

Diferenciación y aptitud de uso de los suelos salino-sódicos

Miguel A. Taboada
Instituto de Suelos, CIRN, INTA

**Suelos salinos. AER Laboulaye, Córdoba
23 de julio de 2010**

¿dónde y por qué?

Salinización del suelo

Superficie del suelo

Vía seca (vientos desde áreas salinas y salitrales o desde el mar)

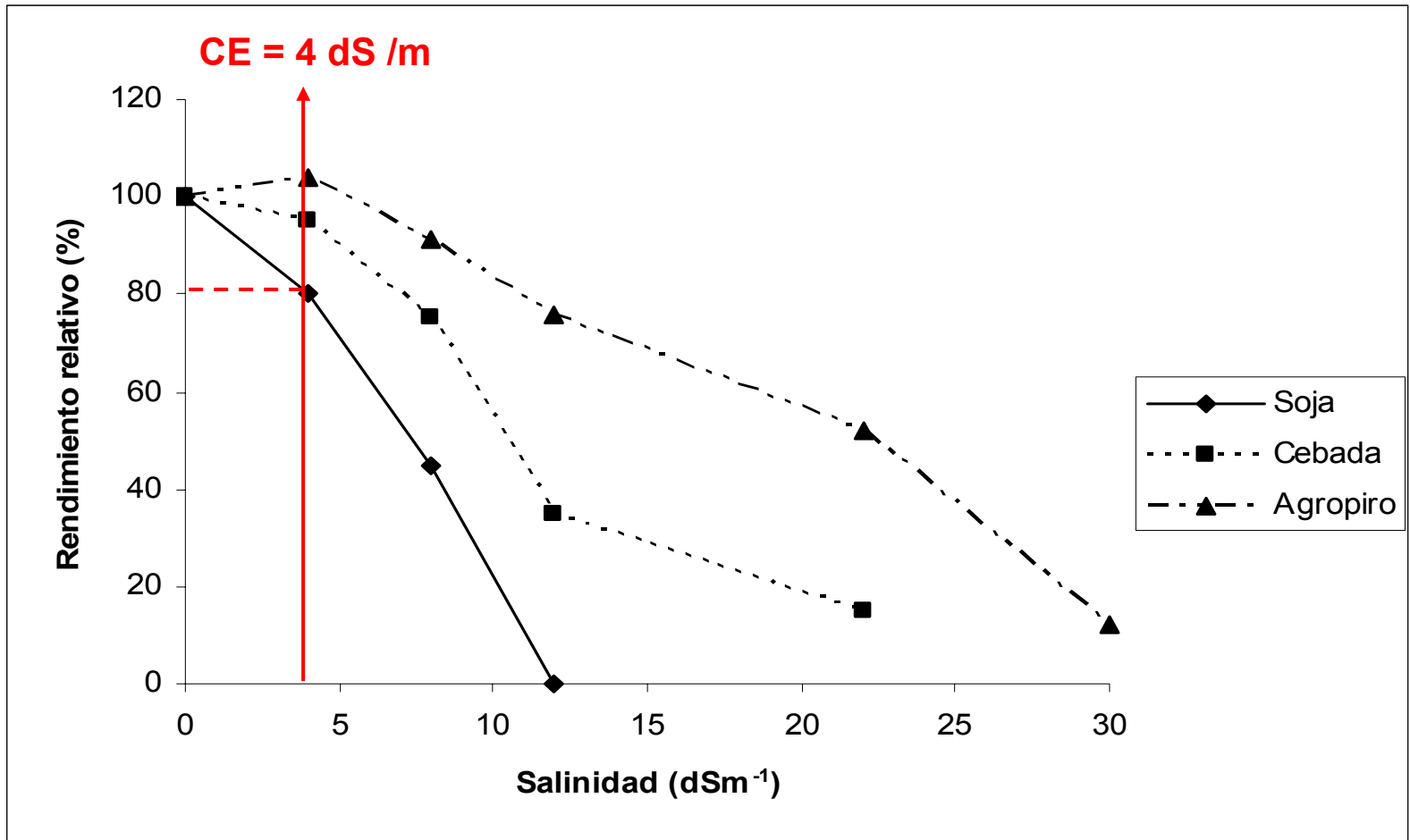
Vía húmeda (disolución por agua de lluvia, inundación por desborde de cursos de agua salina)

Fondo del perfil del suelo

Origen biológico: producción de S^{2-} en suelos sulfato-ácidos

Agua subterránea: disolución de estratos salinos de la corteza terrestre

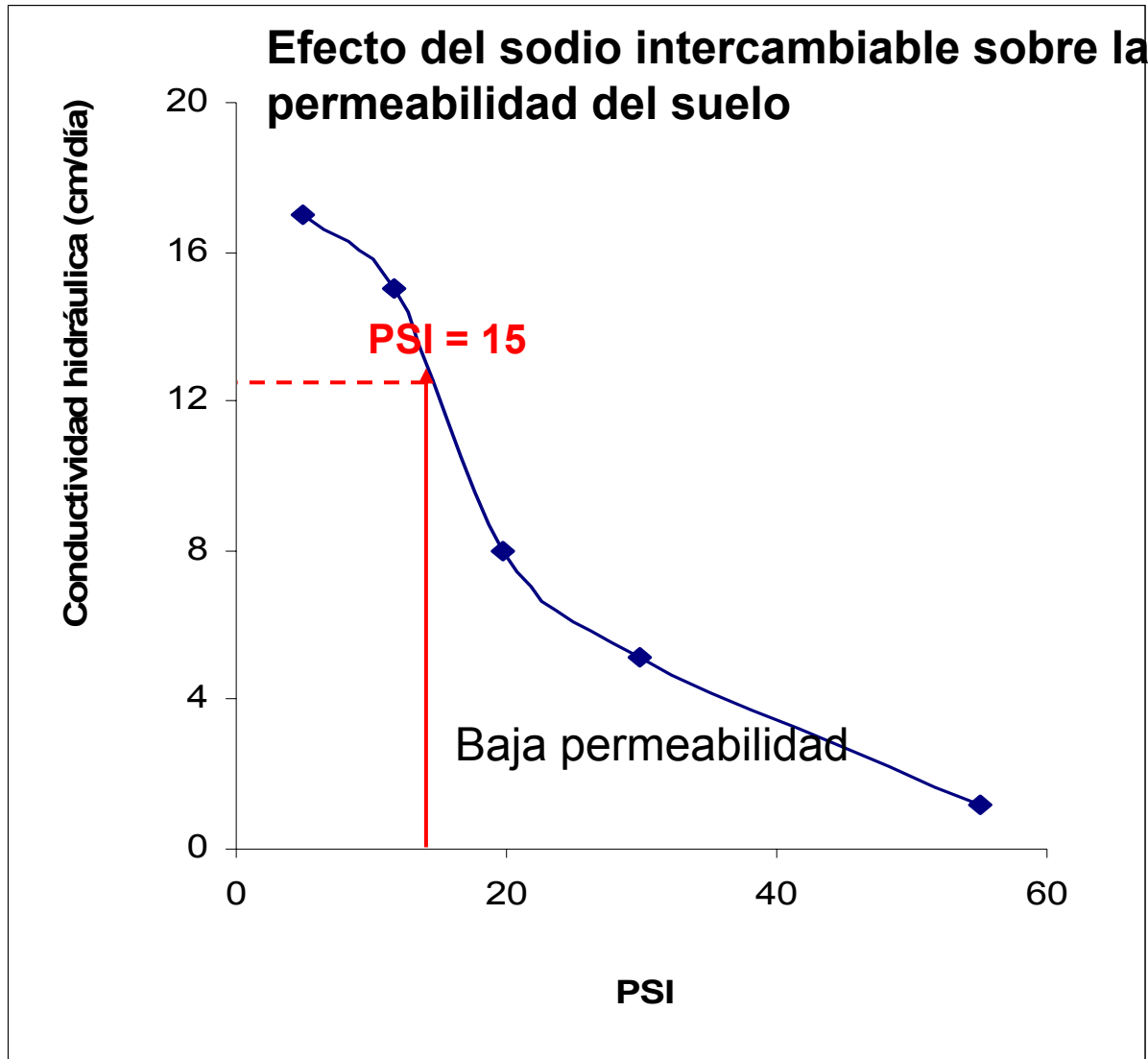
El exceso de sales en la solución del suelo afecta la negativamente la disponibilidad de agua para las plantas. Pero no todos los cultivos son igualmente sensibles.



El exceso de sodio intercambiable afecta la estabilidad del sistema de poros, y por ende la movilidad del agua del suelo.

Los suelos sódicos son en general poco permeables.





Suelos salinos:

Conductividad eléctrica (CE) > 4 dS / m

Suelos alcalinos:

Porcentaje de sodio intercambiable (PSI) > 15

pH > 8,5

**Estos valores se originan en la taxonomía de los suelos.
Los problemas pueden empezar con valores inferiores, en función
de la tolerancia de cada cultivo, la profundidad del suelo a la cual
aparecen, etc.**

**Regiones subhúmedas y húmedas: grandes planicies
(pendiente $< 0,1\%$) con capa freática cercana a la
superficie del suelo.**

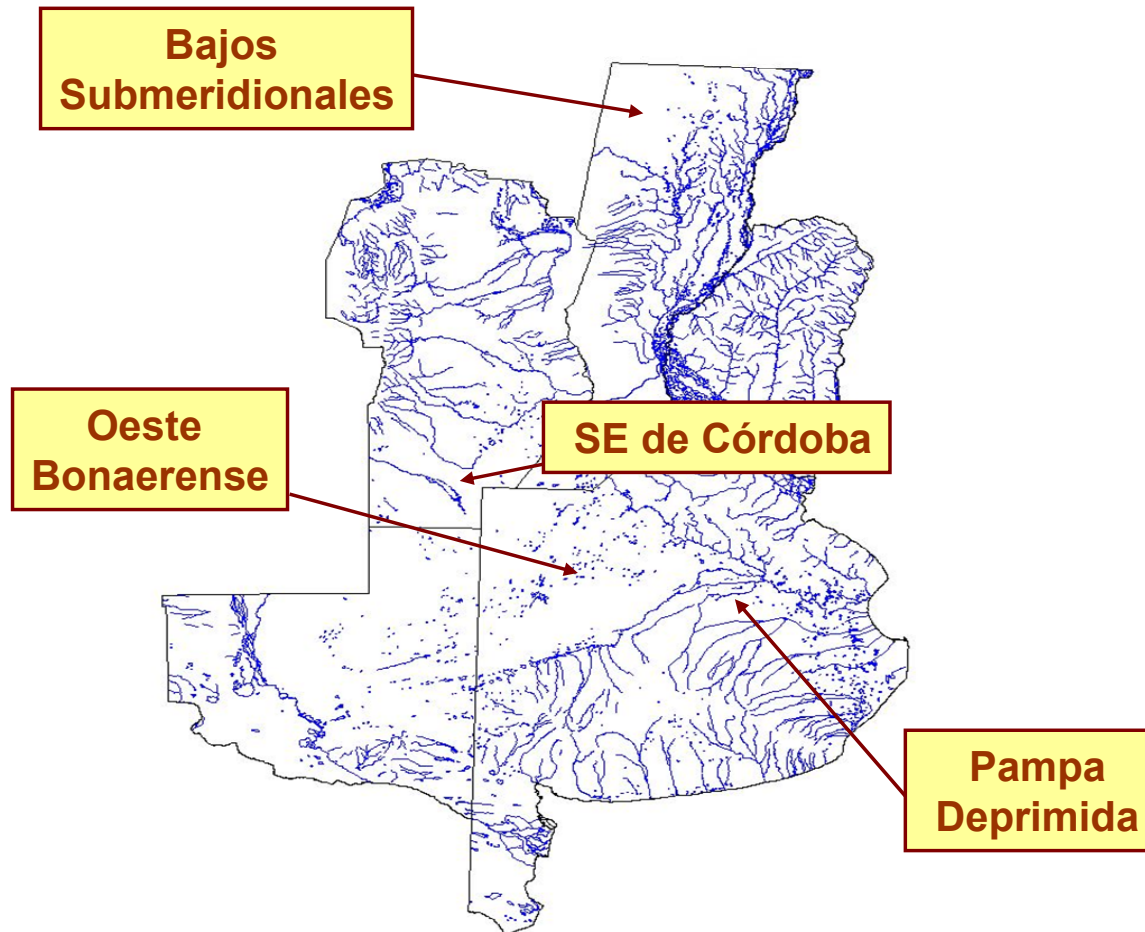


1º cuestión: geomorfología y relieve

Paisajes modelados por el viento en paleoclimas más secos que el actual.

Evidencias:

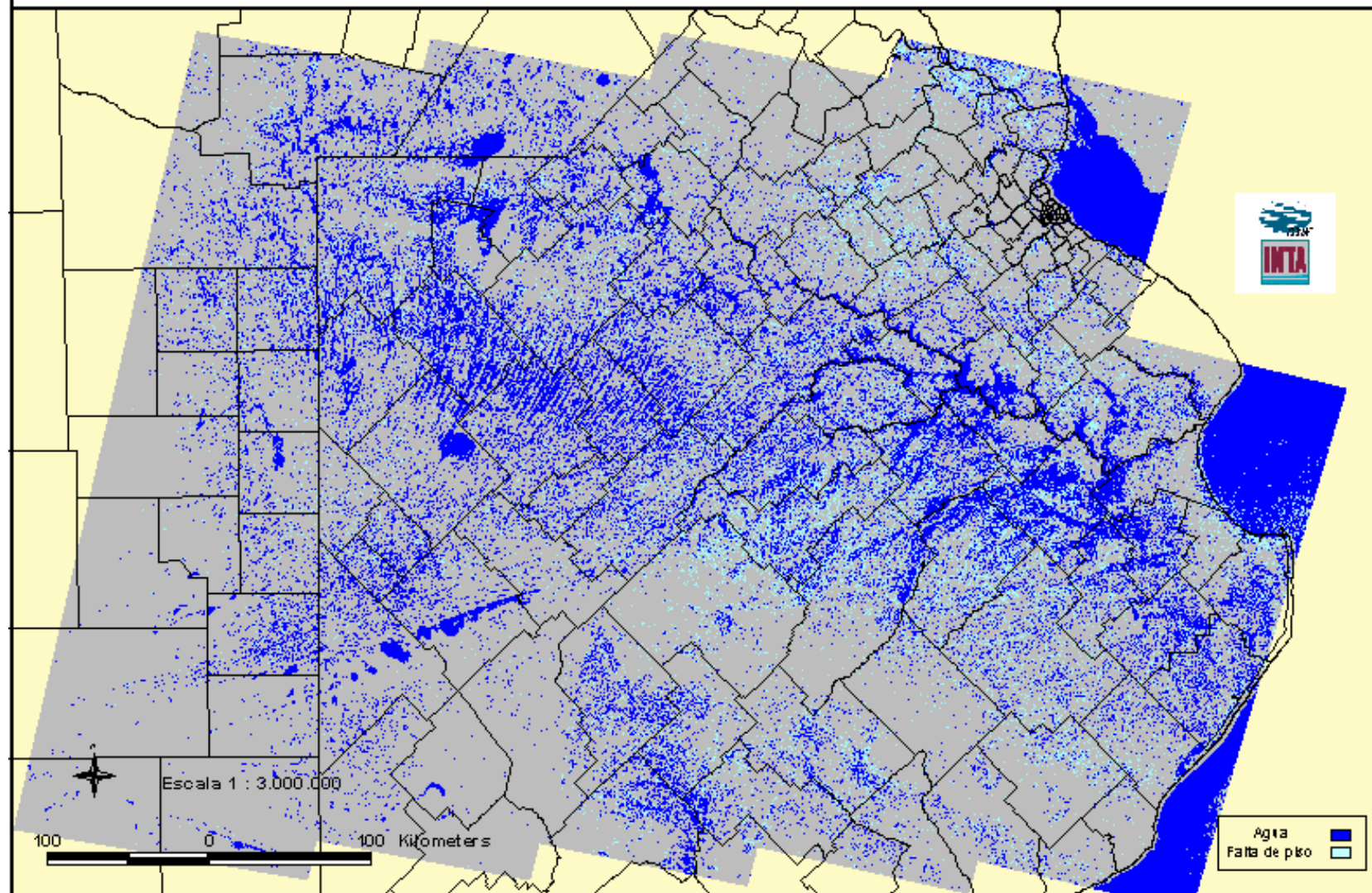
- **No existe red de drenaje integrada en arroyos y ríos;**
- **Muchas lagunas son antiguas cubetas de deflación eólica, hoy llenas de agua;**
- **Patrón de lagunas-lomas semilunares, en dirección de los vientos predominantes.**



Rasgo común: red de drenaje poco desarrollada. Las sales no se eliminan naturalmente hacia el mar.

EVENTOS DE INUNDACION

Inundaciones 21-28 noviembre de 2001



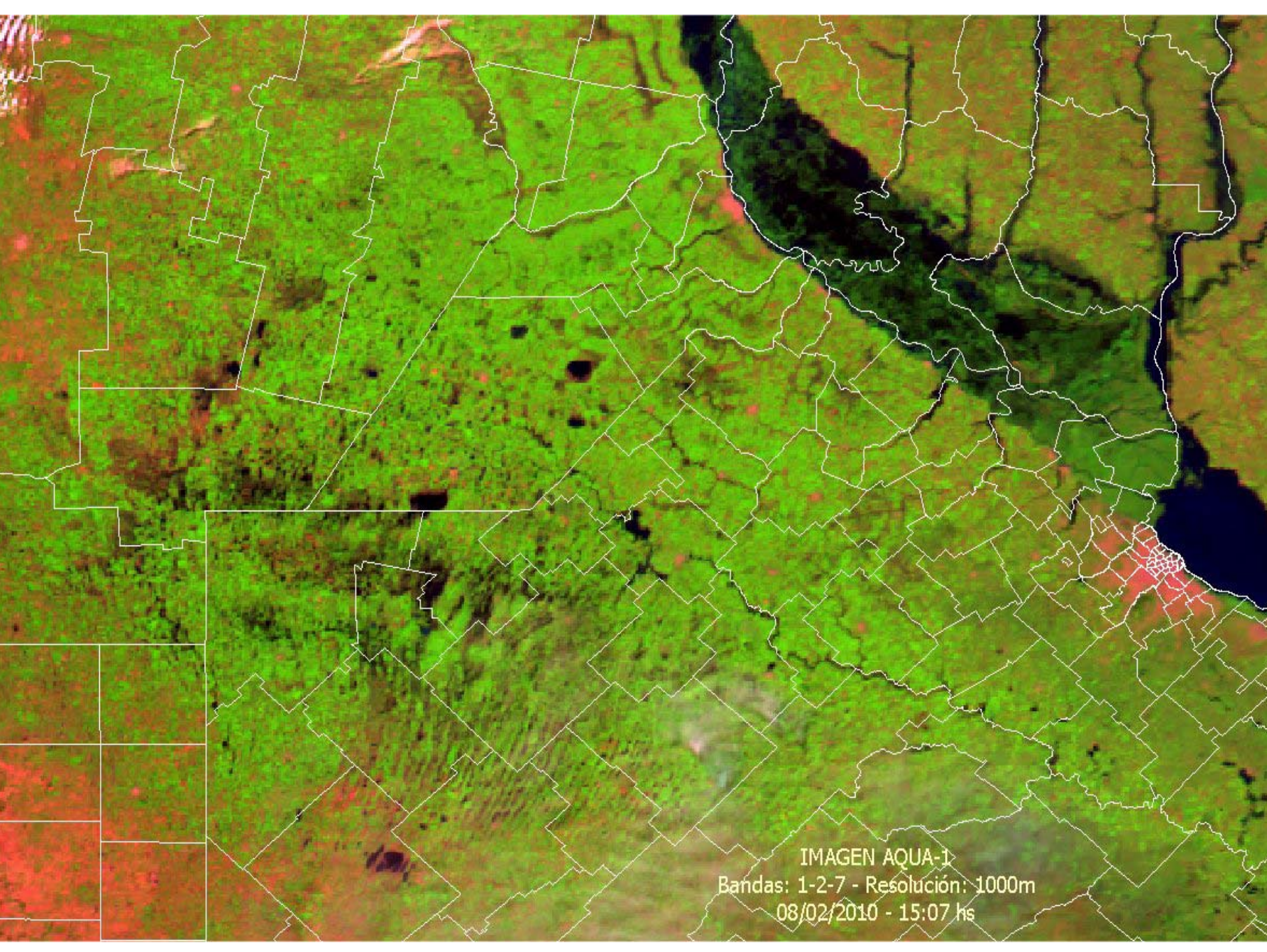


IMAGEN AQUA-1
Bandas: 1-2-7 - Resolución: 1000m
08/02/2010 - 15:07 hs

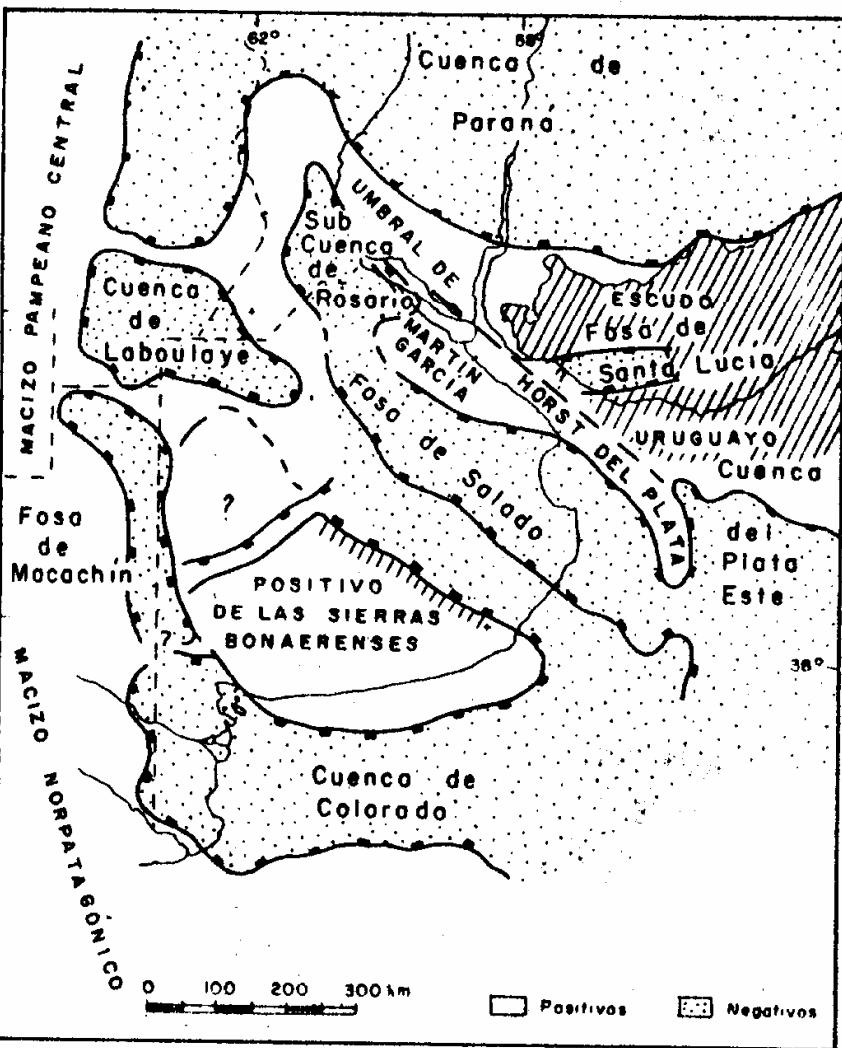


Figura N° 6: Elementos morfoestructurales de la provincia de Buenos Aires (tomado de M. Yrigoyen, 1975).

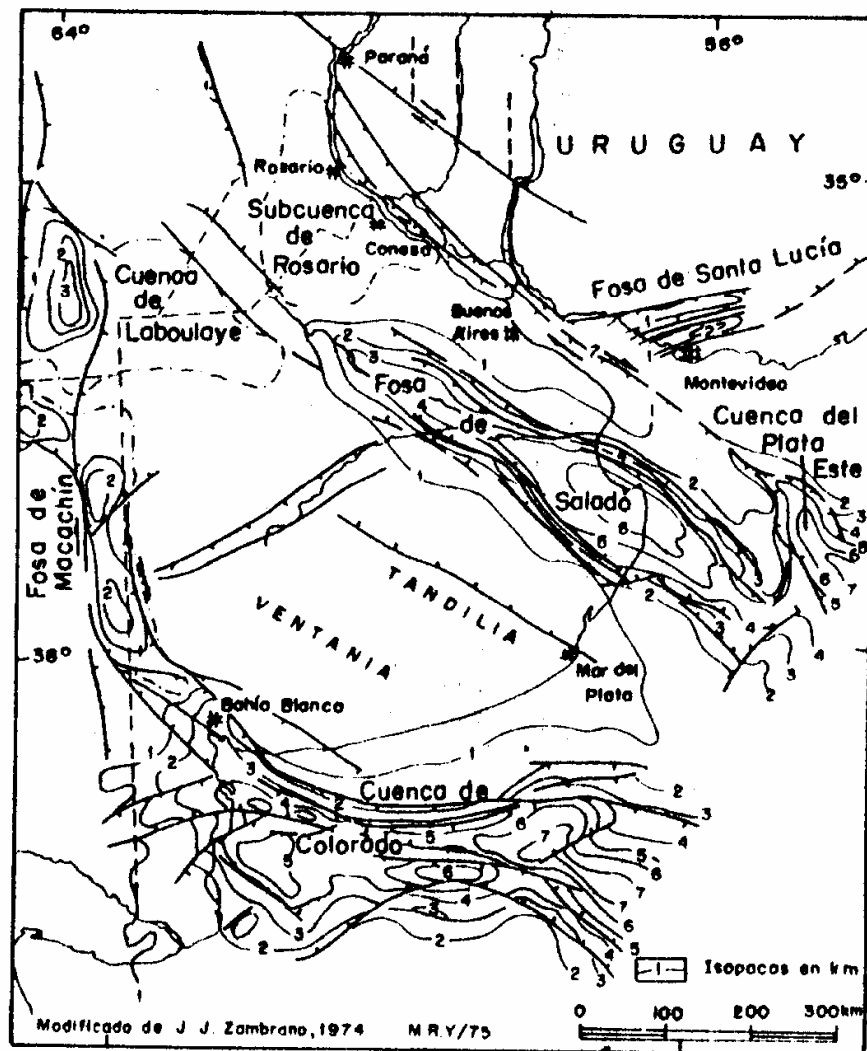
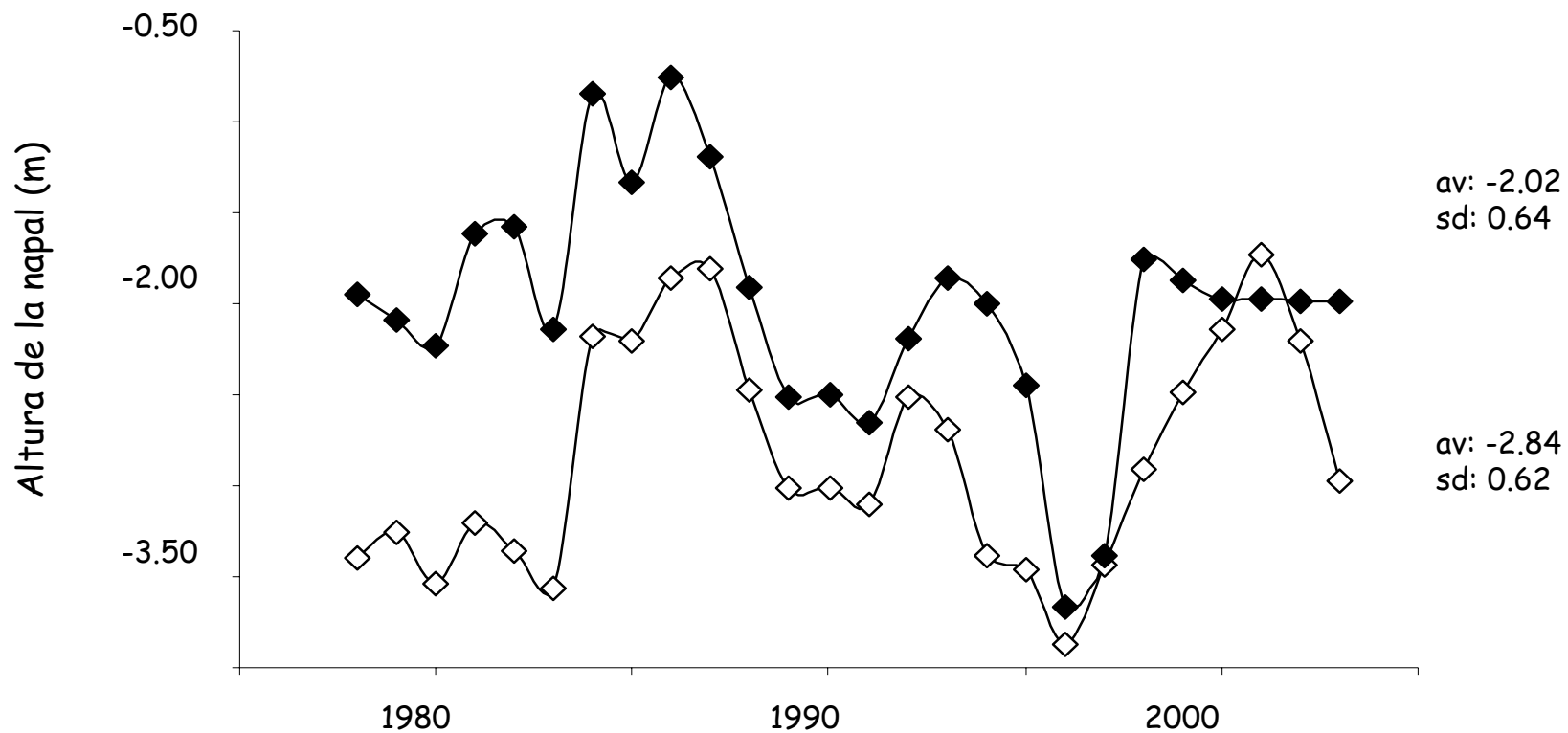
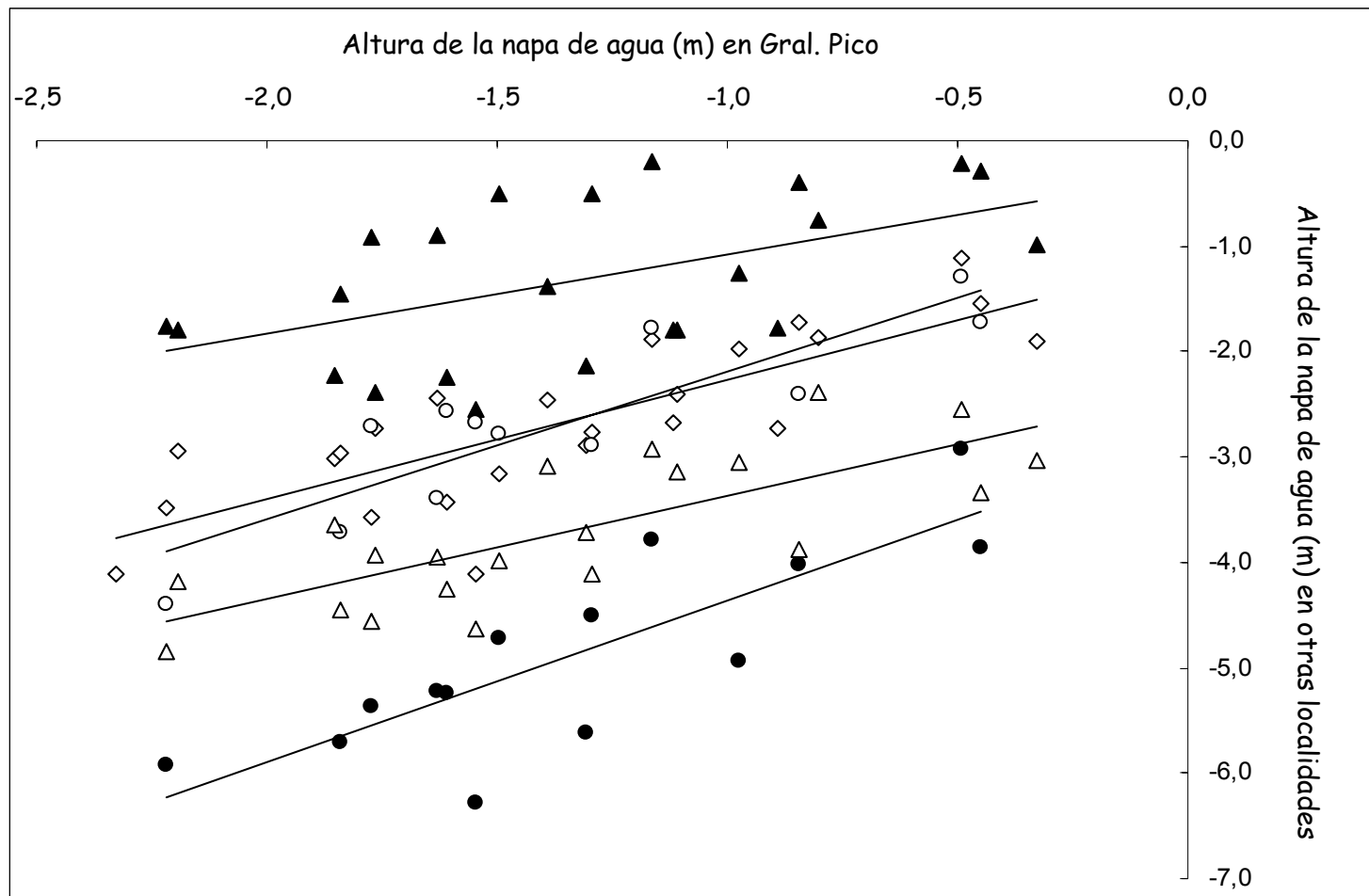


Figura N° 7: Cuencas de la provincia de Buenos Aires. Relleno sedimentario cretácico-terciario (tomado de M. Yrigoyen, 1975).



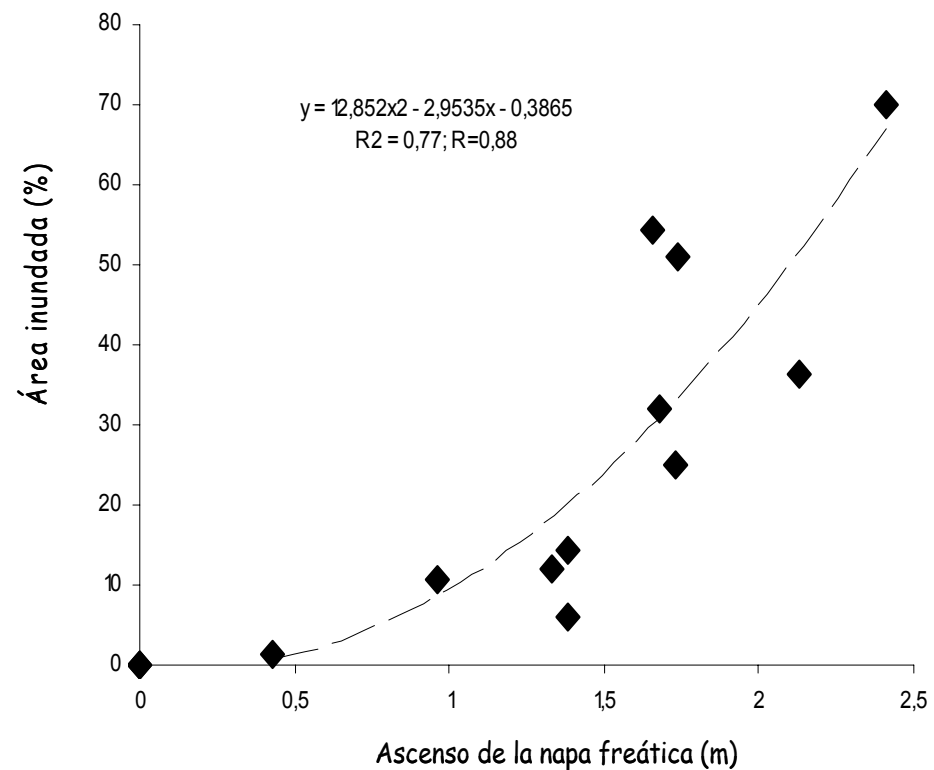
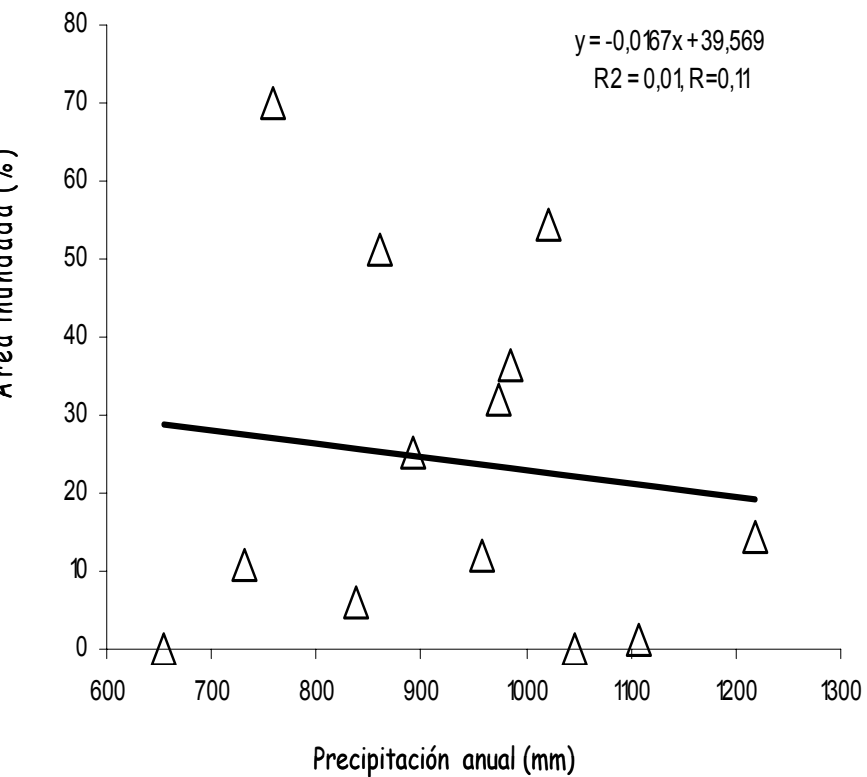
Freatimetría en áreas de derrame del Río Quinto



(▲) Ceballos ($P=0.01$; $R=0.53$); (◇) Speluzzi ($P<0.001$; $R=0.81$); (○) Catriló ($P<0.001$; $R=0.88$);
 (▲) Quemú ($P<0.001$; $R=0.76$); (●) Alvear ($P<0.001$; $R=0.83$).

Fuente: Viglizzo et al. (2007).

Dinámica sincronizada del agua subterránea en el noreste de La Pampa



Relaciones entre precipitación anual, ascenso de la napa freática y porcentaje de tierras inundadas en la cuenca del Río Quinto

Inundaciones y encharcamientos periódicos





Sequías periódicas



Lagunas interconectadas durante las inundaciones



Paisaje chato: cualquier obra hace de represa

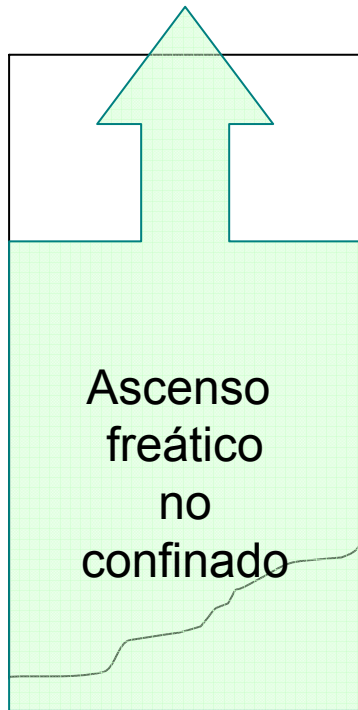
2º cuestión: tipo de suelo ➡ tipo de inundación

Inundaciones y secas se relacionan con el tipo de suelos predominantes.

Existen diferentes tipos de inundaciones, en función que se originen por **agua subterránea** o por **agua de lluvia**.

Ello se relaciona con la presencia, o no, de un subsuelo arcilloso sódico: el **horizonte Bt nátrico**.

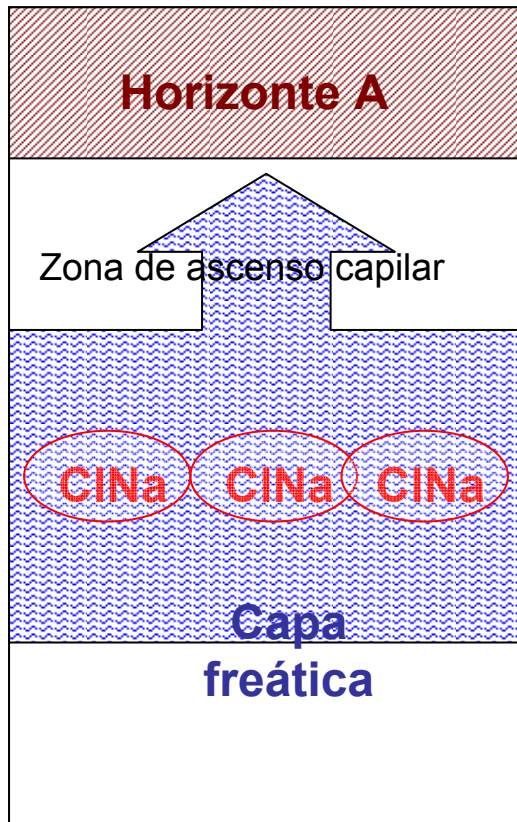
Tipos de inundación



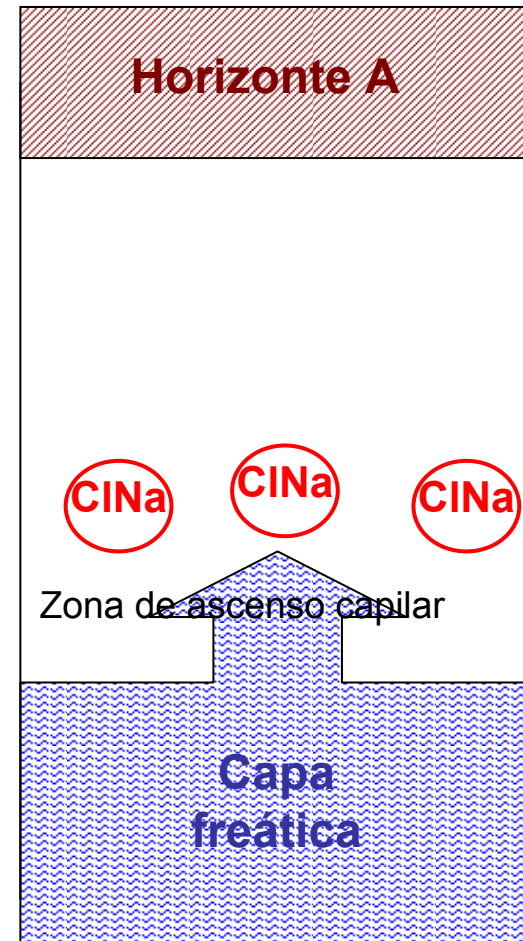
**Suelos sin horizonte
nátrico arcilloso:**
ascenso libre
de agua subterránea



Profundidad crítica en función de la altura freática



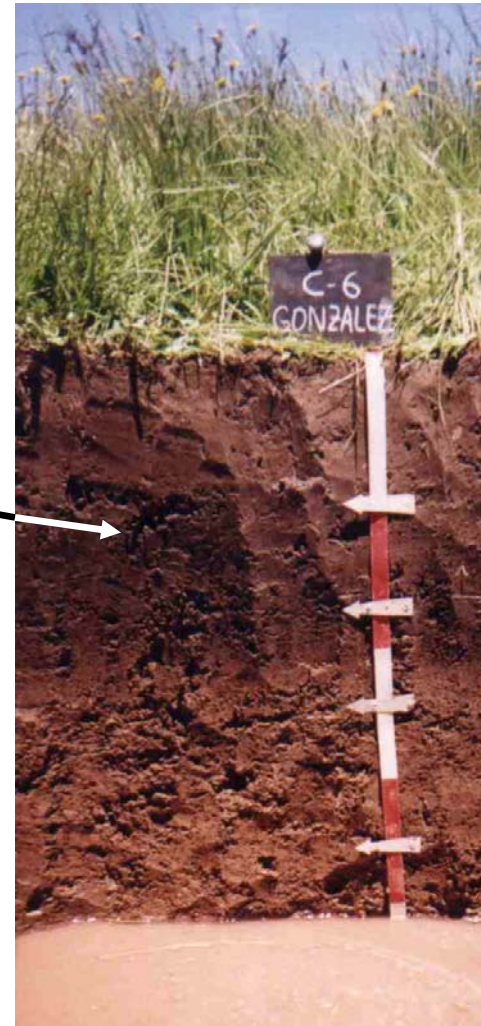
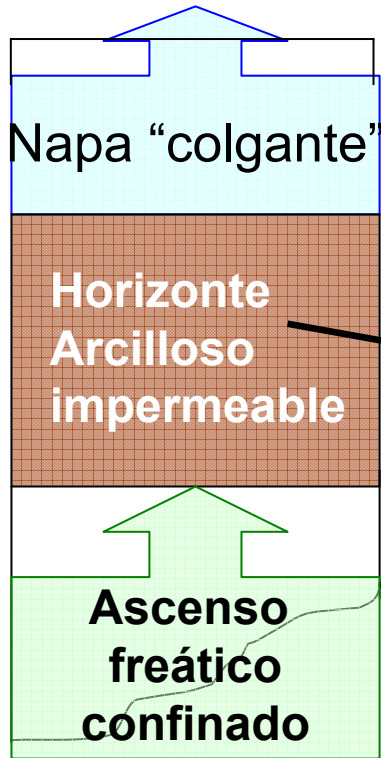
Zona de
acumulación
de sales



Zona libre
de sales

Zona de
acumulación
de sales

Tipos de inundación



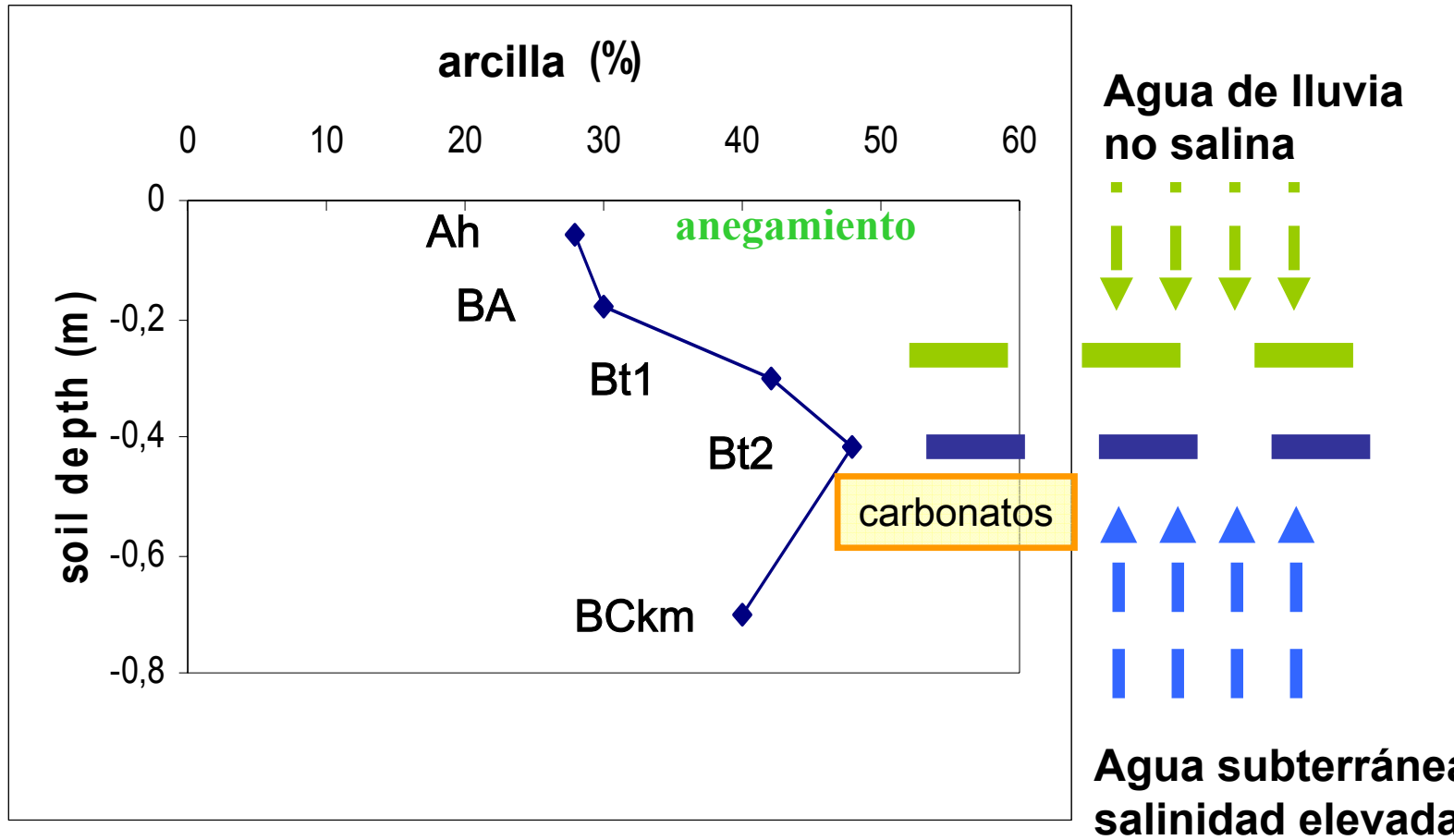
- A
- 2Bt1
- 2Bt2
- 2BCk
- 2C

Suelos con subsuelo arcilloso impermeable:

confinamiento freático y acumulación superficial de agua de lluvia

Suelo sódico de la Pampa Deprimida (Natracuol)

Tipos de inundación



Calidad del agua de inundación

```
graph TD; A[Calidad del agua de inundación] --> B[Agua de lluvia]; A --> C[Agua subterránea]; B --> D[Agua no salina]; D --> E[Problemas de hidromorfismo edáfico (deficientes condiciones de aireación y transitabilidad)]; C --> F[Agua con sales solubles de sodio]; F --> G[Problemas asociados de hidro- y halomorfismo edáfico (exceso de sales y sodio intercambiable)];
```

Agua de lluvia

Agua no salina

Problemas de hidromorfismo edáfico
(deficientes condiciones de aireación y transitabilidad)

Agua subterránea

Agua con sales solubles de sodio

Problemas asociados de hidro- y halomorfismo edáfico
(exceso de sales y sodio intercambiable)

Problemas físicos de las inundaciones con agua salina

```
graph TD; A[Problemas físicos de las inundaciones con agua salina] --> B[Tipo de sal sódica predominante]; B --> C["Cloruros (Cl⁻) y sulfatos (SO₄²⁻):  
Salinización temporal  
Sodificación moderada"]; B --> D["Bicarbonatos (HCO₃⁻):  
Sodificación severa y permanente"]; C --> E["•Peladales  
•Erosión hídrica  
•Restricciones hídricas"]; D --> F["•Desestabilización estructural  
•Sellado y encostramiento superficial  
•Erosión hídrica  
•“agua muerta”"];
```

Tipo de sal sódica predominante

Cloruros (Cl^-) y sulfatos (SO_4^{2-}):
Salinización temporal
Sodificación moderada

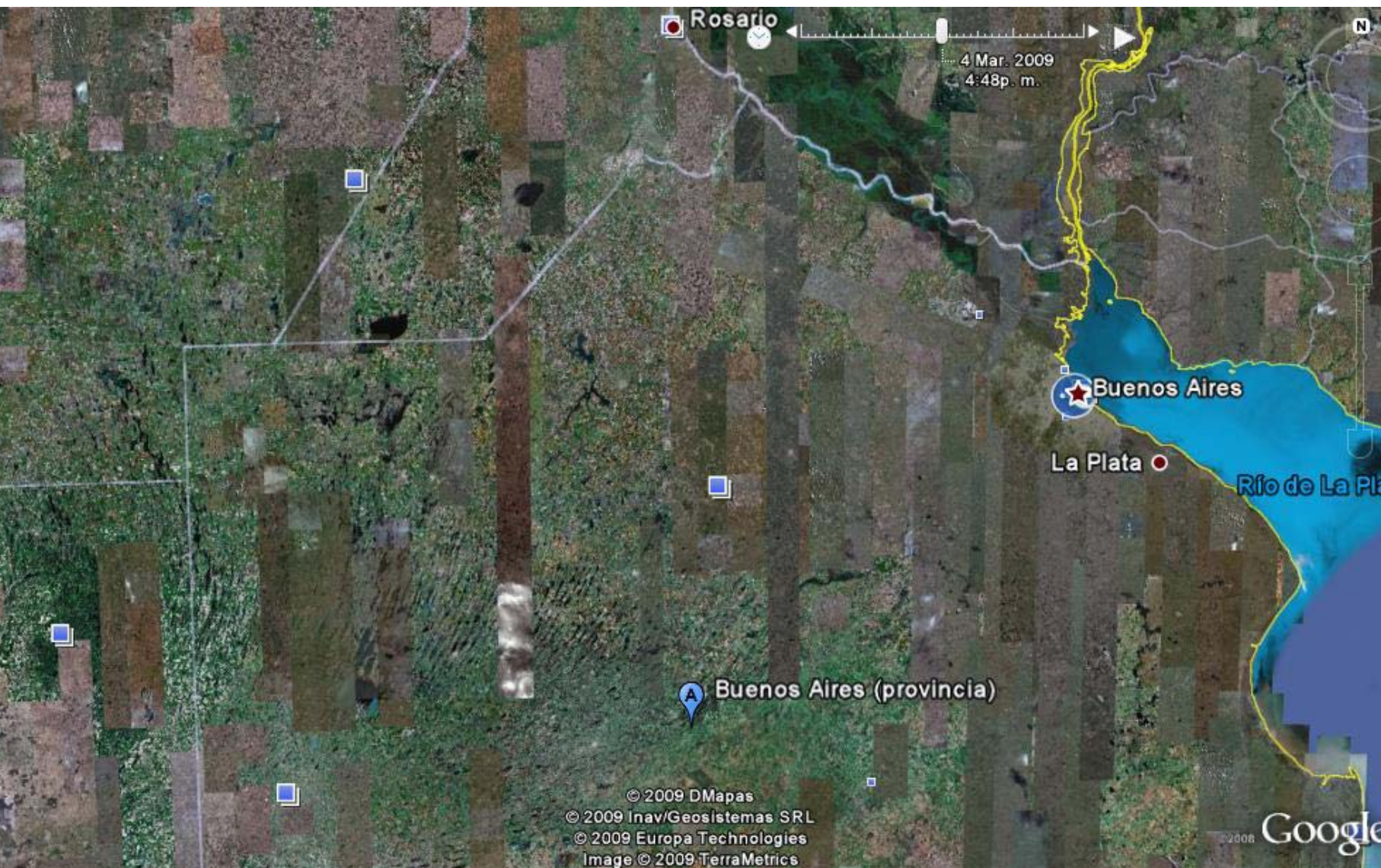
- Peladales
- Erosión hídrica
- Restricciones hídricas

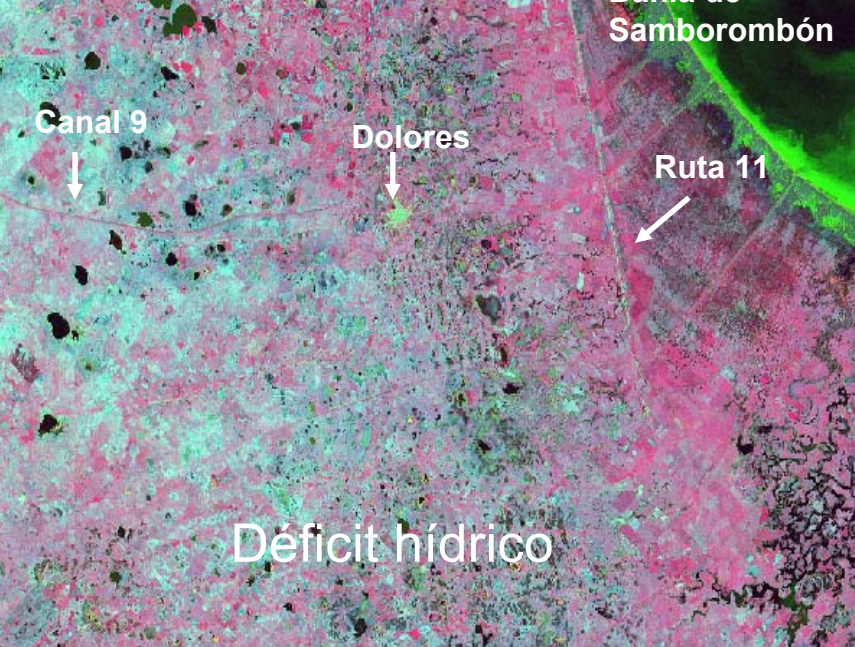
Bicarbonatos (HCO_3^-):
Sodificación severa y permanente

- Desestabilización estructural
- Sellado y encostramiento superficial
- Erosión hídrica
- “agua muerta”

Tipos de paisajes y suelos asociados de las áreas inundables

Las imágenes satelitales muestran diferentes tipos de relieves en las regiones argentinas que poseen campos bajos y suelos salino – sódicos asociados.



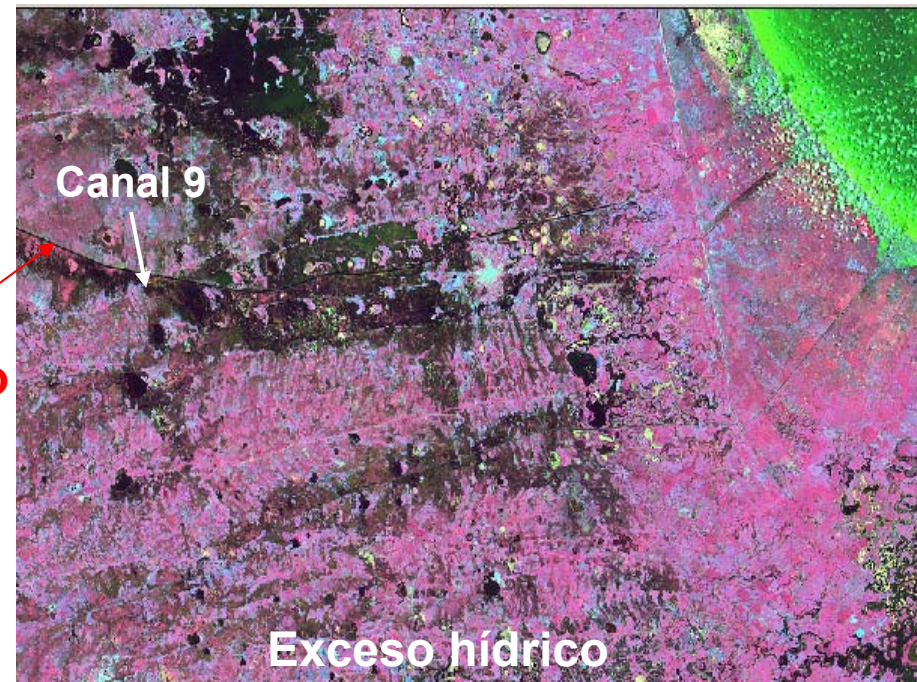


Relieve muy chato

Pampa Deprimida

Imágen Landsat
Partidos de Pila y Castelli
sobre la bahía de
Samborombón

Represamiento



Pueden reconocerse diferentes posiciones topográficas asociadas con:

- **áreas relativamente convexas (lomas y microlomas);**
- **áreas planas o tendidos**
- **áreas cóncavas o de acumulación (bajos y cubetas).**

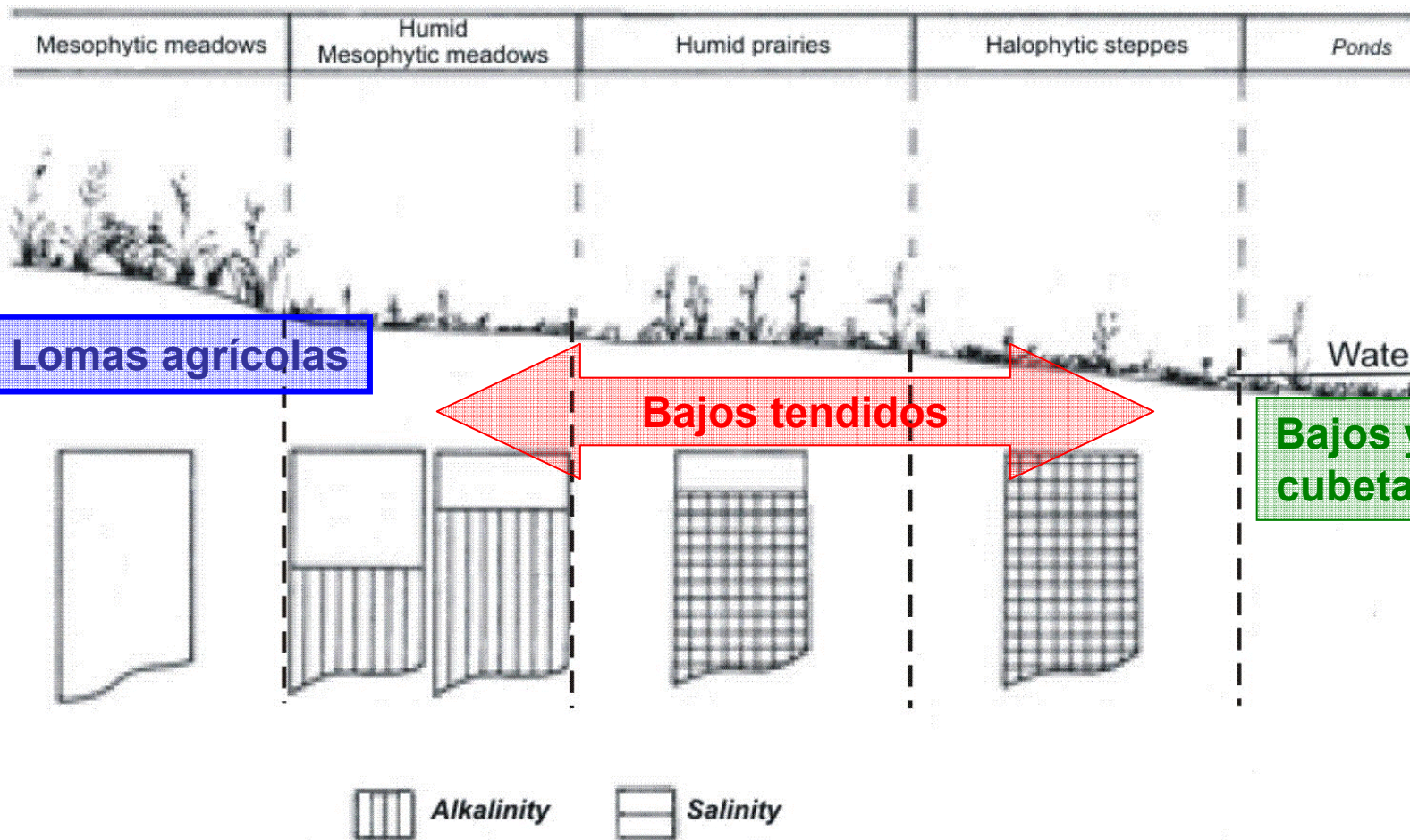


**Patrón de distribución heterogéneo (“overo”) en
Magdalena (prov. Bs.As.).**

Community

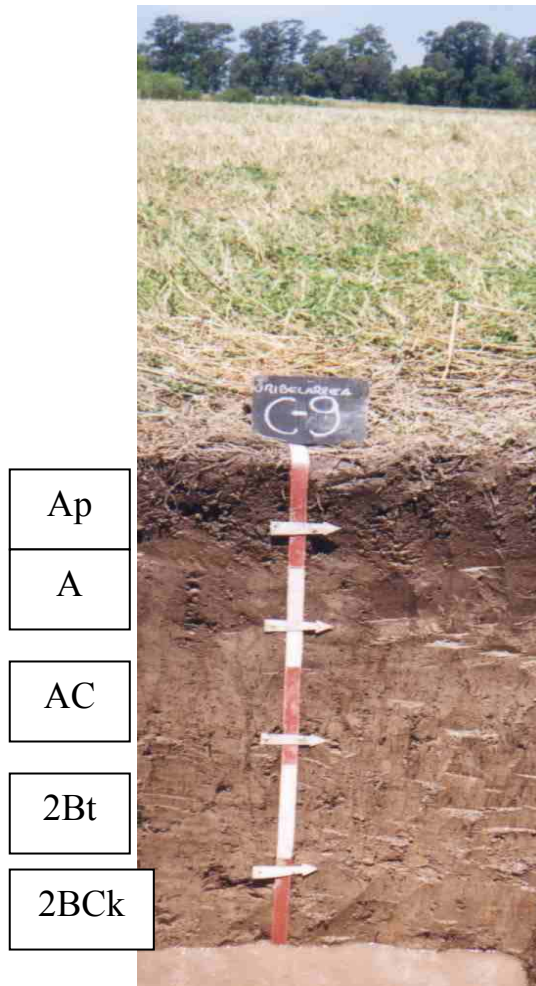
Topography

Soils

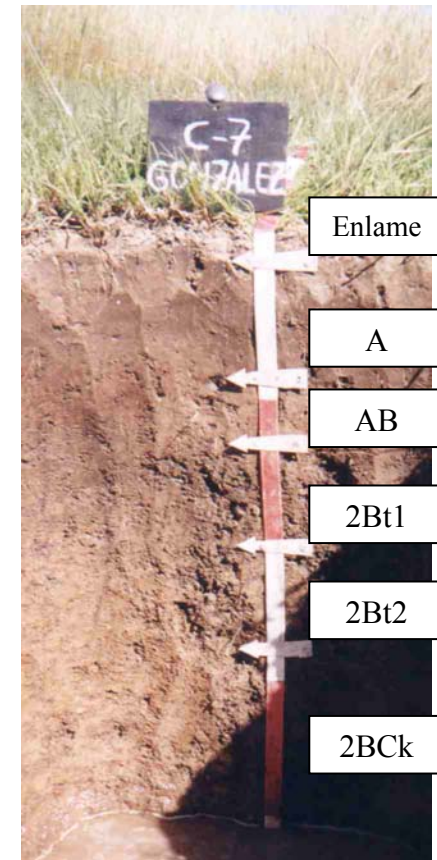


Pampa Deprimida, Borde Norte

Natracualf típico:
Suelo sódico desde
la superficie



Capa Freática



Capa Freática



Pampa Deprimida, Borde Norte

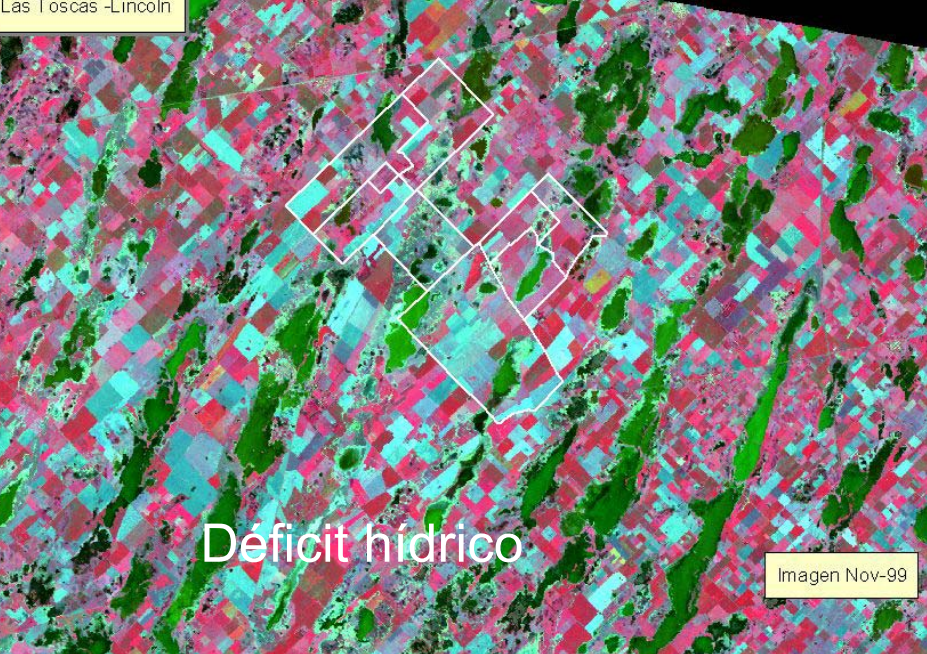
Natracuol típico:
Suelo sódico en el
Horizonte Bt nátrico, pero
con horizonte A de buena calidad

A person wearing a grey hoodie, blue pants, and a dark cap is kneeling in a field, measuring a soil profile. They are holding a yellow measuring tape vertically against a dark, moist soil bank. The soil is dark brown and appears to be a loam or clay. The surrounding area is covered with dry, yellowish-brown grass and some green weeds. A small, light-colored object, possibly a marker or a small container, is visible on the ground near the person's hand. The text "Horizonte A/somero" is overlaid on the image, indicating the specific soil horizon being measured.

Horizonte A/somero



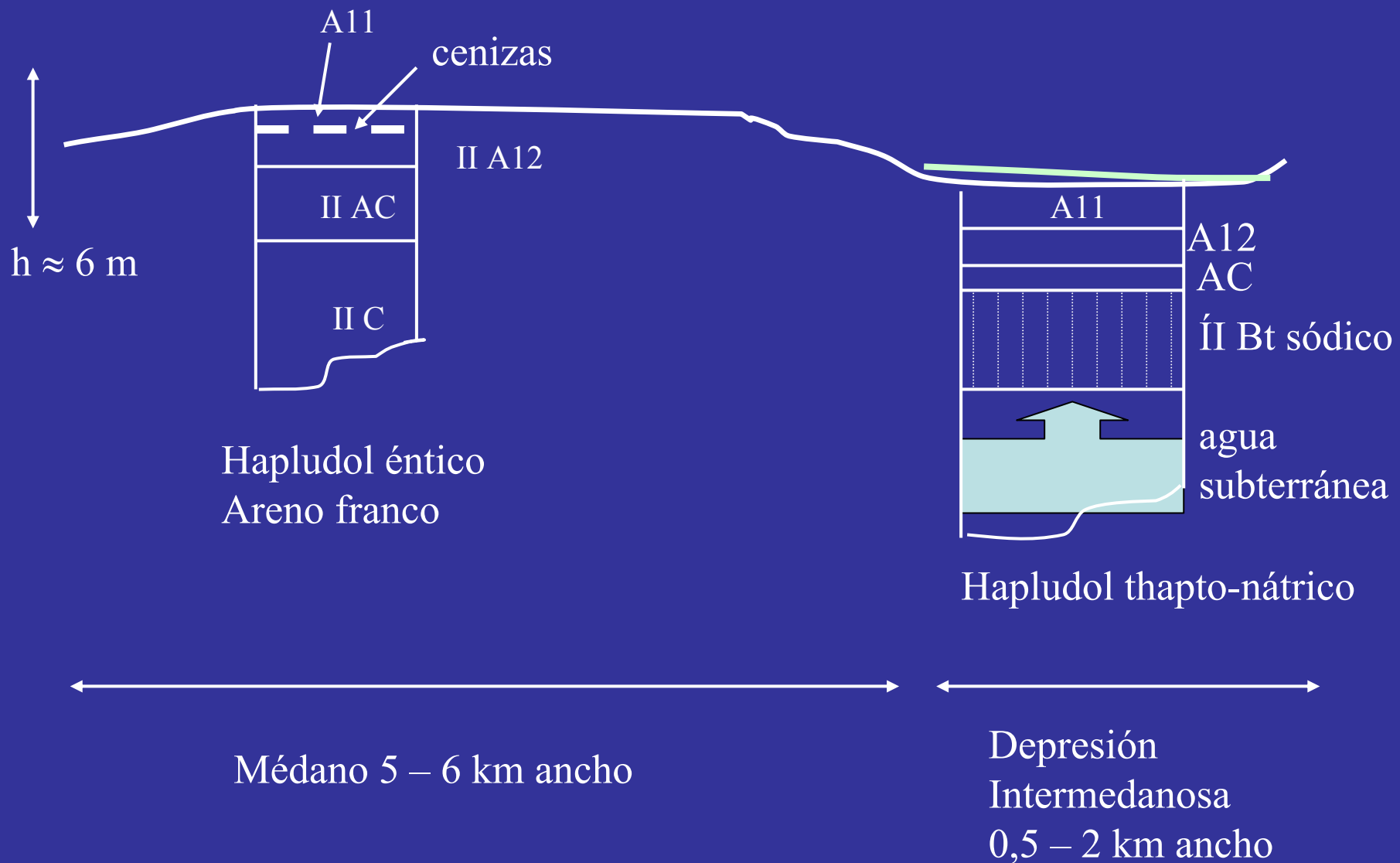
**Moteados y concreciones
de hierro – manganeso.**



**Médanos paralelos con
depresiones intermedanasas**

Pampa Arenosa
Imágenes Landsat.
Sur del partido de Lincoln







Suelos de la Pampa Interior o Arenosa



Hapludol típico
aptitud agrícola



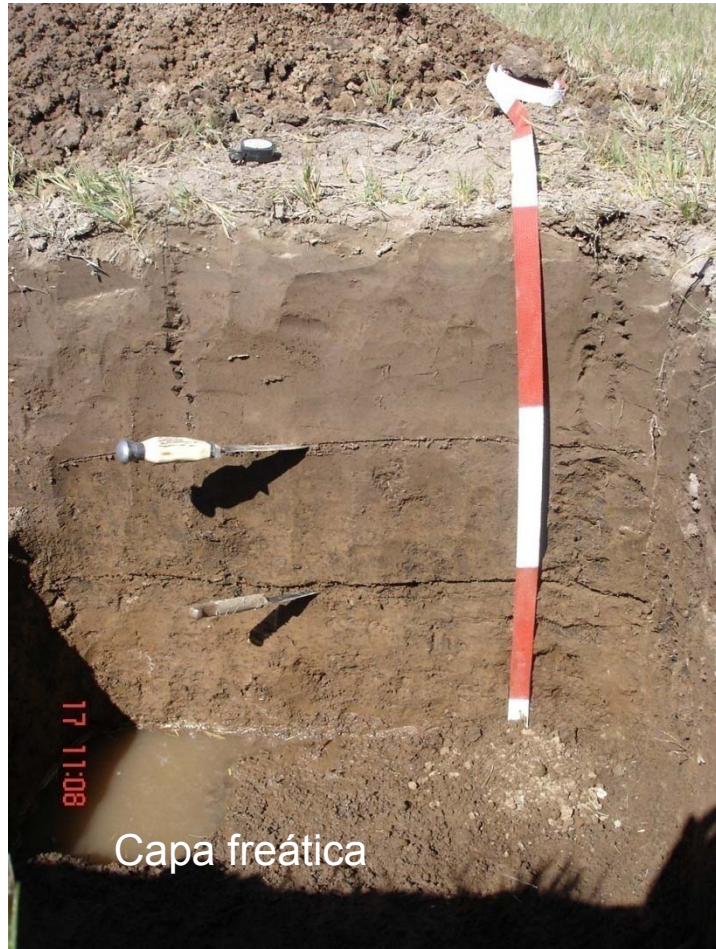
Hapludoles thapto-nátricos
(partido de Lincoln)

Suelos de la Pampa Interior o Arenosa



Suelo actual

Suelo enterrado o thapto-suelo



**Inundación por ascenso freático.
Sales depositadas en la superficie**



Laboulaye Laboulaye, Córdoba, Argentina

© 2010 DMapas
© 2010 Cnes/Spot Image

© 2010 Inav/Geosistemas SRL

34°07'55.14" S 63°23'37.54" O elev. 459 pie(s)

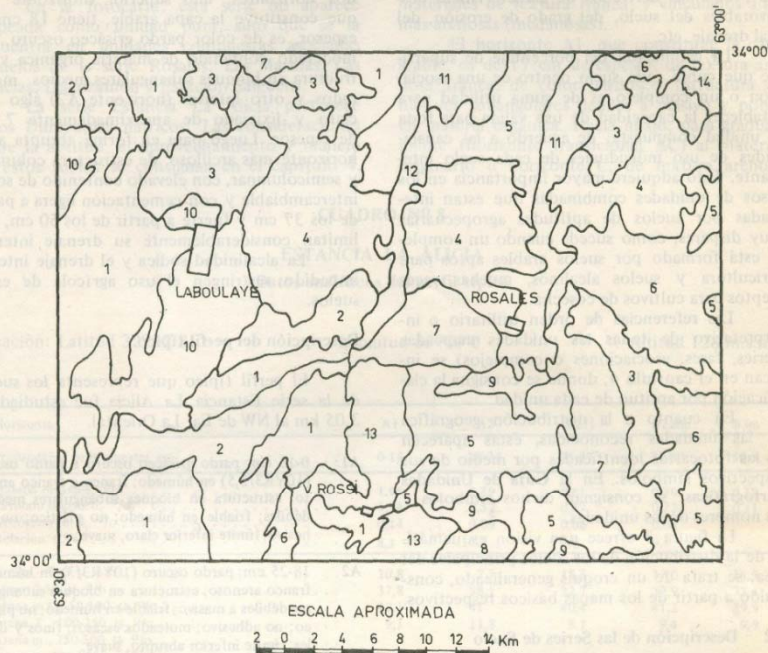
©2009 Google

Alt. ojo 14.98 milla(s)

FIGURA 3

HOJA 3563 - 3 LABOULAYE

Distribución General de las Principales Unidades de Suelos



REFERENCIAS

- 1 - Complejo de series ROSALES y suelos salinos y alcalinos.
- 2 - Complejo de series ROSALES y LEGUIZAMON.
- 3 - Complejo de series ROSALES y LAS MARINAS.
- 4 - Complejo de series ROSALES en fase salina y suelos salinos imperfectamente drenados.
- 5 - Complejo de series ROSALES, LABOULAYE y suelos alcalinos.
- 6 - Complejo de series ROSALES en fase salina, ESTANCIA ALICIA y LAS ACACIAS.
- 7 - Complejo de series ROSALES en fase salina y suelos hidromórficos.
- 8 - Complejo de series ROSALES, LEGUIZAMON y ESTANCIA LA ALICIA.
- 9 - Complejo de series ROSALES, VILLA ROSSI y ESTANCIA LA ALICIA.
- 10 - Consociación LABOULAYE.
- 11 - Complejo de series LABOULAYE, LEGUIZAMON y LA PAYANCA.
- 12 - Complejo de series LABOULAYE y LAS MERCEDES.
- 13 - Complejo de series LABOULAYE, LOS ANDES y LEGUIZAMON.
- 14 - Complejo de series LABOULAYE y LEGUIZAMON.

Serie Rosales
Bajos y planos
(Sódico a partir del Bt):

Natralbol típico
(A-E-Bt-BC-C)

Serie Laboulaye:
Haplustol udoténtico
(Ap-A-AC-C)
Lomas medianosas

Criterios de diferenciación y aptitud de uso:

- **profundidad a partir de la cual aparecen los problemas de sales y/o sodio intercambiable;**
- **espesor y calidad del horizonte superficial**
- **tipo de anegamiento y tipo de sal;**
- **frecuencia y duración de los anegamientos;**
- **distribución espacial (¿cuál suelo domina?).**

Tecnologías de rehabilitación de suelos salinos y sódicos

Existen tecnologías probadas y en desarrollo para la recuperación de suelos salino – sódicos. Pero la duración del efecto será corta si no controla la fuente del aporte de sales: el ascenso del agua subterránea.

- **Sistemas de drenaje (por ejemplo, drenes topo);**
- **Manejo del agua superficial (por ejemplo, sistematización agrohidrológica).**

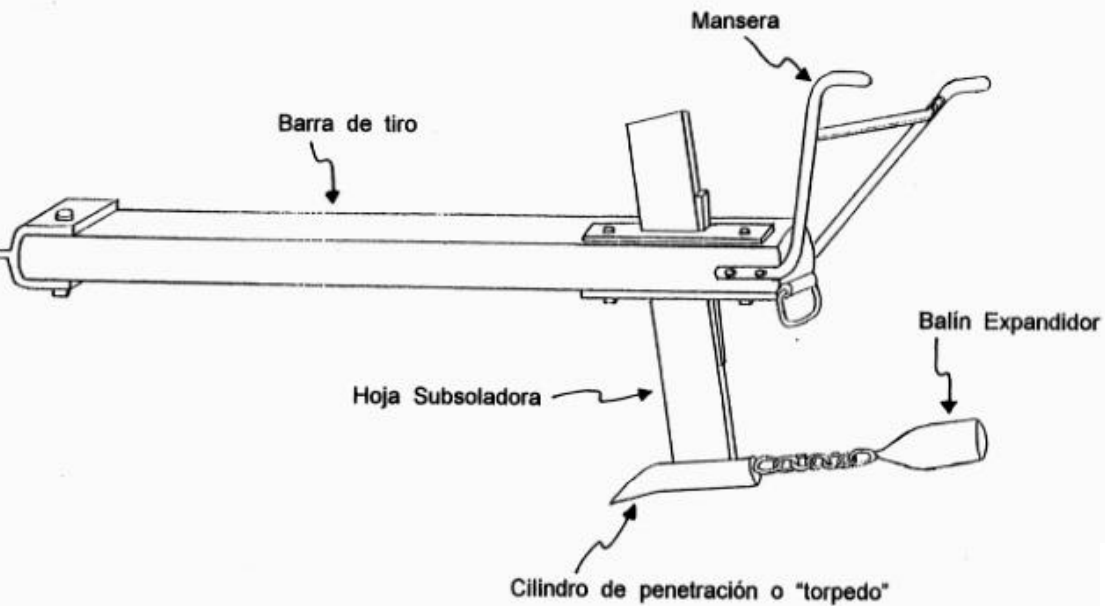
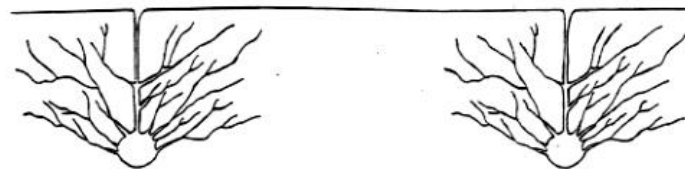


FIGURA 5. ESQUEMA DE ARADO TOPO CON BARRA DE TIRO, DE TRACCION ANIMAL.

ESPACEAMIENTO EXCESIVO.



ESPACEAMIENTO OPTIMO.

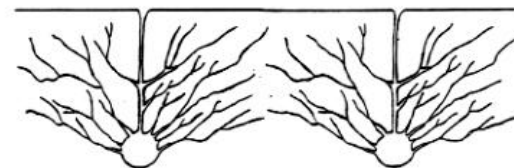
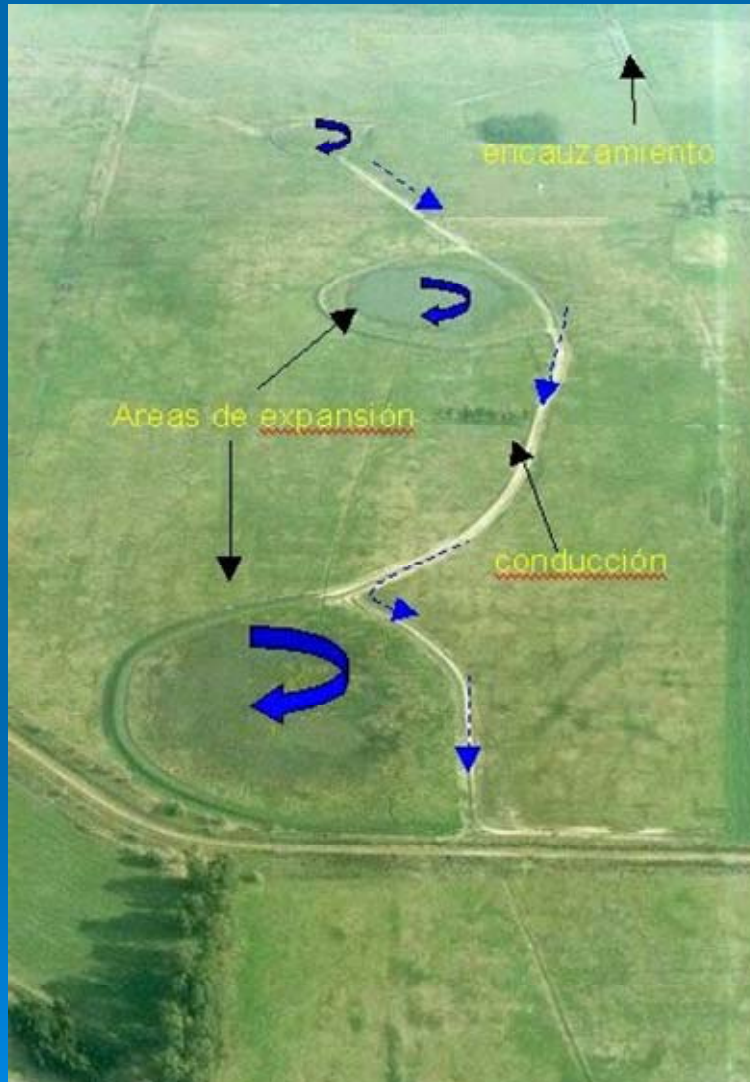


FIGURA 6. SELECCIÓN DEL ESPACEAMIENTO ENTRE DRENES TOPO.



Badén bordeado



Máquinas:

Hoja niveladora (propia)

Pala frontal (alquilada)

(Damiano y Taboada, 2004/05)



Tecnologías de rehabilitación

1. Recuperación química

Enmiendas: yeso ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$),
ácidos, azufre, etc.

Labranza profunda: paratill, cultivie

2. Recuperación biológica

Abonos orgánicos:
estiércol,
abono de piletón de tambo.

Plantas mejoradoras: arroz, maíz de
Guinea, especies megatérmicas, etc.

Manejo de la cobertura superficial:
pastoreo rotativo, SD, intersembra.

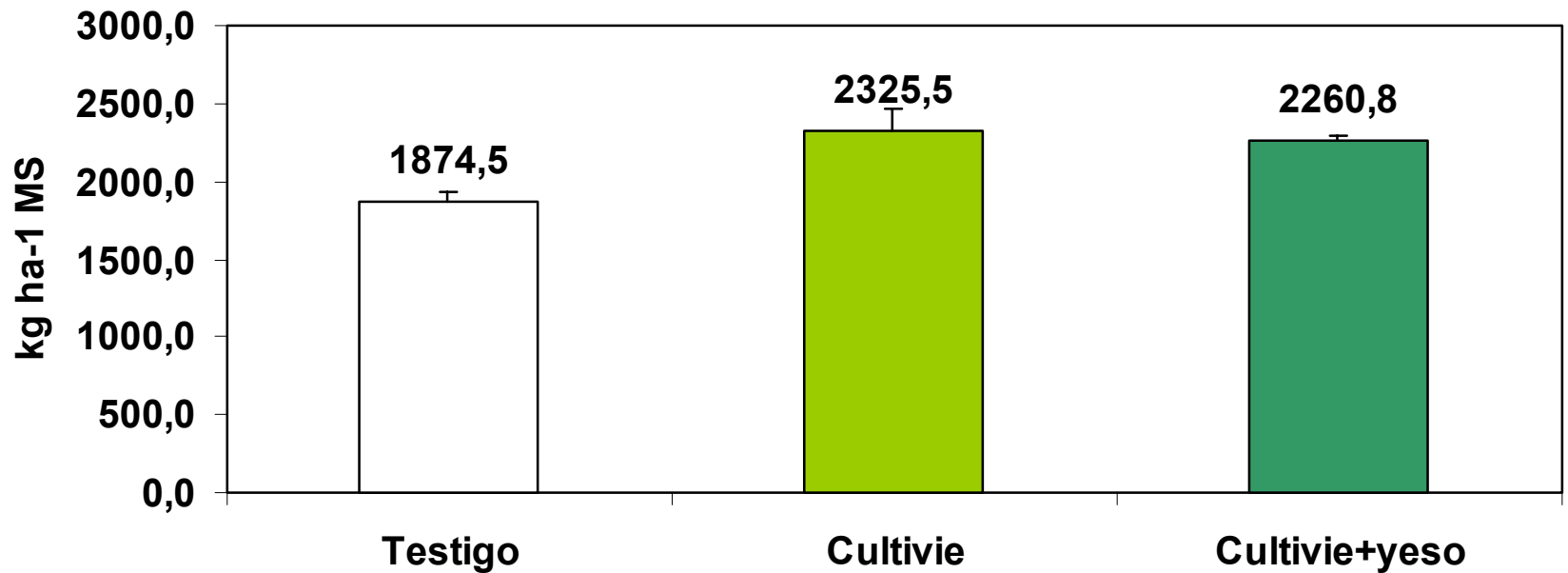
3. Prevención del ascenso de sales.



Descompactación y enyesado

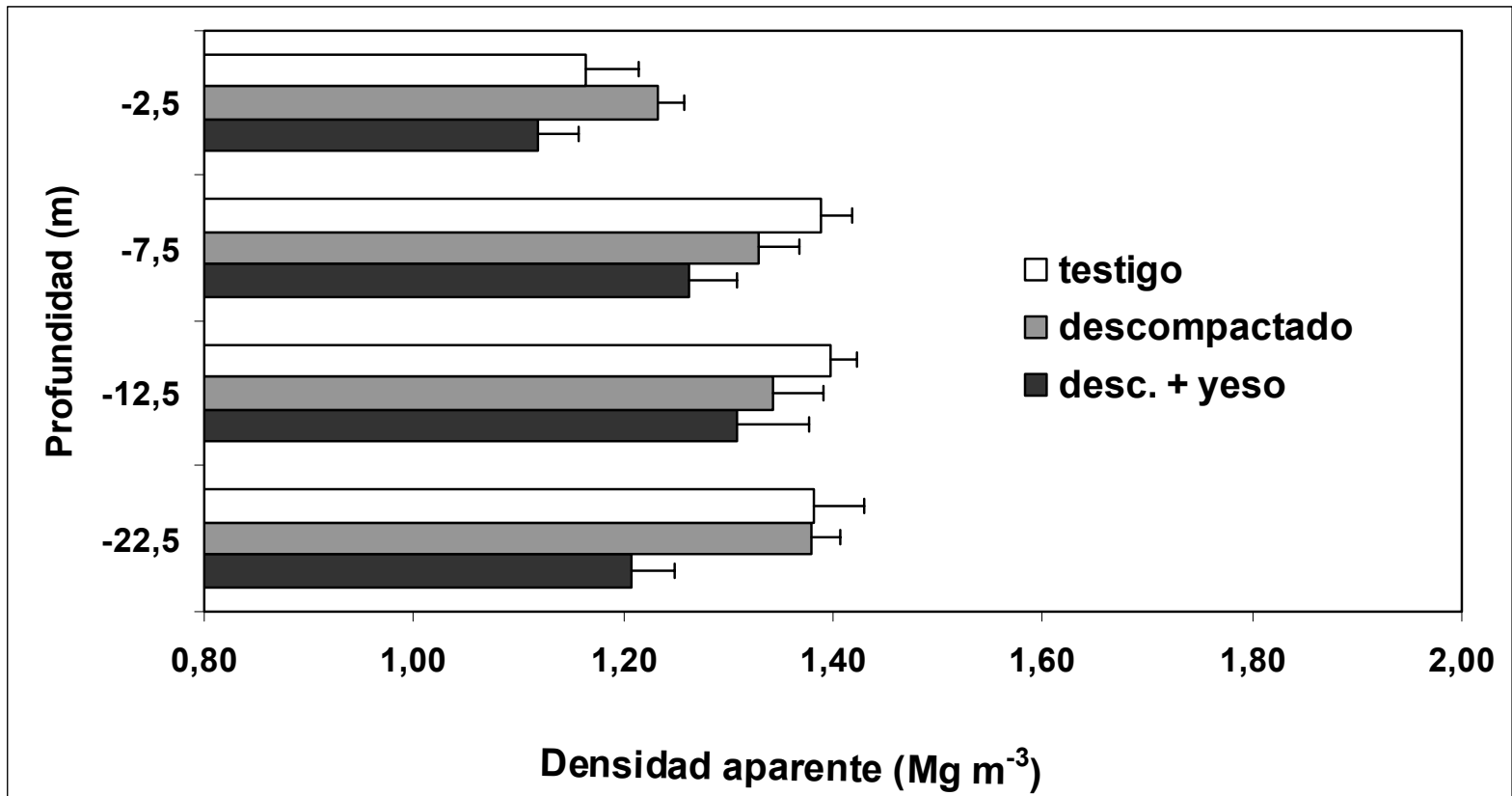


Producción de ryegrass

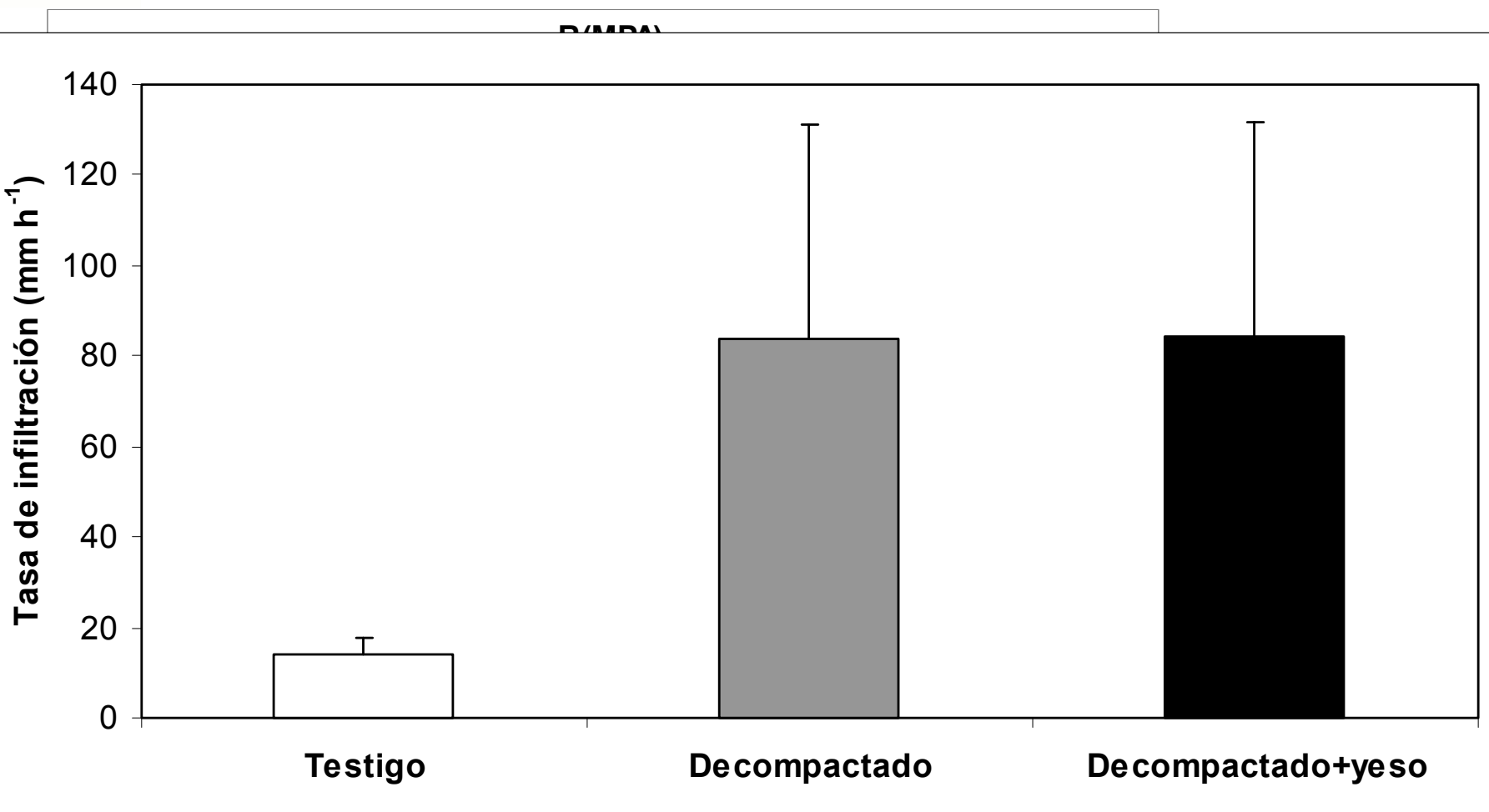


La descompactación con cultivie aumenta la producción de ryegrass

(Gentileza: Hilario Salas, OREA Navarro)

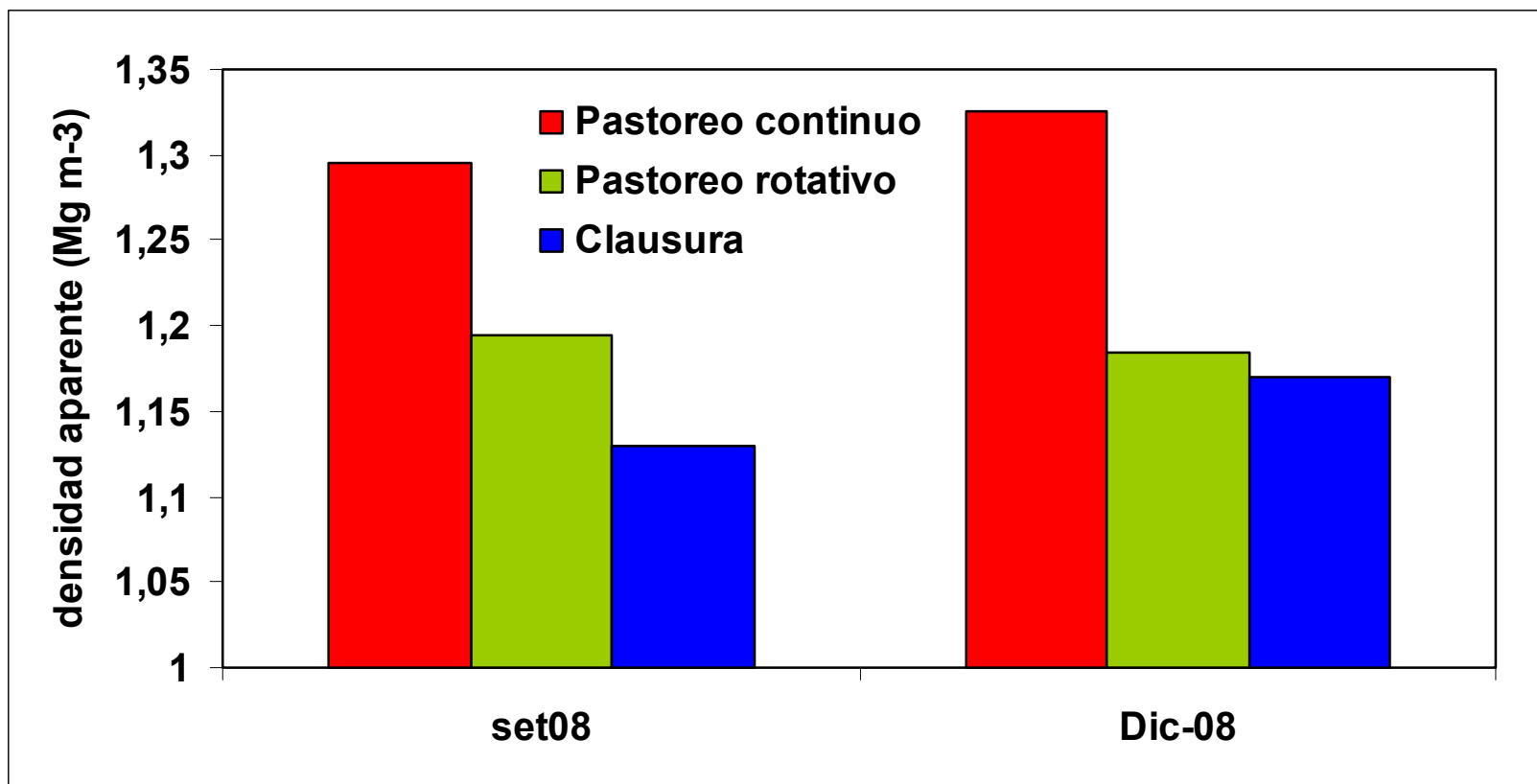


**La descompactación disminuye la densidad del suelo
(Gallardo, Fernández y Taboada, en preparación)**



La descompactación disminuye la resistencia del suelo y aumenta la tasa de infiltración (Gallardo, Fernández y Taboada, en preparación)

**Manejo del pastoreo con descansos periódicos
en bajos con suelos sódicos (Tesis: C. Vecchio, UNLP)**



Descenso de la densidad del suelo (Gentileza: C. Vecchio, UNLP)

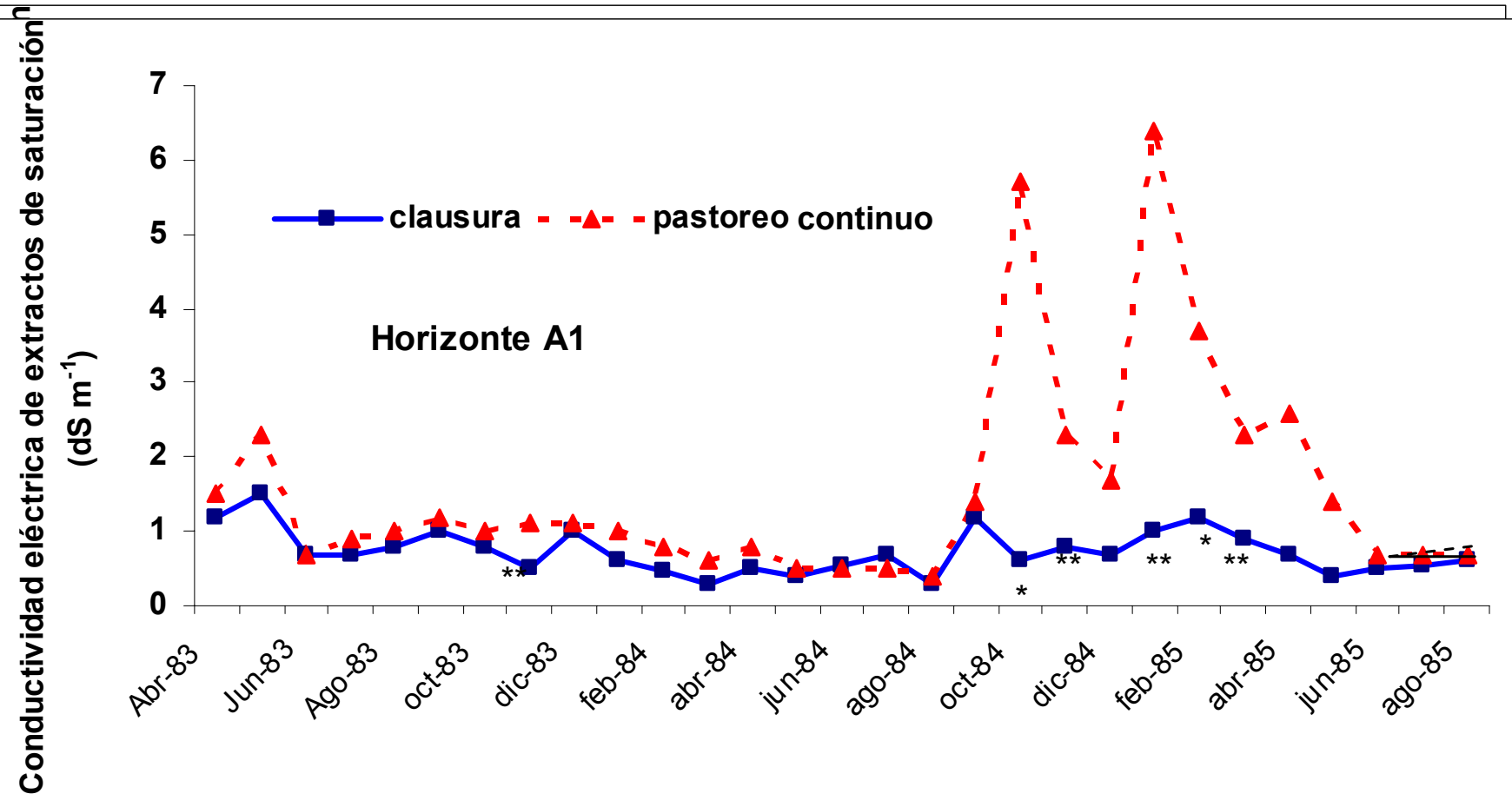
	pH		
	Pastoreo continuo	Pastoreo rotativo	Clausura
0-8 cm	9,5	7,8	7
8-16 cm	10,5	10	9
16-24 cm	10,5	10	9,5

	RAS (sodicidad)		
	Pastoreo continuo	Pastoreo rotativo	Clausura
0-8 cm	15,5	15	10
8-16 cm	26,2	20,5	23
16-24 cm	26	23	19

	% MO		
	Pastoreo continuo	Pastoreo rotativo	Clausura
0-8 cm	1,8	2,9	4,6
8-16 cm	0,9	1,2	1,7
16-24 cm	0,8	1,1	1,4

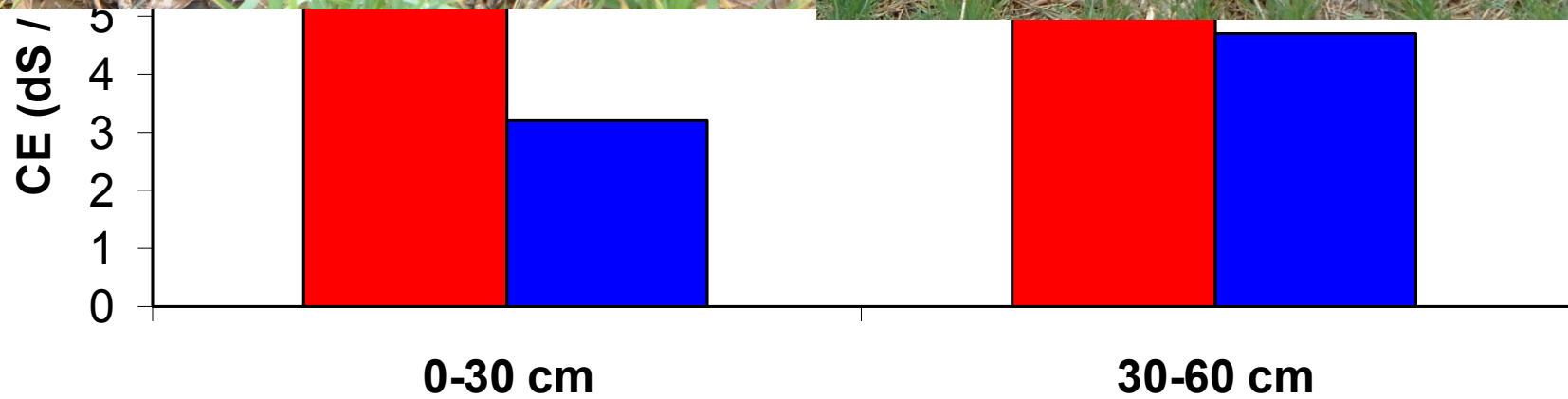
**Mejoran las propiedades del suelo superficial
(C. Vecchio, UNLP)**

Manejo del pastoreo



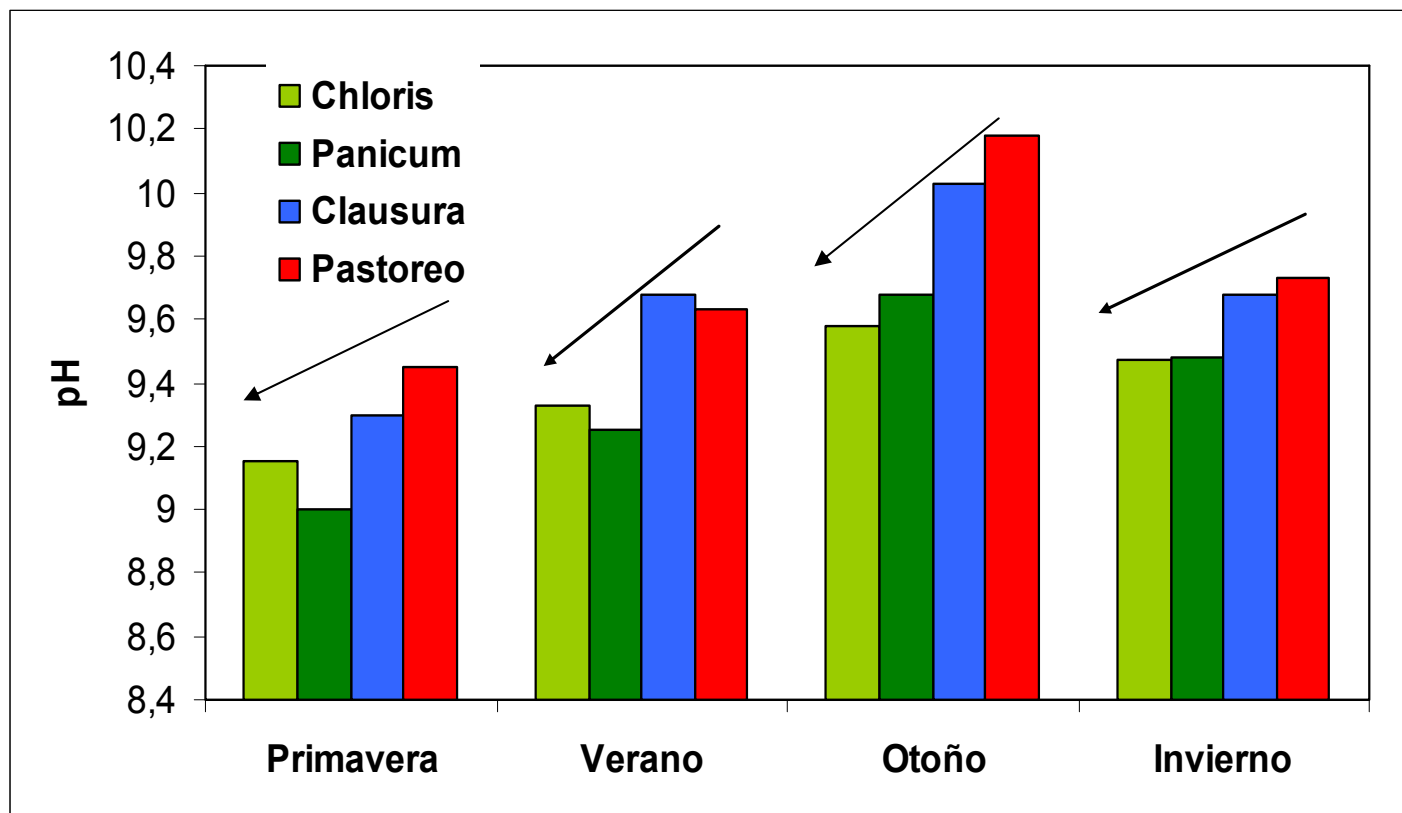
Control de salinidad
Lavado y Taboada (1987)

Tecnologías de rehabilitación



Cuadro 1				
Valores promedio de producción l(Kg./MS/ha) de tres años de evaluación de especies subtropicales				
Especie	Año	Producción Promedio anual Kg/MS/ha	Desvío estándar	Producción Promedio trianual (*) Kg/MS/ha
<i>Chloris gayana</i> Var. Fine Cut	2006	4 916,41	845,27	5024,55 b
	2007	5 817,58	908,44	
	2008	4 339,67	1 030,48	
<i>Chloris gayana</i> Var. Pioneer	2006	4 574,63	371,95	5894,97 b
	2007	7 983,32	216,67	
	2008	5 126,96	1 25,07	
<i>Panicum Coloratum</i> Var. Klein	2006	4 400,87	923,45	5831,72 b
	2007	7 162,38	1 147,82	
	2008	5 931,91	605,79	
Testigo (Pastizal natural)	2006	2 532,54	771,85	2696,96 a
	2007	3 250,08	618,06	
	2008	2 308,26	297,45	
(*). Letras distintas difieren significativamente para p<0,05				

La implantación de sp. megatérmicas aumenta la producción de forraje, en comparación con el pastizal natural (Otondo et al., 2009)



Las mejoras en la productividad se relacionan con descensos de pH y de la sodicidad
(Gentileza: J. Otondo, INTA Depresión del Salado)



**Manejo de hacienda, comederos
y bebederos en bajos**



SUMARIO

a) Saber distinguir entre tipos de suelo:

- Presencia o no de horizonte Bt nátrico: tipo de inundación;
- Criterios de aptitud de uso en función de profundidad del horizonte nátrico y el espesor y calidad del horizonte A;

b) Suelos en parches u “overos”: ¿cuál prevalece?

c) Rehabilitación supeditada al control del agua subterránea y ordenamiento de excedentes de agua.

d) Rehabilitación de suelos:

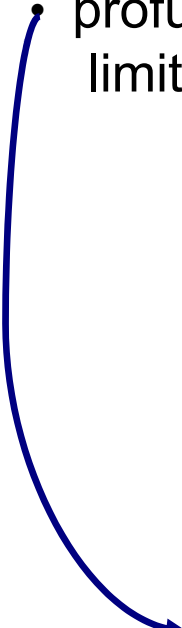
- Métodos correctivos (no sólo yeso...).
- Métodos preventivos: aumentar cobertura superficial (manejo del pastoreo, implantación de megatérnicas) usando SD.
- Evitar labranzas en suelos con napa muy salina.

Desafío: ¿es posible la agricultura?

¿por qué no se podía hacer agricultura?

- ~~riesgo de ascenso capilar de sales~~
- ~~trabajabilidad del suelo y problemas de piso~~
- profundidad del suelo a la cual se presentan las limitantes por sodio y sales

SD: cambio de paradigma



¿cuánta agua útil puede almacenar el suelo libre de limitantes?

- ¿cuán profundo está el horizonte Bt nátrico (sea o no thapto)?
- ¿cuál es la calidad del suelo que queda arriba del Bt nátrico?

0,8 a 1,2 mm agua almacenada por cm de suelo, según la textura.

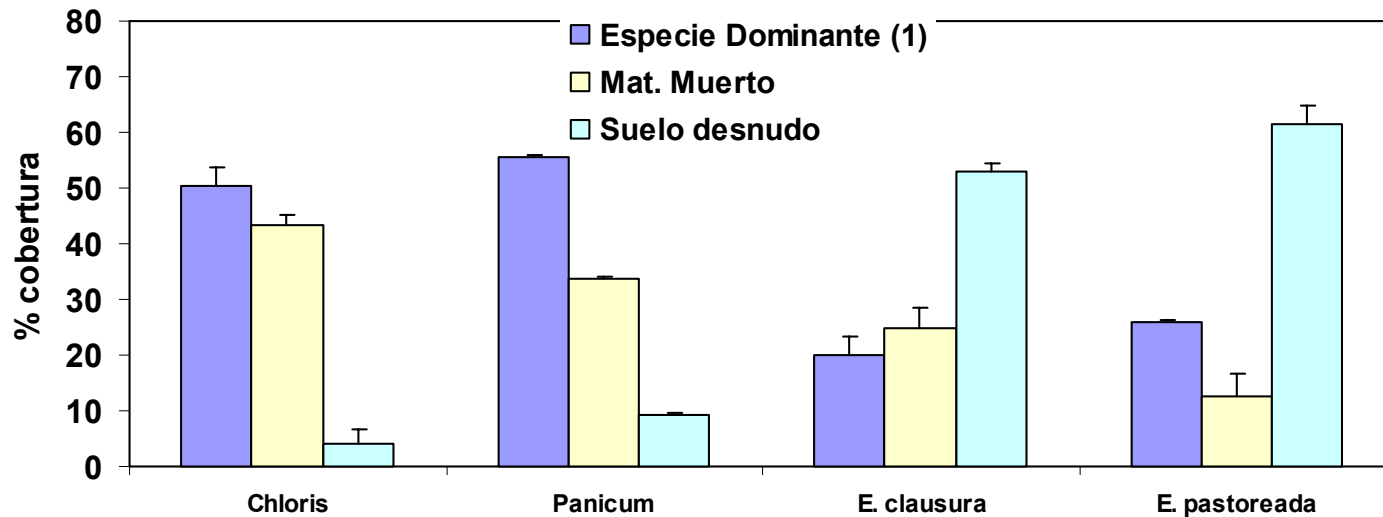
No es lo mismo tener 30 cm hasta el Bt, que tener 60-80 cm.

La posibilidad de la agricultura depende de la autonomía hídrica del suelo y del manejo de esa agua almacenada.

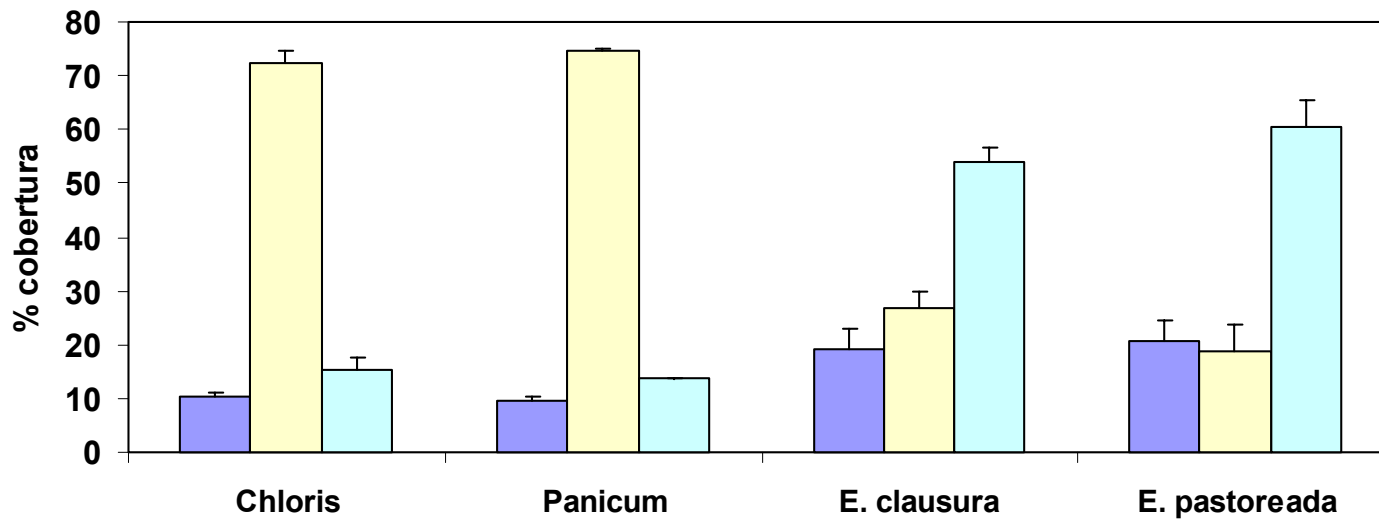
¡Muchas gracias!

Suelos salinos. AER Laboulaye, Córdoba
23 de julio de 2010

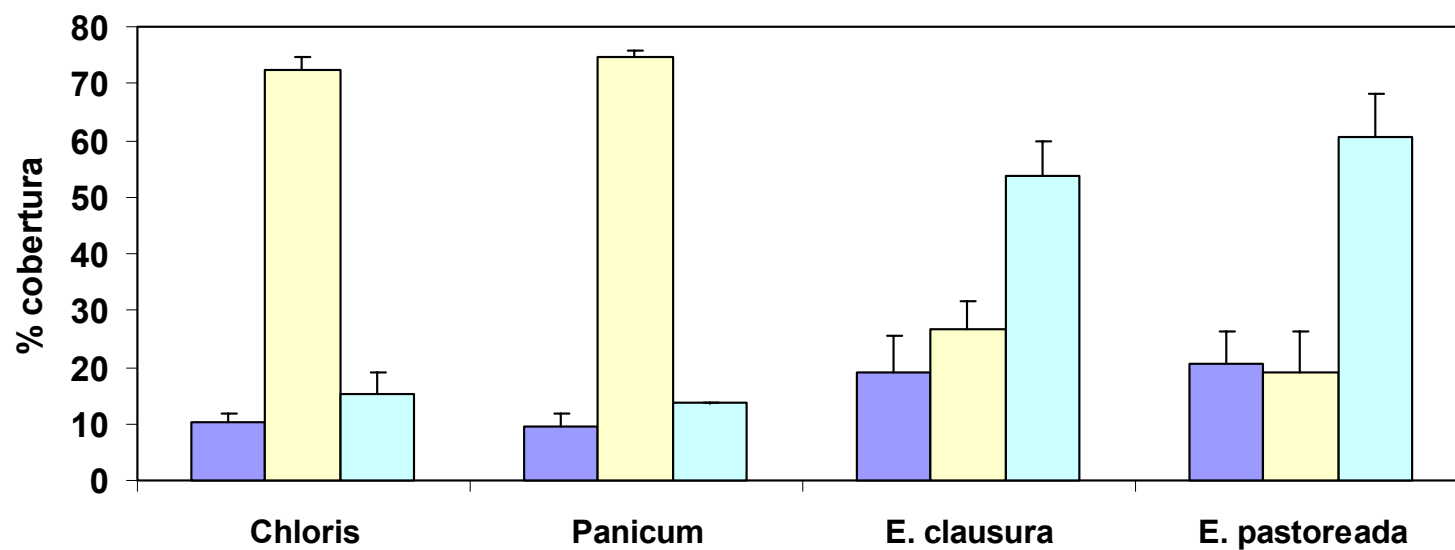
Crecimiento activo (enero)

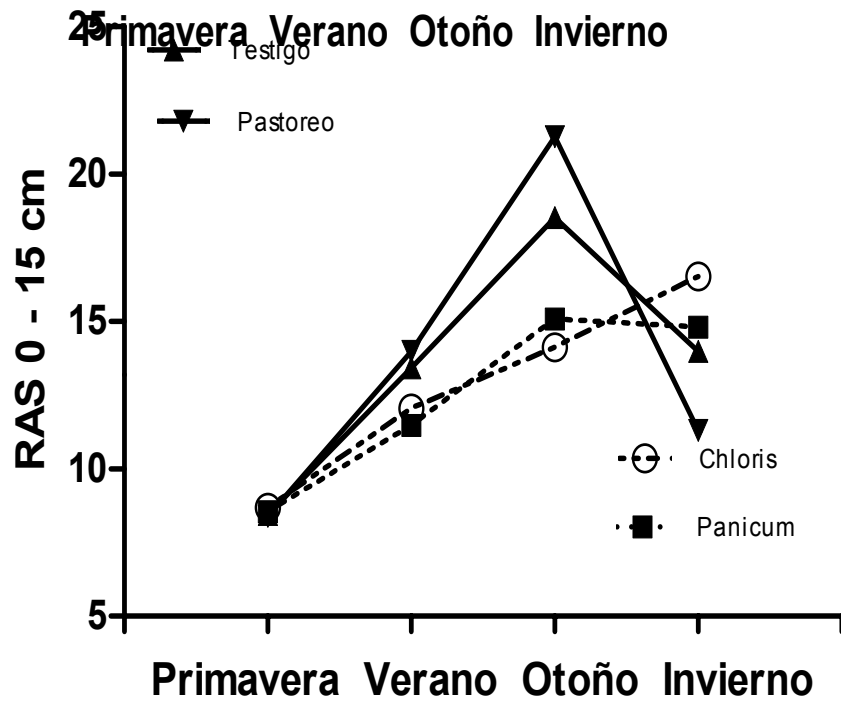
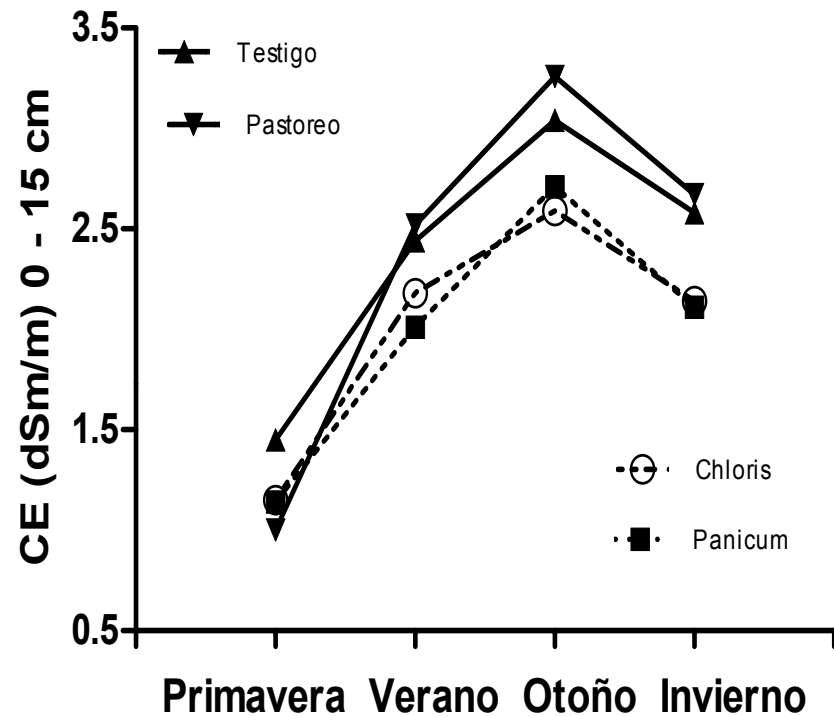
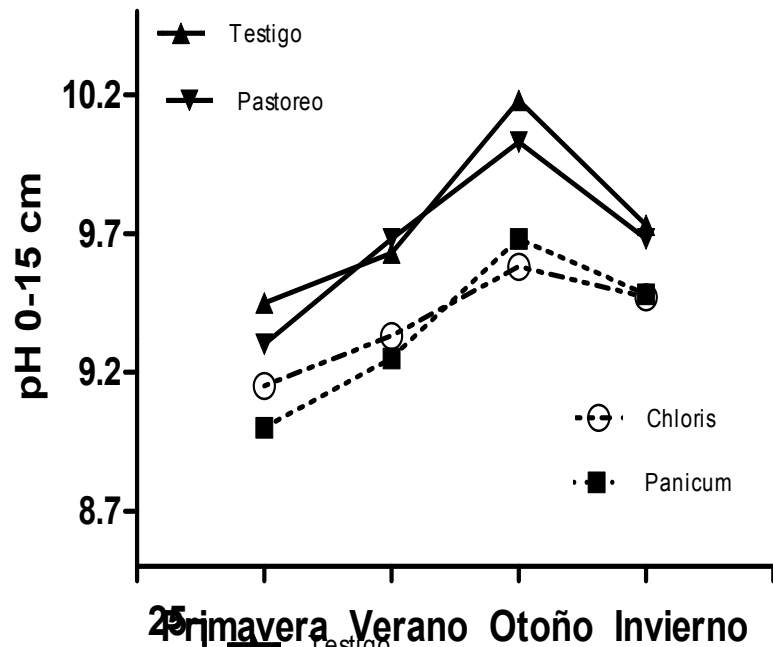


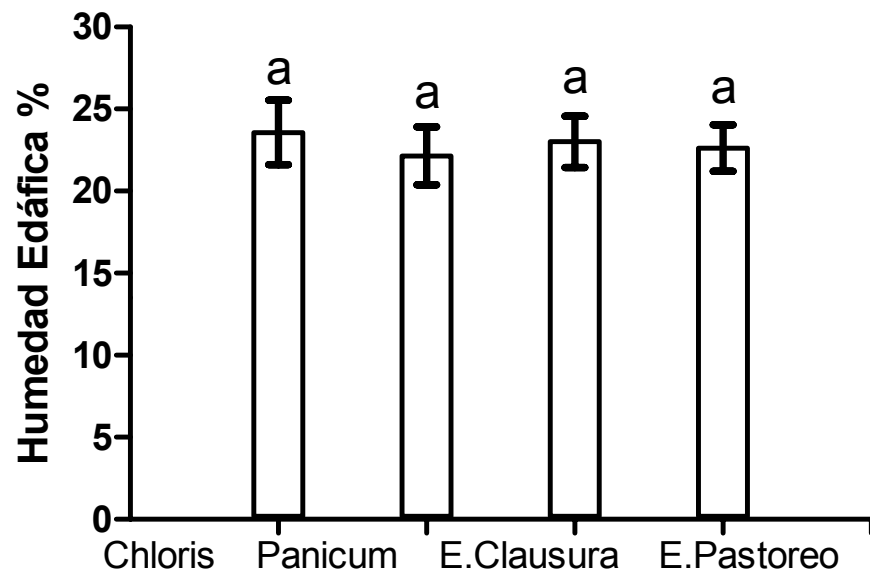
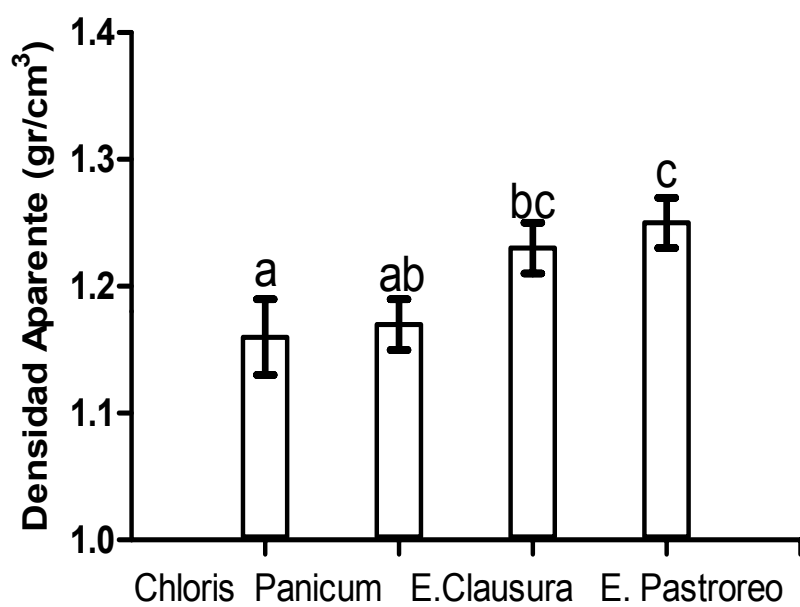
Fin de crecimiento (mayo)

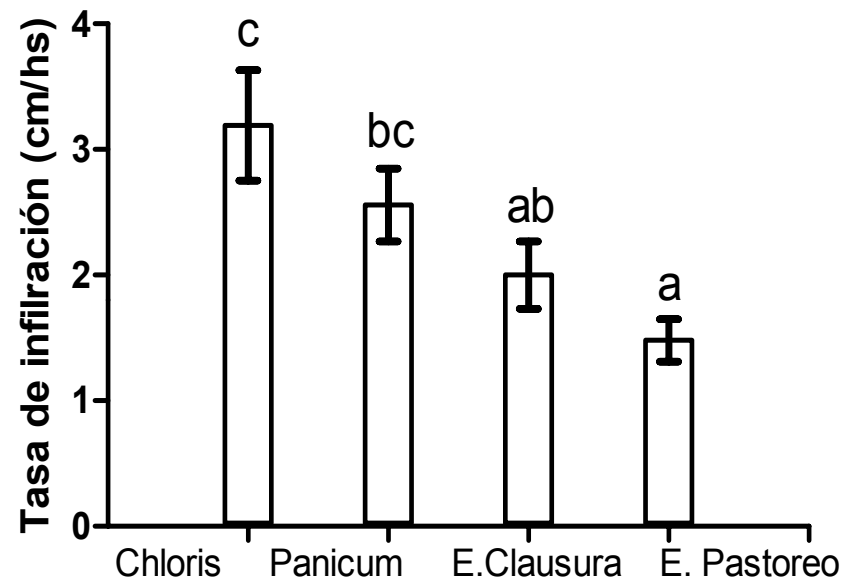
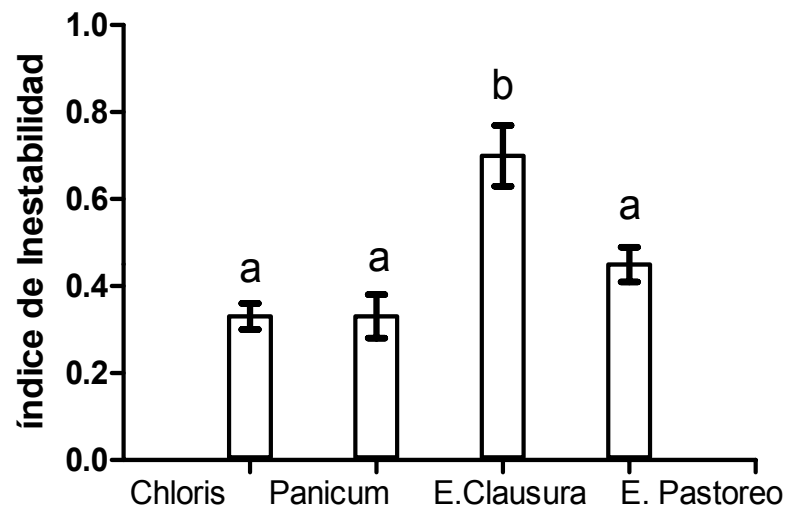


Fin del reposo (setiembre)





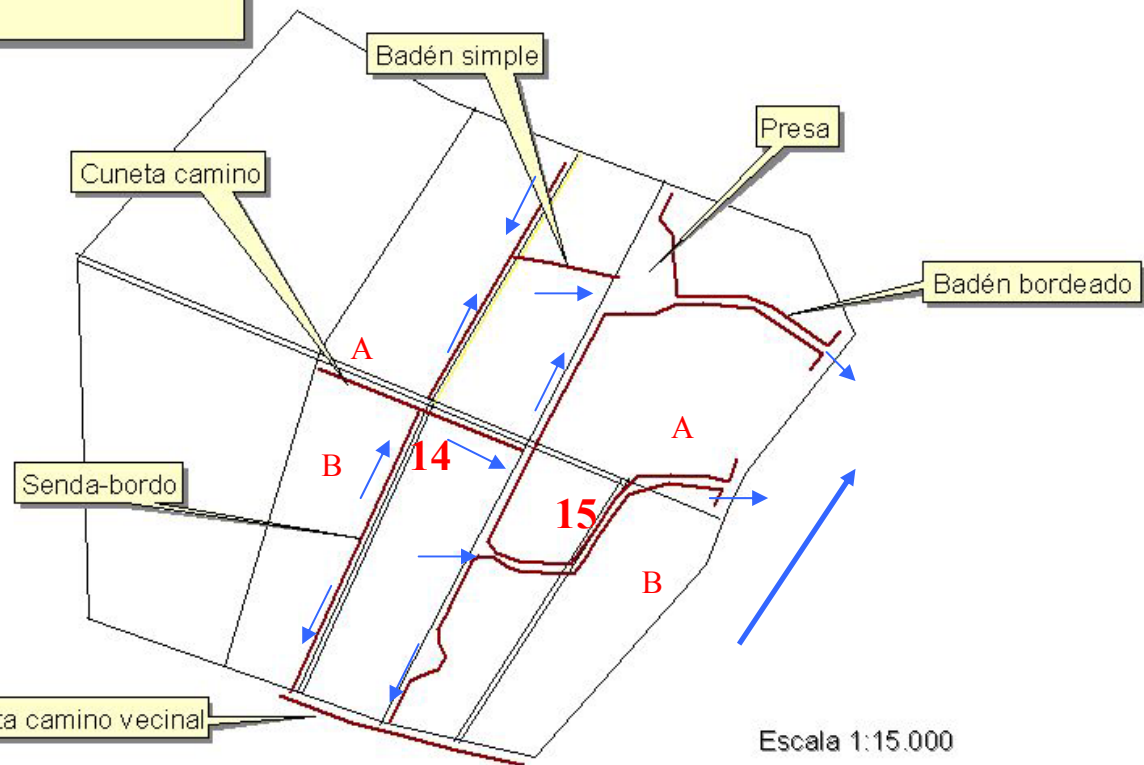






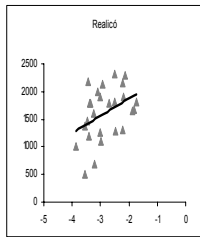
Lavado y Taboada(1988). Catena 15: 577-594

Diseño Funcional "El Contador"

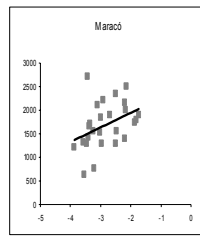


Diseño agrohidrológico predial del establecimiento "El Contador"
(Damiano y Taboada, 2004/05).

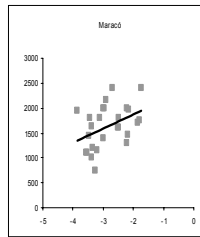
Maíz



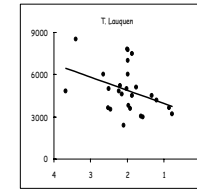
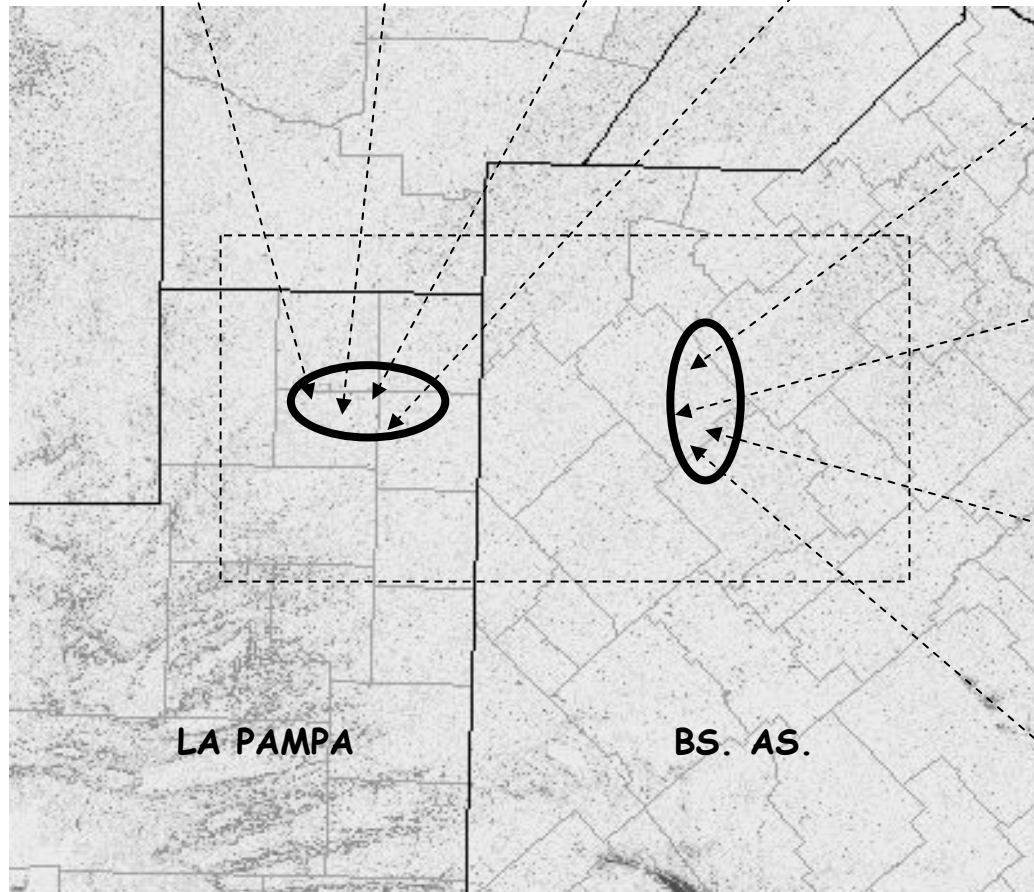
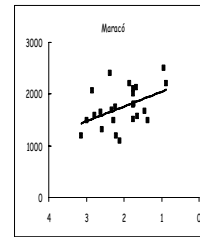
Trigo



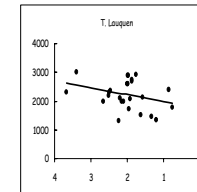
Girasol



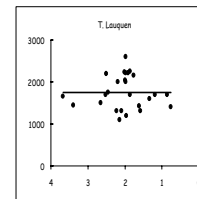
Soja



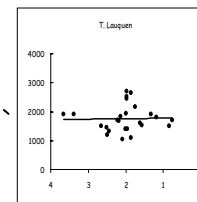
Maíz



Trigo



Girasol



Soja

Relación entre altura de napa y rendimiento de los cultivos en la alta y baja cuenca del Río Quinto