

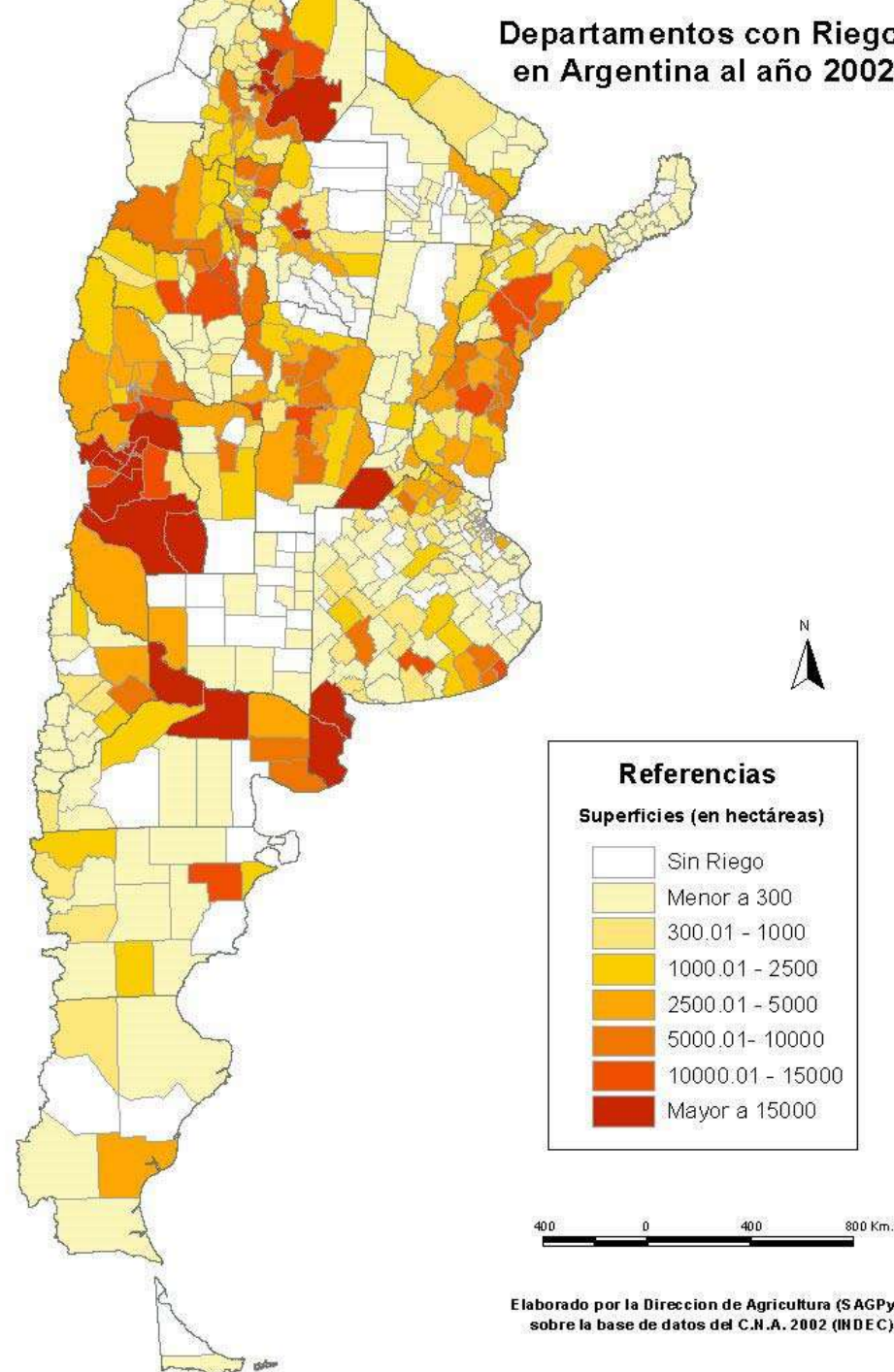
Temario

- **Riego**
- **Oferta y demanda hídricas.**
- **Disponibilidad de agua superficial y subterránea**
- **Calidad del agua para riego**
- **Tolerancia salina de los cultivos**
- **Requerimientos de lixiviación**
- **Eficiencias de riego**
- **Elaboración de curvas de demanda**

Que es Riego?

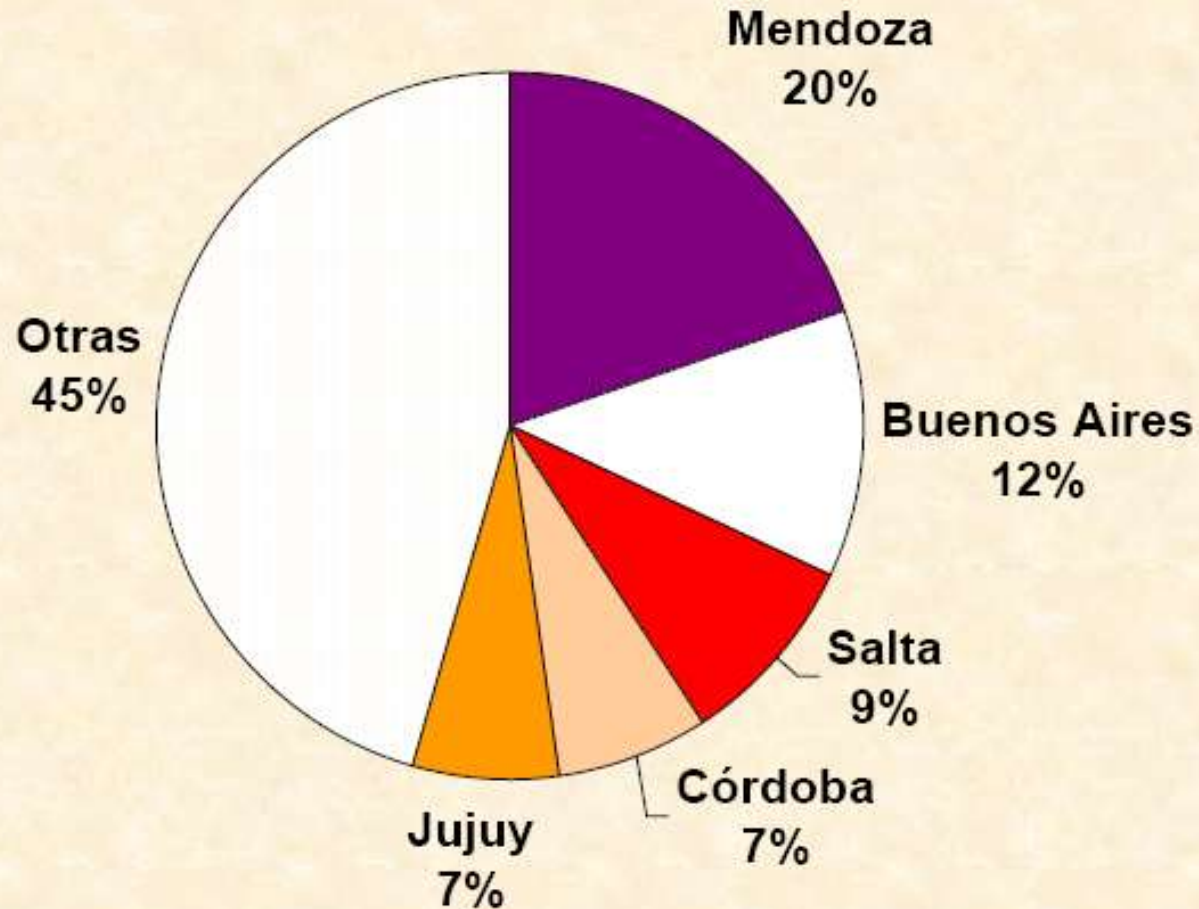
- La aplicación artificial de agua con el fin de suministrar a las especies vegetales, la humedad necesaria para su desarrollo, satisfaciendo la demanda con alta eficiencia en el uso del agua.
- Implica la regularización de la humedad del suelo mediante la aplicación de agua al suelo, en la zona de mayor actividad de extracción hídrica ocupada por raíces.

Departamentos con Riego en Argentina al año 2002



Elaborado por la Dirección de Agricultura (SAGPyA)
sobre la base de datos del C.N.A. 2002 (INDEC).

Contribución porcentual



Tipos de riego

- Integral: se riega durante todo su ciclo o gran parte, por insuficiencia hídrica natural.
 - Zonas áridas y semiáridas
 - Cultivos protegidos
- Complementario: se riega para complementar los aportes por lluvias.
 - Zonas húmedas y subhúmedas
- Suplementario

Métodos de riego: clasificación

- Superficiales.
 - Gravitacionales: Surcos y amelgas
 - Requieren de escurrimiento para distribuir el agua
 - Aéreos: Aspersión y goteo
 - No requieren de escurrimiento para distribuir el agua
- Subterráneos
 - Subirrigación
 - Aplican agua en la rizósfera

Oferta y demanda hídricas

- **Oferta:**
 - Atmosférica
 - Superficial
 - Subterránea
- **Demanda:**
 - Requerimientos de agua de los sistemas agropecuarios y forestales,
 - Ineficiencias en la captación, almacenamiento, conducción y aplicación

Aplicaciones de la oferta y demanda

- Estudios hidrológicos. Balances hídricos. Erosión. Conservación de los recursos hídricos.
- Estudios de captación, conducción, almacenamiento, regulación y evacuación de excedentes hídricos.
- Proyectos integrales de riego y drenaje.
- Programas operativos de riego.

Agua superficial y subterránea

- **Agua superficial:**
 - Cubicación de reservorios naturales y artificiales
 - Uso de series históricas de caudales en cauces
- **Agua subterránea:**
 - Acuífero subsuperficial o freática (caudales pequeños)
 - Acuífero profundo (caudales mayores)
 - Libres confinados o semiconfinados

Acuíferos

- **Conductividad hidráulica K:**
Propiedad del medio poroso referida a la capacidad de transmitir agua
 - Unidades: cm/h y m/día
- **Ensayos de bombeo:**
 - Test de acuíferos
 - Test de pozo
- **Caudal específico del pozo q :**
Caudal alumbrado por metro de abatimiento
 - Unidad: m²/h

Problemas de calidad en agua de riego

- **La salinidad** incrementa el potencial hídrico de la solución del suelo (presión osmótica) disminuyendo la disponibilidad de agua del suelo
- **La sodicidad** promueve la defloculación coloidal dispersando agregados, disminuyendo la permeabilidad (menor infiltración y conductividad hidráulica).
- **La toxicidad** específica
- **Las partículas minerales y de sustancias químicas** determinando alteraciones en los elementos y redes de conducción, aplicación y evacuación de aguas de riego y drenaje

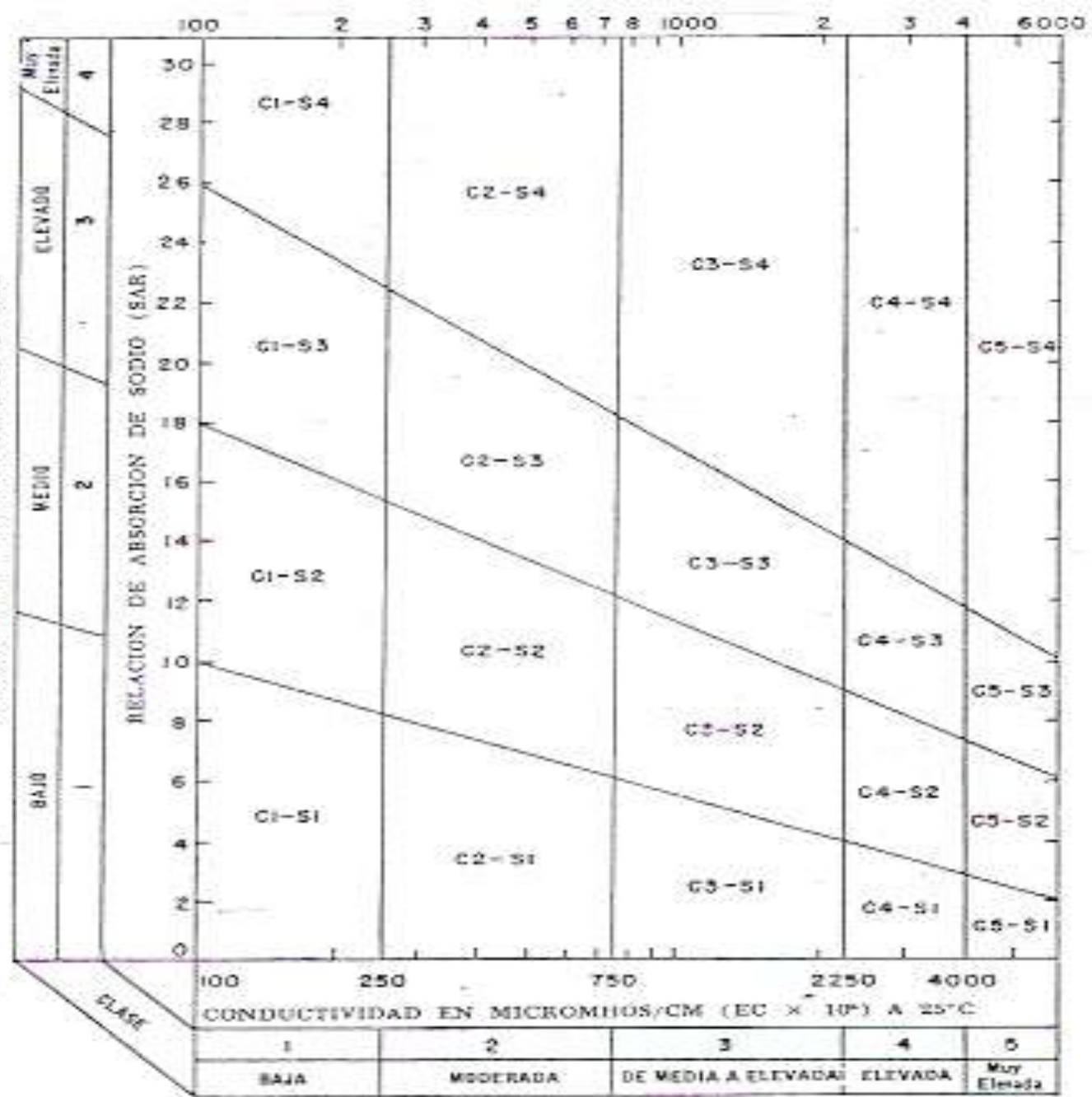
Determinaciones en agua para riego

- Toma de muestra superficial y subterránea:
- Ph
- Salinidad
 - Total de sólidos disueltos TSD, evaporación de la solución y pesada del residuo sólido.
Unidad (g) o (mg) de sal
 - Concentración salina de la solución, idem anterior.
Unidad (g/l) o (mg/l) = (ppm).
 - CE de la solución con conductivímetro o resistenciómetro: es la inversa de la resistencia al paso de una corriente eléctrica.
Unidades 1000 micromho/cm ($\mu\text{mho/cm}$) = milimho/cm (mmho/cm) = deciSiemens/m (dS/m)

Determinaciones en agua para riego

- Cationes Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}
 - unidad: me/l
- Aniones Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- , B^- , NO_3^- , NO_2^-
 - unidad: me/l
- $\text{RAS} = (\text{Na}^+) / [\frac{1}{2} (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]^{-1/2}$
 - Unidad (me/l) (me/l)^{-1/2}
- $\text{CSR} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$
 - Unidad: me/l

RIESGO DE ALCALINIDAD POR SODIO



RIESGO DE LA SALINIDAD

Ayers y Westcot 1976 Propuesta FAO

- Salinidad: castiga menos por tener salino (moderada restricción 3 dS/m).
- Sodicidad: vincula sodificación con salinización. La disminución de infiltración por dispersión coloidal del sodio, es contrarrestada por permeabilidad de las sales en solución, que mantienen la agregación coloidal.

Las aguas de menor calidad son las sódicas poco salinas.

- Toxicidad: amplía las directrices para evaluar la aptitud del agua, referente a la acción específica del sodio, cloro, boro, bicarbonato y nitrato.
- Tolerancia salina de los cultivos: respuestas productivas con aguas mineralizadas (rendimiento potencial)

AGUA DE RIEGO: INTERPRETACIÓN DE LA CALIDAD¹

Problemas potenciales de riego				Unidad	Grado de restricción en el uso		
					Ninguno	Bajo a moderado	Severo
Salinidad (afecta la disponibilidad de agua) ²							
	EC_w			dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
	TDS			mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltración (afecta la tasa de infiltración del suelo. Evaluar usando EC _w y SAR juntos) ³							
SAR	= 0 – 3	y EC_w	=		> 0.7	0.7 – 0.2	< 0.2
	= 3 – 6		=		> 1.2	1.2 – 0.3	< 0.3
	= 6 – 12		=		> 1.9	1.9 – 0.5	< 0.5
	= 12 – 20		=		> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
	= 20 – 40		=		> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9
Toxicidad específica (afecta cultivos sensibles)							
	Sodio (Na)						
	Riego superficial			SAR	< 3	3 – 9	> 9
	Riego por aspersión			me/l	< 3	> 3	
	Cloruro (Cl)						
	Riego superficial			me/l	< 4	4 – 10	> 10
	Riego por aspersión			me/l	< 3	> 3	
	Boro (B)			mg/l	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Otros Efectos (afecta cultivos sensibles)							
	Nitrógeno (NO₃⁻ - N)			mg/l	< 5	5 – 30	> 30
	Bicarbonato (HCO₃⁻) (aspersión)			me/l	< 1.5	1.5 – 8.5	> 8.5
	pH				Rango Normal 6.5 – 8.4		

Símbolo	Unidad ¹	Rango normal en el agua de riego	
CE _w	dS / m	0 a 3	dS / m
TDS	mg / l	0 a 2000	mg / l
Ca ⁺⁺	me / l	0 a 20	me / l
Mg ⁺⁺	me / l	0 a 5	me / l
Na ⁺	me / l	0 a 40	me / l
CO ₃ ⁻	me / l	0 a 0,1	me / l
HCO ₃ ⁻	me / l	0 a 10	me / l
Cl ⁻	me / l	0 a 30	me / l
SO ₄ ⁻	me / l	0 a 20	me / l
NO ₃ -N	mg / l	0 a 10	mg / l
NH ₄ -N	mg / l	0 a 5	mg / l
PO ₄ -P	mg / l	0 a 2	mg / l
K ⁺	mg / l	0 a 2	mg / l
B	mg / l	0 a 2	mg / l
pH	14.01	6,0 a 8,5	
SAR	(me/l)	0 a 15	

Calidad de aguas para riego complementario

- La salinidad es controlada por el exceso de precipitación
- La sodicidad es controlada por dilución y concentración de la solución del suelo, intercambio catiónico y lixiviación

RIESGO DE SALINIDAD y SODICIDAD EN RIEGO COMPLEMENTARIO.

Válido para la región pampeana húmeda. Fuente: IPG-Taller sobre calidad de agua, 1998.

1) Riesgo de salinidad	Indicador	Aptitud del agua de riego		
		Buena	Dudosa	No recomendada
Zonas donde el excedente otoñal de lluvias produzca el lavado de sales, en suelos con nivel freático < - 3m	CE (dS/m)	Menor de 2	2y4	Mayor de 4
2) Riesgo de sodicidad				
a) Suelos del sudeste bonaerense MO superficial 6-7%, % arcilla 25-26 CIC 22-25 cmollkg, pH 6-7 Req.de riego 70-160 mm/año	RAS	<15	20	>20
b) Argiudoles del norte de Bs. As. MO= 2,5-3%, % arc horiz A=22-24% Req. de riego,150-200 mm/año	RAS	< 10	15	>15
c) Argiudoles del NE de Santa Fé Arc. Horiz A=26%, limo= 70 % CIC= 20 cmollkg, pH ligeram. Ácido Req. De riego 150/300 mm/año	RAS	<7	12	>12
d) Haplustoles del centro sur de Córdoba, francolimosos en superficie CIC= 15-17 cmol/Kg y req. de riego 200/350 mm/año	RAS	<5	5a 10	>10

Requerimiento de lixiviación

- Es el exceso de agua que disuelve y profundiza las sales que se introdujeron con el agua de riego
- ECUACION DEL BALANCE SALINO EN LA RIZOSFERA
- $V_r C_r + V_{pp} C_{pp} + V_{as} C_{as} + S_m + S_f - V_d C_d - S_p - S_c = 0$
 - V_r, V_{pp}, V_{as} y V_d : volúmenes de agua de riego, lluvia, subterránea y drenada, respectivamente.
 - C_r, C_{pp}, C_{as} y C_d : concentraciones de las diferentes aguas.
 - S_m : cantidad de sales disueltas de los minerales del suelo.
 - S_f : aportadas por fertilizantes y enmiendas
 - S_p : precipitadas que salen de la solución
 - S_c : removidas por extracción en la cosecha

Conclusiones

- Cuanto más salinas sean las aguas de riego, se requerirán RL mayores.
- Para una misma agua, cultivos más tolerantes requerirán menores valores de RL
- El RL también disminuirá a medida que se permitan crecientes reducciones de los rendimientos.

Eficiencias de conducción de agua

- Eficiencia de conducción % = $Ef_c = 100 Q_2 / Q_1$
 - Q_1 = caudal de la estación 1, aguas arriba, en m^3/s
 - Q_2 = caudal de la estación 2, aguas debajo de la estación 1, en m^3/s .
- Ejemplo,
 - $Q_1 = 1,12 m^3/s$,
 - $Q_2 = 0,98 m^3/s$,
 - $Ef_c = 87,5 \%$

Eficiencia de aplicación

- $Ef_a = 100 \Sigma d\bar{a}_i / dd$
 - $\Sigma d\bar{a}_i$ = sumatoria de láminas medias almacenadas por horizonte o estrato, en toda la zona de raíces, en mm
 - dd = lámina derivada, en mm.

Temario

- **Riego**
- **Oferta y demanda hídricas.**
- **Disponibilidad de agua superficial y subterránea**
- **Calidad del agua para riego**
- **Tolerancia salina de los cultivos**
- **Requerimientos de lixiviación**
- **Eficiencias de riego**
- **Elaboración de curvas de demanda**