



SALINIDAD EN EL SUELO

SUELOS SALINOS

SALINIZACIÓN:

- Proceso **natural** o de origen **antrópico**
- Uso para riego de aguas de mala calidad (elevado contenido de sales) y/o mala gestión del riego y la fertilización
- Acumulación progresiva de sales
- Normalmente: presencia de cloruros, sulfatos y bicarbonatos de sodio, calcio y magnesio

SALINIDAD

- Problema relacionado con altos contenidos de sales solubles disueltas en la solución de suelo
- Inconvenientes:
 - Aumento del **potencial osmótico** de la solución de suelo
 - Disminución de la disponibilidad de agua para las plantas (tolerancia)
 - Disminución del **crecimiento** y la **producción**
 - **Toxicidad** por sulfatos y cloruros
 - Posibles deficiencias de microelementos
 - **Desequilibrios** nutricionales

SALINIDAD

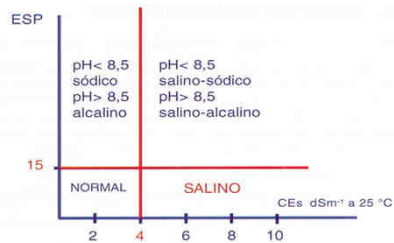
DIAGNÓSTICO:

- Conductividad Eléctrica (dS/m)
 - Pasta saturada
 - CEe > 4.0 dS/m
 - Extracto suelo:agua (1:5)
 - CE (1:5) > 0.2 dS/m

CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN C.E. (dS/m)

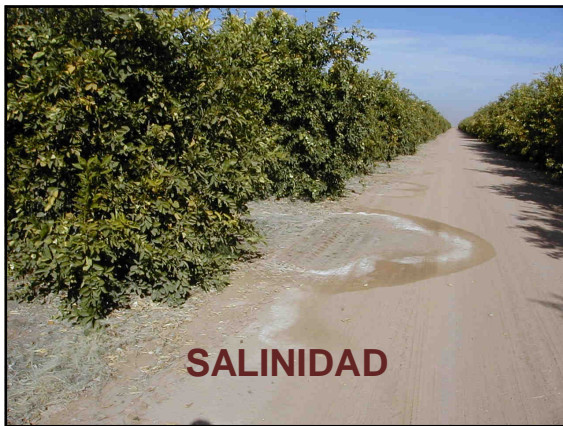
Conductividad Eléctrica - Extracto de Saturación (mS/cm a 25°C)	Conductividad Eléctrica Extracto 1:2.5 (mS/cm a 25°C)	Clasificación	Observaciones
0 – 2	0 – 0.5	Normal	Sin limitaciones para el crecimiento de los cultivos
2 – 4	0.5 – 1	Ligeramente salino	Con limitaciones para el crecimiento de cultivos muy sensibles
4 – 8	1 – 2	Moderadamente salino	Con limitaciones para el crecimiento de muchos cultivos y la consecuente pérdida de rendimiento
8 – 16	2 – 4	Fuertemente salino	Apto sólo para el crecimiento de cultivos tolerantes a las condiciones de salinidad
> 16	> 4	Extremadamente salino	Solo para muy pocos cultivos adaptados

SUELOS AFECTADOS POR SALES



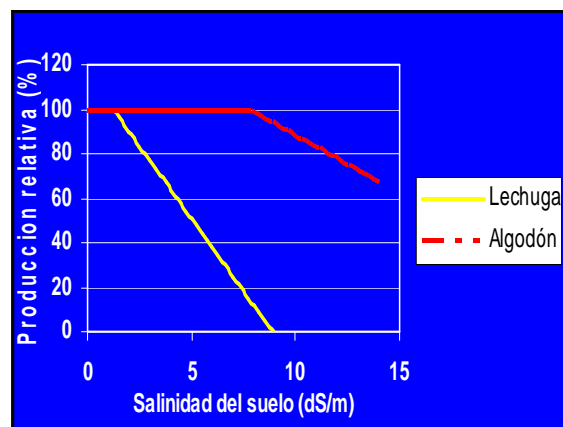
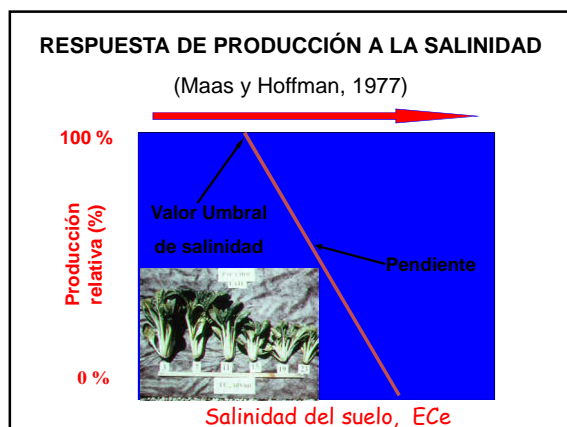
TOLERANCIA DE LAS PLANTAS A LA SALINIDAD

- Las diferentes especies, de acuerdo a sus mecanismos de adaptación, soportan distintos niveles de salinidad
- Existe amplia información sobre el grado de sensibilidad de cultivos como cereales, forrajes, frutales y hortícolas
- En algunos caso se ha comprobado diferencias entre variedades



TOLERANCIA DE CULTIVOS A LA SALINIDAD

VALORES DE CE _e (dS/m) PARA PRODUCTIVIDAD P (%)				
EXTENSIVOS	100	90	50	0
Cebada	8	10,0	18,0	28,0
Millo	1,7	2,5	5,9	10,0
HORTALIZAS				
Alfalfa	2,2	3,6	9,1	16,0
Tomate	2,5	3,5	7,6	12,5
Pepino	2,5	3,3	6,3	10,0
Col	1,8	2,8	7,0	12,0
Papa	1,7	2,5	5,9	10,0
Pimiento	1,5	2,2	5,1	8,5
Lechuga	1,3	2,1	5,2	9,0
Cebolla	1,2	1,8	4,3	7,5
Zanahoria	1,0	1,7	4,6	8,0
Judía	1,0	1,5	3,6	6,5
FRUTALES				
Olivo	2,7	3,8	8,4	14,0
Vina	1,5	2,5	6,7	12,0
Peral				
Manzano	1,7	2,3	4,8	8,0
Narajo				
Ciruelo	1,5	2,1	4,3	7,0
Agacate	1,3	1,8	3,7	6,0
Fresa	1,0	1,3	2,5	4,0



GESTIÓN DE SUELOS AFECTADOS POR SALES

Estrategias de manejo:

- Ligadas a la calidad del agua: mezclas
- Buenas prácticas: fertilizantes, M.O.
- Relacionadas con el manejo del riego: requerimientos de lavado

LAVADO DE SALES

- Es preciso emplear una cantidad adicional de agua para lavar las sales del suelo y alejarlas de la zona en que se desarrollan las raíces.
- Es importante porque si no, se corre el riesgo de producir daños en raíces y hojas.
- Cuanto más salina sea el agua, más cantidad de agua de lavado hay que emplear.
- Hay que asegurar una buena permeabilidad del suelo y un drenaje eficiente que permita evacuar el exceso de sales a eliminar

LAVADO DE SALES

LAVADOS DE RECUPERACIÓN
Los que se realizan durante el proceso de rehabilitación del suelo

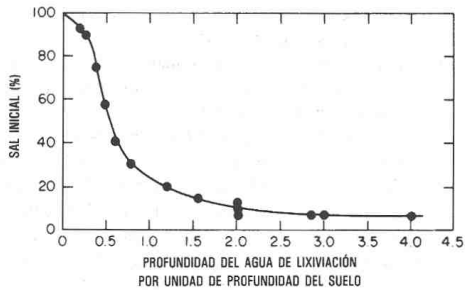
LAVADOS DE MANTENIMIENTO
Los que se realizan para mantener un determinado equilibrio de sales en el suelo

LAVADOS DE RECUPERACIÓN

- Uso de agua con bajo contenido en sales.
- La práctica confirma que el lavado es más eficiente con riego por aspersión y baja pluviometría.
- En suelos con porosidad = 50%:

V. reemplazado poros	% eliminación de sales
1 vol. agua	50%
2 vol. agua	80%

LAVADOS DE RECUPERACIÓN



LAVADOS DE MANTENIMIENTO

- FRACCIÓN DE LAVADO (FL)
- NECESIDADES DE RIEGO:

$$N_n = ET_c / CU(1-FL)$$

REQUERIMIENTO DE LAVADO: cantidad mínima de agua de riego que debe drenar a través de la zona radicular de un cultivo para controlar la salinidad del suelo a un nivel determinado

FRACCIÓN DE LAVADO (FL): relación entre el volumen de agua drenada bajo la zona de raíces y la aportada con el riego

$$F.L. = V_d / V_r = C_{Er} / C_{Ed}$$

FRACCIÓN DE LAVADO

- Riego por gravedad y aspersión de baja frecuencia:

$$FL = C_{Ea} / (5 * C_{Ee} - C_{Ea})$$

FL: fracción de lavado (tanto por uno)

C_{Ea}: C.E. del agua de riego (dS/m)

C_{Ee}: C.E. del extracto de saturación del suelo para la que el descenso de producción es un % que se impone como objetivo a conseguir (10%)

FRACCIÓN DE LAVADO

- Riego por goteo y aspersión de alta frecuencia:

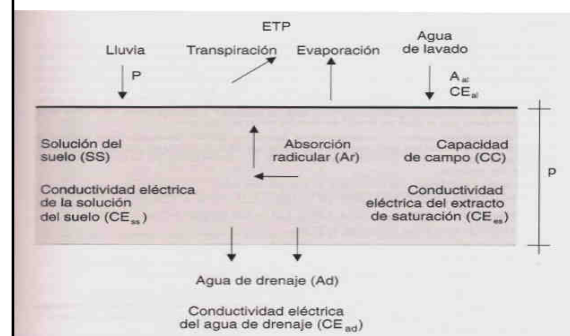
$$FL = C_{Ea} / (2 * C_{Ee_{max}})$$

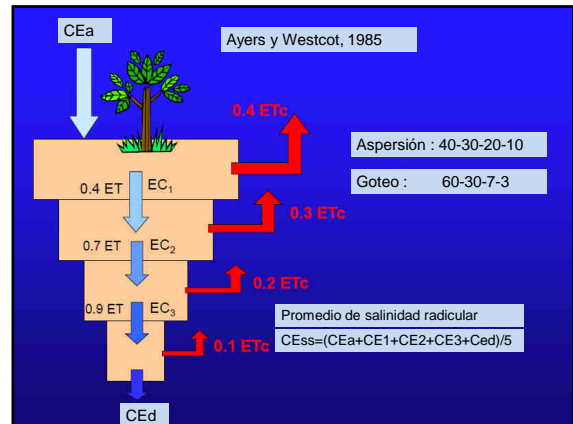
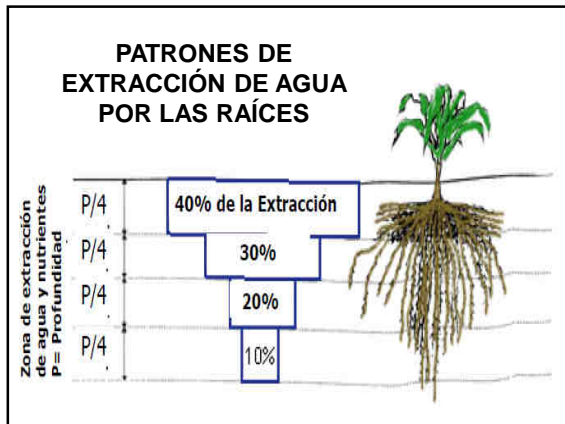
FL: fracción de lavado (tanto por uno)

C_{Ea}: C.E. del agua de riego (dS/m)

C_{Ee_{max}}: conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo para la cual el descenso de producción es del 100% (dS/m)

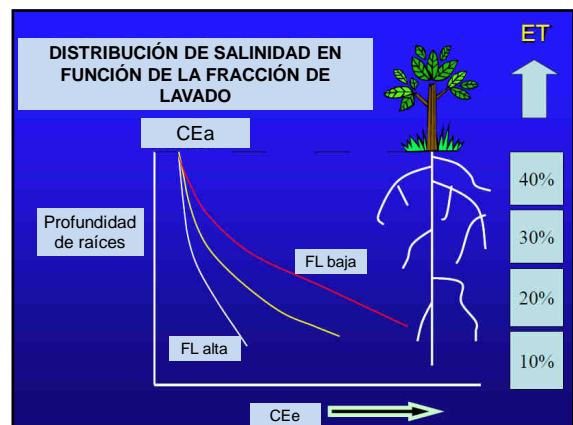
VARIACIÓN DE LA SALINIDAD DEL SUELO DURANTE EL PROCESO DE LAVADO





Distribución de salinidad en profundidad para un patrón de extracción 40:30:20:10 y CEa = 1.0 dS/m

PROFUNDIDAD RADICULAR		C.E. DE LA SOLUCIÓN DE SUELO (CEss)					
		FRACCIÓN DE LAVADO (FL)					
	% ET	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
0	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	40	1.61	1.56	1.52	1.47	1.39	1.32
2	70	2.99	2.70	2.47	2.27	1.96	1.72
3	90	6.90	5.26	4.26	3.57	2.70	2.17
4	100	20.0	10.0	6.67	5.00	3.33	2.50



FL	Agua requerida % ETc	fc
0,05	105,3	3,2
0,10	111,1	2,1
0,15	117,6	1,6
0,20	125,0	1,3
0,25	133,3	1,2
0,40	166,7	0,9
0,60	250,0	0,7
0,70	333,3	0,6
0,80	500,0	0,6

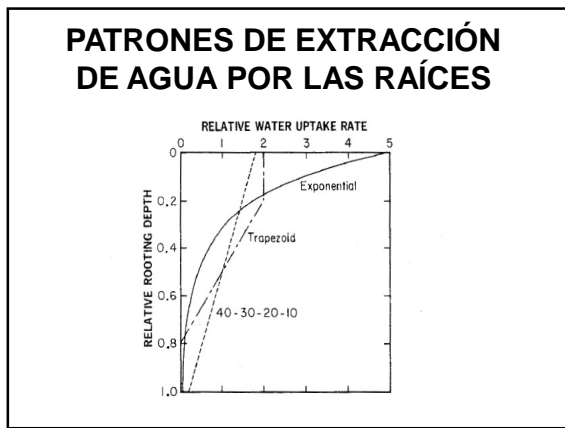
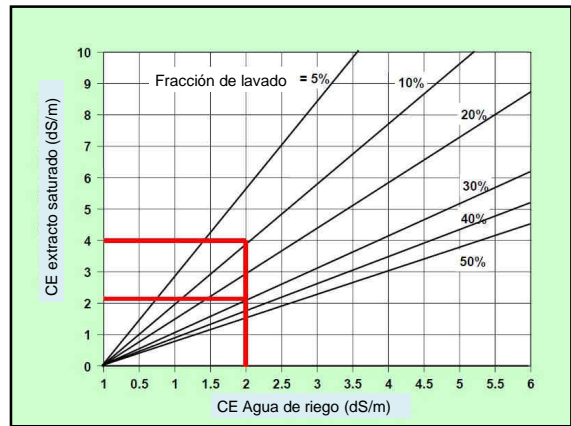
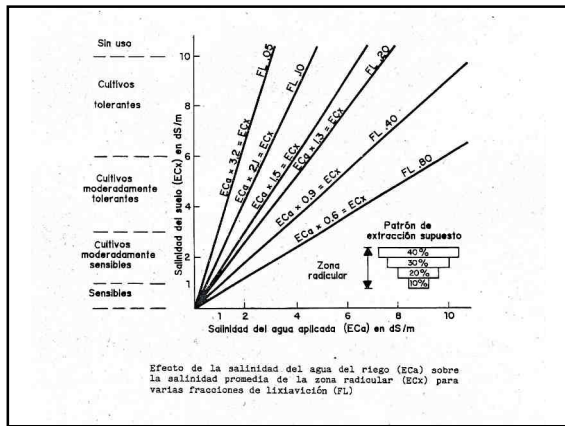
RELACIÓN ENTRE LA SALINIDAD DEL AGUA DE RIEGO Y LA SALINIDAD DEL EXTRACTO SATURADO DEL SUELO

$C.E. ss = 3 C.E. ar$
 $C.E. ss = 2 C.E. es$

$C.E. es = 1,5 C.E. ar$
(F.L. = 15 - 20%)

Donde :

C.E. ar = Conductividad Eléctrica – agua de riego
 C.E. ss = Conductividad Eléctrica – solución suelo
 C.E. es = Conductividad Eléctrica – del extracto



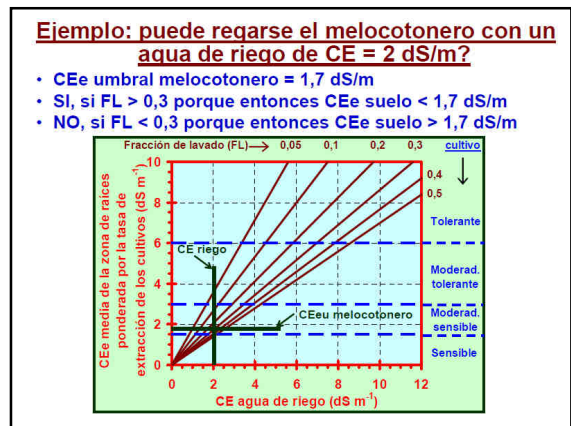
Relación CEe/CEa para un patrón de extracción 40:30:20:10 y CEa = 1.0 dS/m

TASA DE ABSORCIÓN	C.E. DEL EXTRACTO SATURADO DE SUELO (CEe)					
	FRACCIÓN DE LAVADO (FL)					
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
ABSORCIÓN 40-30-20-10	3.25	2.05	1.59	1.33	1.04	0.87
ABSORCIÓN LINEAL (R.L.B.F.)	2.75	1.88	1.51	1.29	1.03	0.87
ABSORCIÓN CONSTANTE (R.L.A.F.)	1.77	1.35	1.15	1.04	0.88	0.78

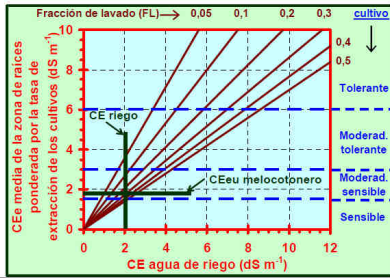
Water uptake of corn (l per week per plant) as affected by vertically unequal distribution of the salinity in the root zone

Treatments salinity in root zone ¹	Water uptake						
	Top	Centre	Bottom	Total	% Top	% Centre	% Bottom
0	0	0	0	4.800	46	35	19
S	0	0	0	3.674	10	42	48
0	S	0	0	4.460	60	7	33
0	0	S	0	5.009	51	44	5

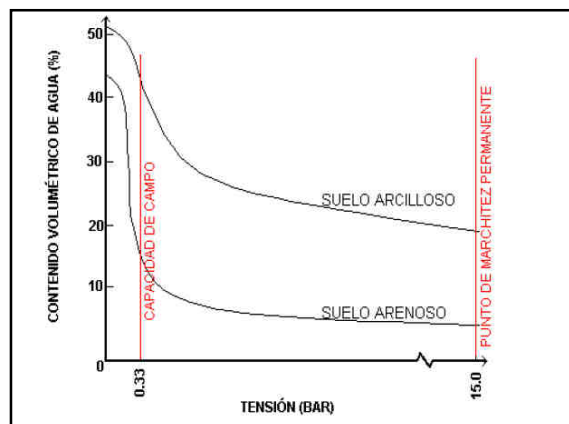
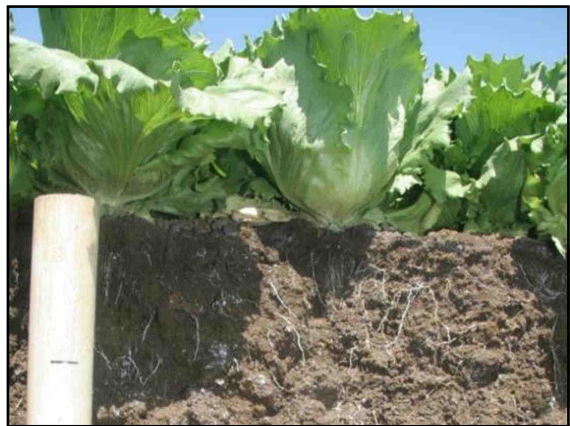
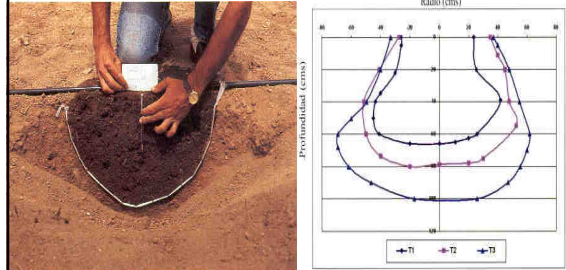
¹ 0 - no salinity and S - saline part.
Data after Bingham and Garber (1970)



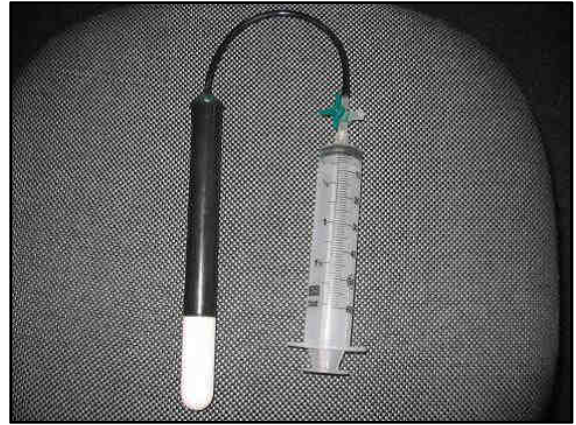
- **Conclusión:** es necesario conocer la FL para saber si un agua es apta o no para regar un determinado cultivo.
- Necesidad de Lavado (NL) de un cultivo: mínima FL compatible con el máximo rendimiento del cultivo
- Ejemplo anterior: NL = 0,3



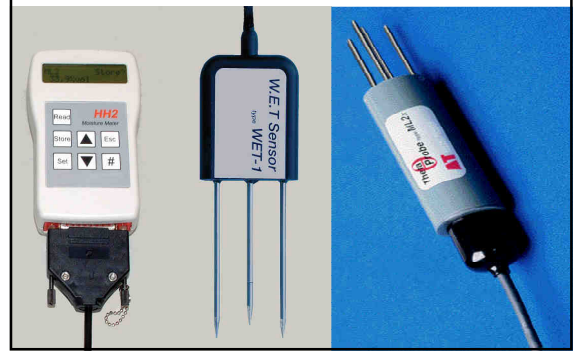
DISEÑO AGRONÓMICO



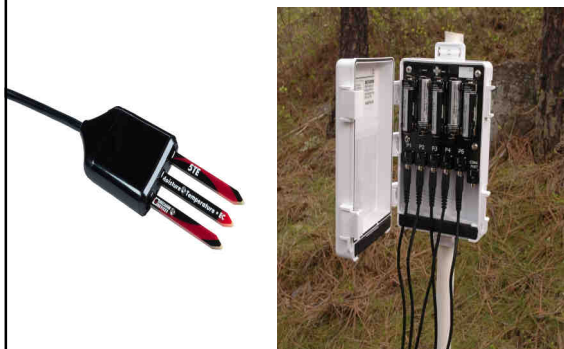
Humedad del suelo



SENSORES PORTÁTILES



SONDAS DE HUMEDAD



DETECTOR DE FRENTE HÚMEDO

