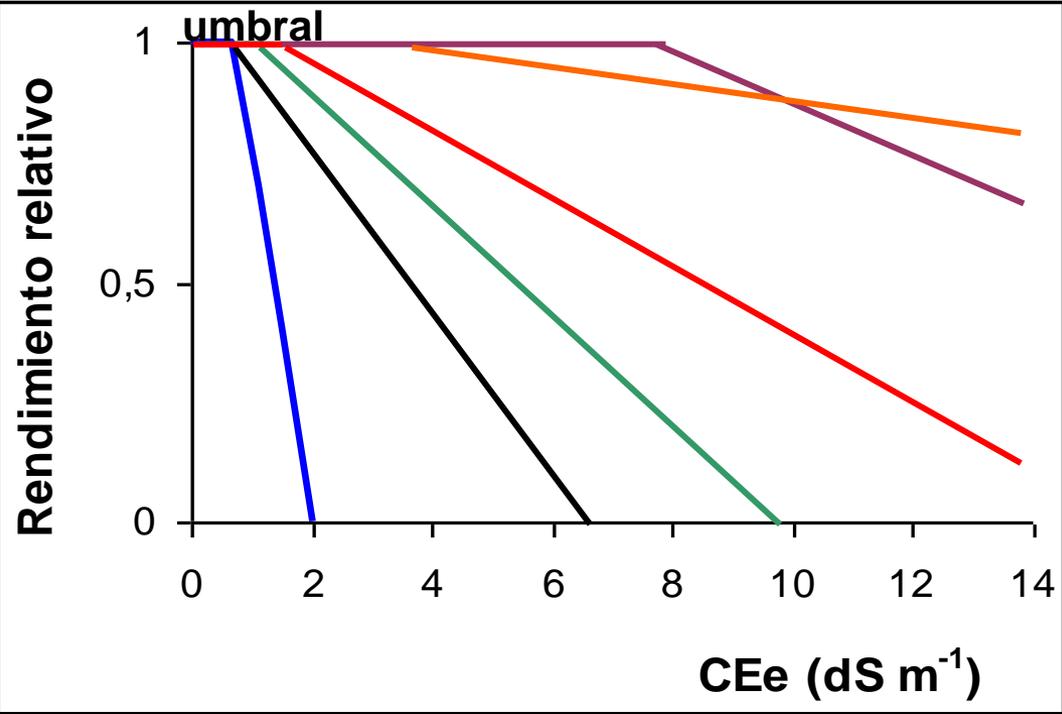
Ca : Suelo con óxido de Ca en dosis de 80 kg ha⁻¹.

H : Suelo con ácido húmico en dosis de 30 kg ha⁻¹.



Gracias por su atención





- Palto
- Poroto
- Avena
- Alfalfa
- Uva
- Espárrago

Funciones de producción

