

# **MANUAL DE USO E INTERPRETACIÓN DE AGUAS**

**Córdoba - 2008**

# **AUTORIDADES DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA**

## **GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA**

Cr. Juan Schiaretti

## **SECRETARÍA DE AMBIENTE**

Dra. María Amelia Chiofalo

## **Director de Jurisdicción de Recursos Naturales**

Dr. Oscar Guillermo de Allende

## **Jefe de División de Suelos**

Ing. Agr. José Luis Tassile

## **Autor**

Tec. Univ. en Química Rafael Omar Jarsun (1)

## **Colaboradores:**

Verónica Bustos (2)

Ing. Agr. Mariana Carnero (1)

(1) Secretaría de Ambiente

(2) EEA INTA Manfredi

## **PRÓLOGO:**

El presente trabajo tiene, como objetivo, dar respuesta a los planteos más frecuentes que surgen de los datos de un análisis físico – químico de aguas. Se trata de dar un enfoque práctico, sencillo y de fácil interpretación para el diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas tanto para el uso humano como para bebida animal y riego; haciendo hincapié en los dos últimos.

Este manual no constituye otra cosa que una recopilación de la bibliografía y experiencias existentes con el agregado de información relacionada a la geomorfología de los suelos y el clima de la Provincia de Córdoba transformándose así una herramienta más para el productor agropecuario de nuestra provincia.

Rafael Omar Jarsun  
Laboratorio de Suelos, Aguas y Efluentes  
SECRETARÍA DE AMBIENTE

## ÍNDICE:

	Página
1- CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO	6
1-1 Peligro de Salinización de los Suelos	6
-Suelos Salinos	6
-Estimación del Peligro de Salinización de los Suelos	7
1-2 Peligro de Sodificación del Suelo	9
-Suelos Sódicos	9
-Ubicación de las sales y el sodio en el Suelo	10
-Estimación del Peligro de Sodificación del Suelo	11
1-3 Peligro de Toxicidad de Algunos Iones	13
-Sodio	13
-Cloro	14
-Boro	14
1-4 Clasificación de Richards	14
1-5 Clasificación de la FAO	16
1-6 Consideraciones acerca la clasificación de Richards	18
1-7 Riego en Exceso o de Lavado	19
-Estimación del Volumen de Agua en Exceso	19
1-8 Estimación de la Disminución del Rendimiento por el Riego con Agua Salina	21
2- CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y ANIMAL	28
2-1 Uso Humano	28
2-2 Uso Animal	32
2-2-1 Importancia	32
2-2-2 Necesidad de Agua de los Animales	32
2-2-3 Calidad de Agua para Consumo Animal	33
2-2-4 Factores que Determinan la Calidad del Agua	34
-Salinidad Total	34

-Calidad de Sales	35
-Sulfatos	35
-Cloruros	36
-Deficiencia de Cloruros	37
-Presencia de Elementos Tóxicos	37
2-2-5 Calidad de Agua para Bovinos	38
3- CONTROL DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA	41
4- COMBINACIONES HIPOTÉTICAS	42
5- BIBLIOGRAFÍA	45
MAPAS Y ANEXOS	
Mapa de Precipitaciones Medias Anuales de la Provincia de Córdoba	24
Mapa de Evapotranspiración Potencial de la Provincia de Córdoba.	25
Mapa de Evapotranspiración Real de la Provincia de Córdoba	26
Mapa de Aptitud de Uso para el Riego de los suelos de la Provincia de Córdoba.	27
Tabla Periódica de los Elementos	44

## **CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO**

En la calidad química del agua para riego, es necesario analizar tres aspectos fundamentales:

- 1-1** PELIGRO DE SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS
- 1-2** PELIGRO DE SODIFICACIÓN DE LOS SUELOS
- 1-3** TOXICIDAD DE ALGUNOS IONES

### **1-1 PELIGRO DE SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS**

- Suelos Salinos:

La salinidad de los suelos se manifiesta por la presencia de sales solubles en la solución del mismo, estas sales aumentan la presión osmótica de la solución del suelo, restringiendo la posibilidad de succión del agua por las plantas, pudiendo impedir el abastecimiento de la misma.

La forma de medir o cuantificar la salinidad de los suelos es a través de la conductividad eléctrica de una solución suelo-agua, en proporciones definidas. Las más usadas son: El extracto de la pasta saturada del suelo y el extracto en proporción suelo-agua de 1:2,5.

Se muestra a continuación una tabla de clasificación de los suelos salinos en función de la conductividad para ambos extractos.

<b>Conductividad Eléctrica - Extracto de Saturación (mS/cm a 25°C)</b>	<b>Conductividad Eléctrica Extracto 1:2,5 (mS/cm a 25°C)</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Observaciones</b>
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

- Estimación del peligro de salinización de los suelos:

Al regar con aguas salinas, es necesario evaluar no solamente la concentración de sales de la misma sino también, la permeabilidad del suelo a regar, la evapotranspiración durante el ciclo del cultivo, la duración de los períodos de déficit hídrico y el balance entre las sales aportadas por el agua de riego y las eliminadas por el drenaje debido a las lluvias o a riegos de lavado (ver mapas páginas N°24, 25, 26 y 27).

El laboratorio de Salinidad de RIVERSIDE (U.S.) propone clasificar el peligro de salinización de los suelos según la conductividad eléctrica del agua utilizada para el riego de acuerdo al siguiente esquema.

CLASES	PELIGRO DE SALINIZACIÓN	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (mS/cm a 25°C)	CONTENIDO DE SALES TOTALES (g/l)
C1	Bajo	< 250	< 0.15
C2	Moderado	250 – 750	0.15 – 0.50
C3	Medio	750 – 2250	0.50 – 1.15
C4	Alto	2250 – 4000	1.15 – 2.50
C5	Muy Alto	4000 – 6000	2.50 – 3.50
C6	Excesivo	> 6000	> 3.50

Este esquema ha sido propuesto para condiciones de clima medias, con riegos permanentes y para cultivos de tolerancia media a las sales. Cuando las condiciones particulares del caso difieren de las propuestas, es necesario adaptar esta clasificación.

En cuanto a las condiciones del suelo, ellas han sido tenidas en cuenta en las recomendaciones para el uso de cada clase, y son las siguientes:

#### **Clase C1:**

Agua de baja salinidad, puede usarse para la mayor parte de los cultivos, en casi todos los suelos. Con las prácticas habituales de riego, la salinidad del suelo tiende a niveles muy bajos salvo en suelos muy poco permeables, con los cuales se requerirá intercalar riegos de lavado.

#### **Clase C2:**

Agua de salinidad moderada, puede usarse en casi todos los cultivos con suelos de buena permeabilidad. En caso de permeabilidad deficiente del suelo, es necesario elegir el cultivo, evitando aquellos muy sensibles a las sales. Se requiere riegos de lavado ocasionales.

#### **Clase C3:**

Agua de salinidad media, debe usarse en suelos de permeabilidad moderada a buena, y aún así, efectuar riegos de lavado para evitar que se acumulen las sales en cantidades



nocivas para las plantas. Deben seleccionarse cultivos con tolerancia a la salinidad.

**Clase C4:**

Agua de salinidad Alta, sólo debe usarse en casos de suelos de buena permeabilidad, para que los riegos de lavado, produzcan una lixiviación suficiente para impedir que las sales se acumulen en cantidades peligrosas. Deben también seleccionarse los cultivos adecuados a estas condiciones.

**Clase C5:**

Agua de salinidad muy alta, inapropiada para el riego; sólo puede usarse en suelos muy permeables y con manejos técnicos muy cuidadosos.

**Clase C6:**

Agua extremadamente salina, no apta para el riego.

Los riegos de lavado, son necesarios en la medida que las lluvias no sean suficientemente frecuentes e intensas para provocar la lixiviación de las sales acumuladas, transportándolas a profundidades mayores a la zona de raíces.

## **1-2 PELIGRO DE SODIFICACIÓN DEL SUELO**

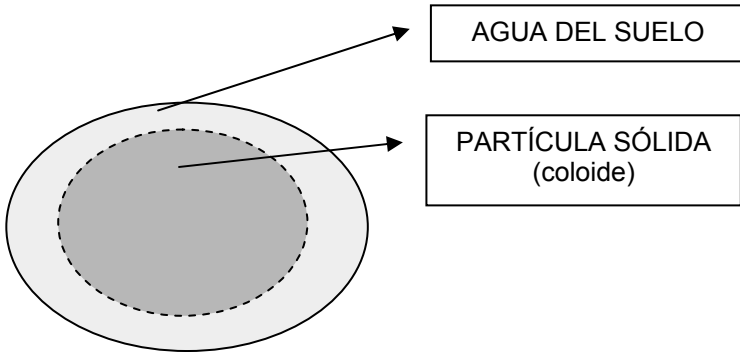
- **Suelos Sódicos:**

Si el contenido de Sodio es elevado con respecto a los otros cationes de complejo de intercambio del suelo (alto P.S.I.), puede producirse un efecto de dispersión de las partículas arcillosas y de la Materia Orgánica, con la correspondiente pérdida de estructura del mismo e impermeabilización, se deterioran las condiciones físicas del suelo, ya que estas partículas son arrastradas a pocos centímetros de profundidad, acumulándose y formando una capa pesada u horizonte de acumulación, de estructura prismática o columnar, poco permeable.

El límite crítico de contenido de sodio es de P.S.I. (porcentaje de sodio de intercambio) igual o mayor a quince, o de 2,5 (meq/100g) de suelo. Como se muestra en el cuadro.

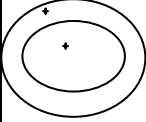
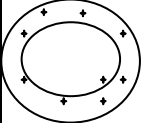
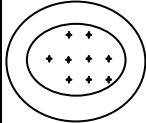
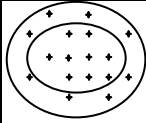
CLASIFICACIÓN	P.S.I. (%)
Ligeramente sódico	7 – 15
Moderadamente sódico	15 – 20
Fuertemente sódico	20 – 30
Muy fuertemente sódico	> 30

- **Ubicación de las sales y el sodio en el suelo:**



La arena, el limo y las arcillas del suelo, son las partículas sólidas que se encuentran rodeadas por agua y que le dan humedad al suelo. Las sales pueden estar disueltas en la solución del suelo (capa externa de la figura) y que se manifiestan a través de la conductividad del suelo o bien adsorbidas por el complejo de intercambio (capa interna de la figura) en cuyo caso el problema es el sodio y su cantidad relativa con respecto a los otros cationes adsorbidos como: Calcio, Magnesio, Potasio e Hidrógeno.

El siguiente cuadro clasifica los suelos según su conductividad y P.S.I., ubicando las sales en las partículas del suelo.

Ubicación de las Sales	Tipo de suelo	Conductividad del Extracto de Saturación (mS/cm)	P.S.I. (%)	Efectos
	NORMAL	< 2	< 15	El contenido de sales y de sodio es lo suficientemente bajo para manifestar efectos nocivos en las plantas o el suelo.
	SALINO	> 4	< 15	Las sales afectan a los cultivos por elevación de la presión osmótica de la solución del suelo dificultando la absorción de agua y nutrientes de la raíz.
	SÓDICO	< 2	> 15	El sodio afecta a las propiedades del suelo destruyendo su estructura y sólo afecta a los cultivos que experimentan toxicidad.
	SALINO-SÓDICO	> 4	> 15	Se manifiestan los dos efectos mencionados anteriormente.

• **Estimación del peligro de sodificación del suelo**

El Laboratorio de salinidad de RIVERSIDE (U.S.) clasifica la peligrosidad de sodificación del suelo por el agua de riego en función de su índice R.A.S: (relación de absorción del sodio), que se calcula con la siguiente fórmula.

$$RAS = \frac{Na}{\frac{(Ca+Mg)}{2}}$$

Nota: los cálculos se realizan en meq/l

Y la clasificación propuesta es la siguiente:

CLASE	CLASIFICACIÓN	RAS
S1	BAJA peligrosidad sódica.	0–10 ó 0–2 depende de la clase por peligro de salinización.
S2	MEDIANA peligrosidad sódica.	10-18 ó 2-6 depende de la clase por peligro de salinización
S3	ALTA peligrosidad sódica.	18–26 ó 6–10 depende de la clase por peligro de salinización
S4	MUY ALTA peligrosidad sódica.	> 26 ó > 10 depende de la clase por peligro de salinización

### **Clase S1:**

Bajo peligro de sodificación: Pueden usarse en casi todos los suelos sin riesgo de que el nivel del sodio de intercambio se eleve demasiado.

### **Clase S2:**

Peligro de sodificación Mediano: estas aguas pueden usarse en suelos de textura gruesa o con buena permeabilidad. En suelos de textura fina o con drenaje deficiente, puede elevarse el sodio de intercambio, este efecto se ve atenuado en suelos con Yeso.

### **Clase S3:**

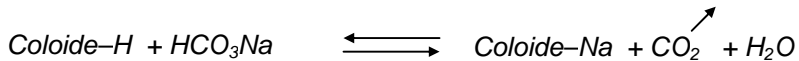
Alto peligro de sodificación: son capaces de originar sodificación en casi todos los tipos de suelo, por lo que se requiere manejos técnicos específicos para mejorar el drenaje y lixiviado como a su vez, medidas correctivas como incorporación de yeso.

### **Clase S4:**

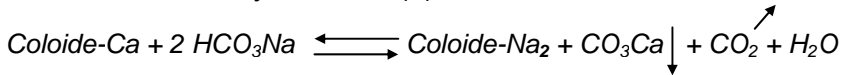
Muy Alto peligro de sodificación: Aguas inadecuadas para el riego, salvo condiciones de muy baja salinidad. El Calcio proveniente de los Carbonatos de Calcio del suelo o del yeso puede disminuir el peligro de sodificación.

El peligro de sodificación de suelo es agravado y acelerado por la presencia de Carbonato o Bicarbonato de sodio. Las reacciones que se producen son las siguientes:

En suelos ácidos: (1)



En suelos neutros y alcalinos (2)



Ambas reacciones se ven favorecidas con el aumento de concentración de la solución del suelo por evapotranspiración del agua. Para estimar el peligro de sodificación del suelo por el contenido de Carbonatos y Bicarbonatos del agua en relación con el sodio, se utiliza el parámetro llamado CARBONATO DE SODIO RESIDUAL (C.S.R.) que se calcula:

$$\text{CSR} = (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg})$$

Nota: los cálculos se realizan en meq/l

El laboratorio de Salinidad de Riverside clasifica las aguas de acuerdo al C.S.R. de la siguiente, manera:

C.S.R.	CLASIFICACIÓN
< 1.25	Aguas de buena aptitud para el riego
1.25 – 2.5	Aguas de aptitud dudosa, se requieren prácticas de manejo y enyesado
> 2.5	No aptas para el riego

### 1-3 PELIGRO DE TOXICIDAD DE ALGUNOS IONES

En este punto se tratará el peligro de toxicidad en plantas por Sodio, Cloruros y Boro.

- **SODIO:** si bien cada cultivo tiene distintos límites de tolerancia al Na podríamos nombrar a las especies arbóreas, que tienen un límite de 0.25 a 0.50% de peso seco de la hoja. Los síntomas más frecuentes son

sequedad y quemadura de la hoja desde los bordes hacia el centro de la hoja.

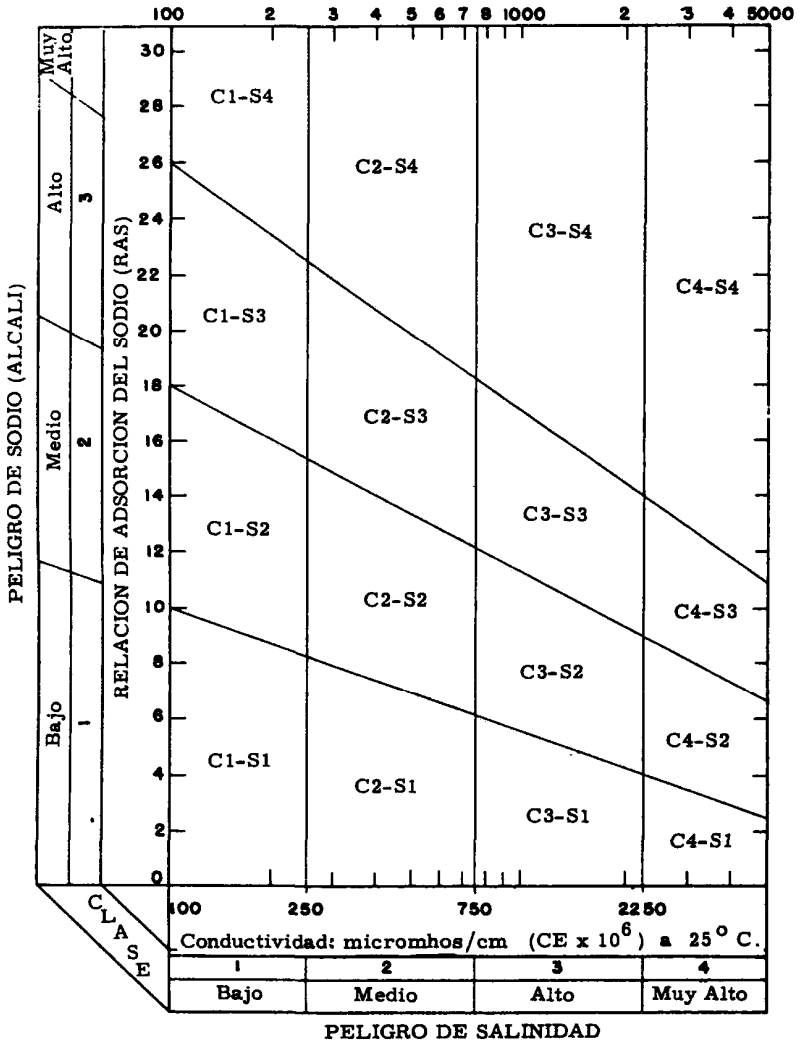
- **CLORO:** este anión no se encuentra en el complejo de intercambio del suelo pero sí en la solución del mismo y puede ser absorbido por las raíces y conducido a las hojas, provocando quemaduras en la punta o extremo de la hoja para luego extenderse por los bordes.
- **BORO:** si bien se trata de un micronutriente esencial para las plantas, si se presenta en exceso, se vuelve tóxico, ya que al ser absorbido por las raíces de la planta, es transportado a otras partes de ella, acumulándose en tallos y hojas produciendo amarilleo en las puntas de las hojas y sequedad en los tejidos, extendiéndose luego al centro y borde de las mismas.

En la siguiente tabla se resume la clasificación de aguas para riego en función del contenido de BORO hecha por Scofield.

CLASE POR BORO	CULTIVOS SENSIBLES (p.p.m.)	CULTIVOS SEMI-TOLERANTES (p.p.m.)	CULTIVOS TOLERANTES (p.p.m.)
1	0,33	0,67	1,00
2	0,33 a 0,67	0,67 a 1,33	1,00 a 2,00
3	0,67 a 1,00	1,33 a 2,00	2,00 a 3,00
4	1,00 a 1,25	2,00 a 2,50	3,00 a 3,75
5	1,25	2,50	3,75

#### 1-4 CLASIFICACIÓN DE RICHARDS

Las clasificaciones del Laboratorio de Salinidad de Riverside – California – U.S. vistas anteriormente se resumen en el muy conocido cuadro que presentó Richards en 1954, que se muestra a continuación:



Esta clasificación se consideraba muy exigente, y en 1972, El Comité de consultores de la Universidad de California propuso la siguiente, en donde vemos que una muestra de agua con una CE de 1.5 mS/cm, que era considerada de ALTO peligro de

salinización (Richards), es para esta nueva clasificación, de peligro de salinización MEDIO (Comité de Consultores de U.C.)

Clasificación	C.E. (mS/cm)	Riesgo de Salinización
C1	< 0.75	BAJO
C2	0.75 – 1.50	MEDIO
C3	1.50 – 3.0	ALTO
C4	> 3.0	MUY ALTO

## 1-5 CLASIFICACIÓN DE LA FAO

La FAO simplificó estas clasificaciones y propuso sólo tres índices de salinidad, con los siguientes límites:

Clasificación	C.E. (mS/cm)	Riesgo de Salinización
C1	< 0.7	SIN RIESGO
C2	0.7 – 3.0	RIESGO MODERADO
C3	> 3.0	ALTO RIESGO

Esta clasificación es considerada demasiado simplificada ya que engloba en una misma categoría a aguas con Conductividades bastantes diferentes. No sería aconsejable pensar que el riesgo de salinidad de una muestra de CE 0.8 es igual al de otra muestra de CE 2.9 (mS/cm) por citar un ejemplo.

Con respecto a la Sodificación, la FAO propone el siguiente cuadro de evaluación, también con tres índices:

Clasificación	R.A.S.	Riesgo de Sodificación
S1	< 3	SIN RIESGO
S2	3 - 9	RIESGO MODERADO
S3	> 9	ALTO RIESGO

Luego, en 1987, la FAO demostró que el índice RAS se encuentra sobrestimado por lo que propuso calcular el RAS, haciendo una corrección al valor del Ca introducido en la fórmula, mediante la siguiente tabla.



En ella se obtiene el valor de Ca en meq/l para usar en la fórmula del RAS a partir de la relación  $\text{HCO}_3/\text{Ca}$  y de la CE.

		Conductividad Eléctrica del Agua para Riego (mS/cm)											
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0
Valor de $\text{HCO}_3/\text{Ca}$	0,05	13,20	13,61	13,92	14,40	14,79	15,26	15,91	16,43	17,28	17,97	19,07	19,94
	0,15	6,34	6,54	6,69	6,92	7,11	7,34	7,65	7,90	8,31	8,64	9,17	9,58
	0,25	4,51	4,65	4,76	4,92	5,06	5,22	5,44	5,62	5,91	6,15	6,52	6,82
	0,50	2,84	2,93	3,00	3,10	3,19	3,29	3,43	3,54	3,72	3,87	4,11	4,30
	1,00	1,79	1,85	1,89	1,96	2,01	2,09	2,16	2,23	2,35	2,44	2,59	2,71
	1,50	1,37	1,41	1,44	1,49	1,53	1,58	1,65	1,70	1,79	1,86	1,97	2,07
	2,00	1,13	1,16	1,19	1,23	1,26	1,31	1,36	1,40	1,48	1,54	1,63	1,70
	2,50	0,97	1,00	1,02	1,06	1,09	1,12	1,17	1,21	1,27	1,32	1,40	1,47
	3,00	0,83	0,89	0,91	0,94	0,96	1,00	1,04	1,07	1,13	1,17	1,24	1,30
	3,50	0,78	0,80	0,82	0,85	0,87	0,90	0,94	0,97	1,02	1,06	1,12	1,17
	4,00	0,71	0,73	0,75	0,78	0,80	0,82	0,86	0,88	0,93	0,97	1,03	1,07
	4,50	0,66	0,68	0,69	0,72	0,74	0,76	0,79	0,82	0,86	0,90	0,95	0,99
	5,00	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,74	0,76	0,80	0,83	0,88	0,93
7,00	0,49	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,64	0,67	0,71	0,74	
10,00	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,45	0,47	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58	

Ejemplo:

Datos:

$CE = 1.5 \text{ mS/cm}$

$\text{HCO}_3 = 1.0$

$Ca = 4.0 \text{ (meq/l)}$

$Mg = 1.0 \text{ (meq/l)}$

(ajustado)

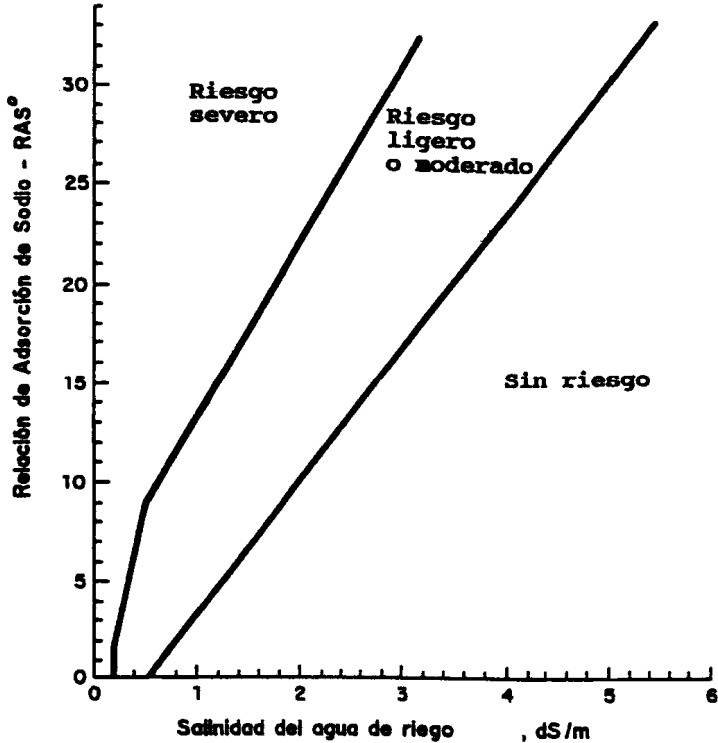
$Na = 13.0 \text{ (meq/l)}$

$\text{HCO}_3/\text{Ca} = 0.25$

$\text{RAS} = 13 / ((4+1)/2)^{0.5} = 8.22$

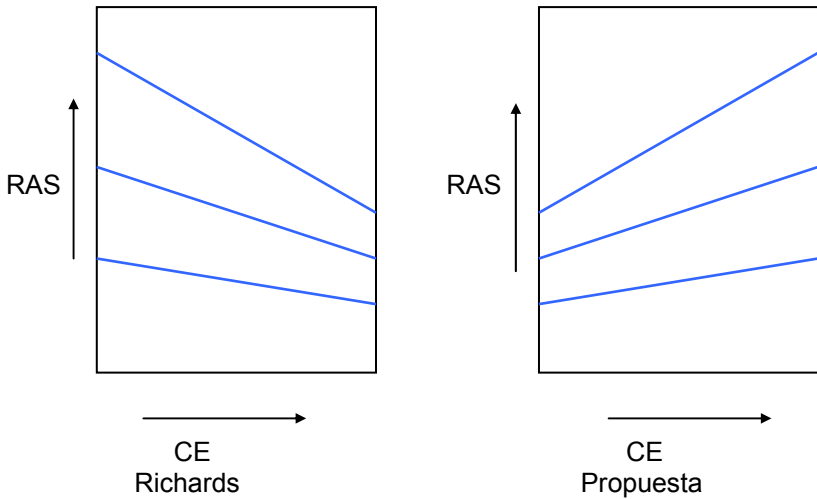
$\text{RAS}^* = 13 / ((5.44+1)/2)^{0.5} = 7.25$

Se observa como el RAS disminuye de 8.22 a 7.25 al usar el valor de  $Ca^*$  obtenido de la tabla. Luego el riesgo de sodicidad se representa por el siguiente gráfico con los datos del RAS ajustado y la CE en dS/m.



### 1-6 CONSIDERACIONES ACERCA DEL CUADRO DE CLASIFICACIÓN DE RICHARDS

Según este cuadro, para igual valor de RAS, el peligro de sodicidad aumenta con el aumento de la salinidad del agua (CE) pero no se tiene en cuenta el efecto floculante de las sales de la solución del suelo que contrarresta al efecto dispersante del sodio, por lo que el riesgo de sodicidad será menor cuanto mayor sea la salinidad del agua a igual valor de RAS, es decir que las inclinaciones de las rectas del cuadro deberían estar invertidas.



## 1-7 RIEGO EN EXCESO O DE LAVADO

Como se vio, el riego con aguas salinas, trae aparejado riesgos para el suelo que deben ser tenidos muy en cuenta, uno de los métodos utilizados para disminuir estos riesgos, es el de aplicar grandes volúmenes de agua para que se “lave” el residuo de las sales, siempre y cuando el drenaje del suelo sea eficiente. Obviamente este método, requiere mayores caudales de agua que los del riego convencional y mayor frecuencia de regado. Esto es, debido a que, en el riego convencional, el suelo se mantiene con una humedad levemente superior al Punto de Marchitez Permanente (p.m.p.); pero en el riego de alta frecuencia, la humedad del suelo está cerca de Capacidad de Campo (C.C.).

- **Estimación del volumen de agua en exceso.**

Para saber si el lixiviado de sales es factible, es necesario calcular el “Requerimiento de Lixiviado” o “Necesidad de lavado” o L.R. basándose en la salinidad del agua y en la tolerancia a la

sal del cultivo. También debe tenerse en cuenta la capacidad de drenaje del suelo y la disminución de los rendimientos de los cultivos por el efecto de las sales como así, el lavado ocasional por las lluvias. El cálculo del L.R. se basa en el análisis de los siguientes factores:

- EVAPOTRANSPIRACIÓN (ver mapas páginas 25 y 26)
- DRENAJE PROFUNDO
- ASCENSO CAPILAR
- CONCENTRACIÓN DE SALES DEL AGUA DE RIEGO
- CONCENTRACIÓN DE SALES DEL AGUA DE DRENAJE
- CONCENTRACIÓN DE SALES DE LA CAPA FREÁTICA
- PRECIPITACIÓN EFECTIVA (ver mapa página 24)

Este procedimiento para su determinación, resulta un poco complicado, y se puede consultar en el trabajo: "Calidad de agua para riego" - Ing. D. Prieto - Ing. C. Angueira – INTA, pero, salvando los errores, se puede estimar el L.R. mediante la fórmula:

$$L.R. = CEa / 2 CEE$$

Dónde: CEa: Conductividad eléctrica del agua de riego (mS/cm)  
CEE: Conductividad eléctrica del extracto de Saturación del suelo a conseguir con los lavados. Este valor se obtiene de tabla y depende del cultivo a regar y en función de su tolerancia a la salinidad (umbral).

El valor L.R. es un porcentaje, es el agua en exceso sobre el nivel de evapotranspiración requerido por la cosecha. Un L.R. de 20 indica que se debe regar en un 20% superior a lo requerido por el nivel normal de evapotranspiración y esta cantidad aumentada de agua de riego es la que inhibe la capa superficial de sal que pueda dañar la cosecha.

Ejemplo: Agua de Riego  $CEa = 3.2$  (mS/cm)

Cultivo: Trigo, según tabla la tolerancia a la salinidad es de 6.0 (mS/cm) (umbral)

$$L.R. = 3.2/2 * 6.0 = 3.2/12 = 0.2667 \text{ (26.7\%)}$$

## **1-8 ESTIMACIÓN DE LA DISMINUCIÓN DEL RENDIMIENTO POR EL RIEGO CON AGUA SALINA**

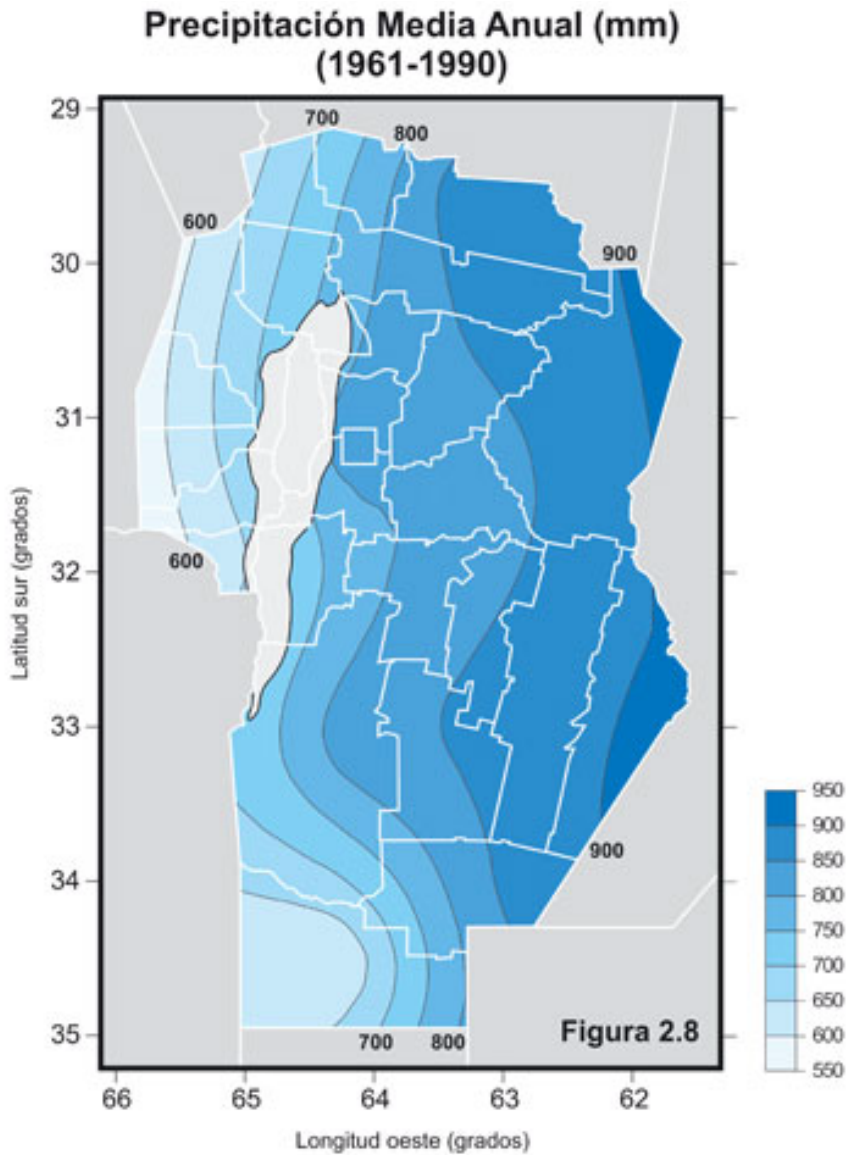
Para estimar los rendimientos se tienen en cuenta la CE del agua de riego, La CE del extracto de saturación del suelo, y la tolerancia a la sal del cultivo o umbral. Estos valores los podemos encontrar tabulados por Ayers y Westcot (1976) y por Carter (1981).

Especie	CE extracto de saturación (mS/cm) Umbral	% de disminución del rendimiento por unidad de CE extracto de saturación	% de disminución del rendimiento					
			0%		10%		25%	
			CE					
			Extracto de saturación	agua	Extracto de saturación	agua	Extracto de saturación	agua
Cebada (Mt)	8,0	5,0	8,0	5,3	10,0	6,7	13,0	8,7
Algodón (Mt)	7,7	5,2	7,7	5,1	9,6	6,4	13,0	8,4
Remolacha Azucarera (Mt)	7,0	5,9	7,0	4,7	8,7	5,8	11,0	7,5
Trigo (T)	6,0	7,1	6,0	4,0	7,4	4,9	9,5	6,4
Cártamo (Mt)	6,5	-	5,3	3,5	6,2	4,1	7,6	5,0
Soja (T)	5,0	20,0	5,0	3,3	5,5	3,7	6,2	4,2
Sorgo (Mt)	4,8	-	4,0	2,7	5,1	3,4	7,2	4,8
Cacahuete (S)	3,2	28,6	3,2	2,1	3,5	2,4	4,1	2,7
Arroz (S)	3,0	12,2	3,0	2,0	3,8	2,6	5,1	3,4
Sesbania (T)	2,3	7,0	2,3	1,5	3,7	2,5	5,9	3,9
Lino (S)	1,7	12,0	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5
Haba (S)	1,6	9,6	1,6	1,1	2,6	1,8	4,2	2,0
Olivo (T)	4,0	-	2,7	1,8	3,8	2,6	5,5	3,7
Pomelo (S)	1,8	16,1	1,8	1,2	2,4	1,6	3,4	2,2
Naranja (S)	1,2	15,9	1,7	1,1	2,3	1,6	3,2	2,2
Limonero (S)	1,0	-	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2
Manzano (S)	1,0	-	1,7	1,0	2,3	1,6	3,3	2,2
Peral (S)	1,0	-	1,7	1,0	2,3	1,6	3,3	2,2
Nogal	-	-	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2
Melocotón (S)	3,2	18,8	1,7	1,1	2,2	1,4	2,9	1,9
Viña (S)	1,5	9,5	1,5	1,0	2,5	1,7	4,1	2,7
Almendro (S)	1,5	18,0	1,5	1,0	2,0	1,4	2,8	1,9
Ciruelo (S)	1,5	18,2	1,5	1,0	2,1	1,4	2,9	1,9
Zarzamora (S)	1,0	18,9	1,5	1,0	2,0	1,3	2,6	1,8
Frambuesa (S)	1,0	-	1,0	0,7	1,4	1,0	2,1	1,4
Fresal (S)	1,0	33,3	1,0	0,7	1,3	0,9	1,8	1,2
Remolacha (Mt)	4,0	9,0	4,0	2,7	5,1	3,4	6,8	4,5
Brócoli (T)	2,8	9,1	2,8	1,9	3,9	2,6	5,5	3,7
Tomate (T)	2,5	9,9	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4

Manual de uso e interpretación de aguas

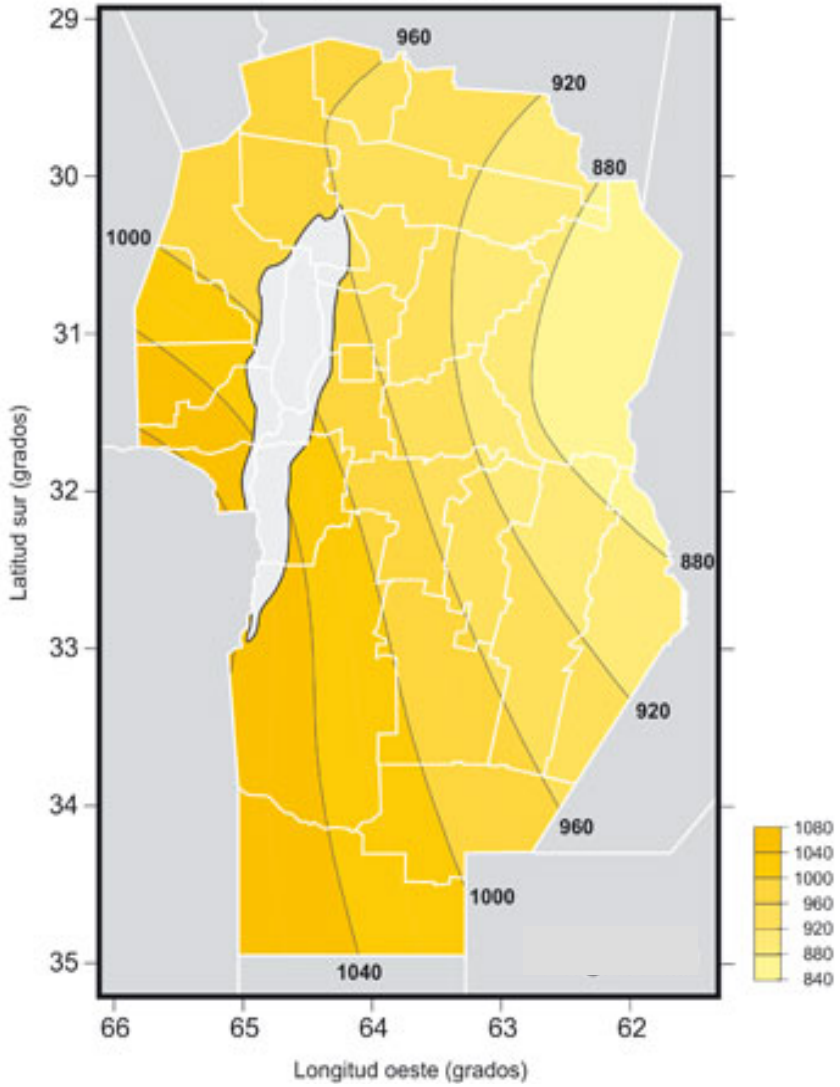
Pepino (S)	2,5	13,0	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9
Melon (S)	2,5	-	2,2	1,5	3,6	2,4	5,7	3,8
Espinacas (T)	2,0	7,6	2,0	1,3	3,3	2,2	5,3	3,5
Col (S)	1,8	9,7	1,8	1,2	2,8	1,9	4,4	2,9
Patata (S)	1,7	12,0	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5
Maíz Dulce (S)	1,7	12,0	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5
Batata (S)	1,5	11,0	1,5	1,0	2,4	1,6	3,8	2,5
Pimiento (S)	1,5	14,1	1,5	1,0	2,2	1,5	3,3	2,2
Lechuga (S)	1,3	13,0	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1
Rábano (S)	1,2	13,0	1,2	0,8	2,0	1,3	3,1	2,1
Cebolla (S)	1,2	16,1	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8
Zanahoria (S)	1,0	14,1	1,0	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9
Agropiro Alto (Mt)	7,5	4,2	7,5	5,0	9,9	6,6	13,3	9,0
Agropiro Canalizo (Mt)	7,5	6,9	7,5	5,0	9,0	6,0	11,0	7,4
Gramma (Mt)	6,9	6,4	6,9	4,6	8,5	5,7	10,8	7,2
Cebada Forrajera (Mt)	6,0	7,0	6,0	4,0	7,4	4,9	9,5	6,3
Ballico (Mt)	5,6	7,6	5,6	3,7	6,9	4,6	8,9	5,9
Trébol Pata de Pájaro (Mt)	5,0	10,0	5,0	3,3	6,0	4,0	7,5	5,0
Zalaris Bulbosa (Mt)	4,6	7,6	4,6	3,1	5,9	3,9	7,9	5,3
Festuca Alta (Mt)	3,9	5,3	3,9	2,6	5,8	3,9	8,6	5,7
Agropiro Crestado (T)	3,5	4,0	3,5	2,3	6,0	4,0	9,8	6,5
Veza (Ms)	3,0	11,1	3,0	2,0	3,9	2,6	5,3	3,5
Sorgo del Sudán (Mt)	2,8	4,3	2,8	1,9	5,1	3,4	8,6	5,7
Elimo (Mt)	2,7	6,0	2,7	1,8	4,4	2,9	6,9	4,6
Alfalfa (T)	2,0	7,3	2,0	1,3	3,4	2,2	5,4	3,6
Eragrostis (T)	2,0	8,5	2,0	1,3	3,2	2,1	5,0	3,3
Maíz Forrajero (T)	1,8	7,4	1,8	1,2	3,2	2,1	5,2	3,5
Dáctilo Ramoso (T)	1,5	6,2	1,5	1,0	3,1	2,1	5,5	3,7
Cola de Zorra (S)	1,5	9,7	1,5	1,0	2,5	1,7	4,1	2,7
Trébol híbrido ladino rojo, Fresa (S)	1,5	12,0	1,5	1,0	2,3	1,6	3,6	2,4

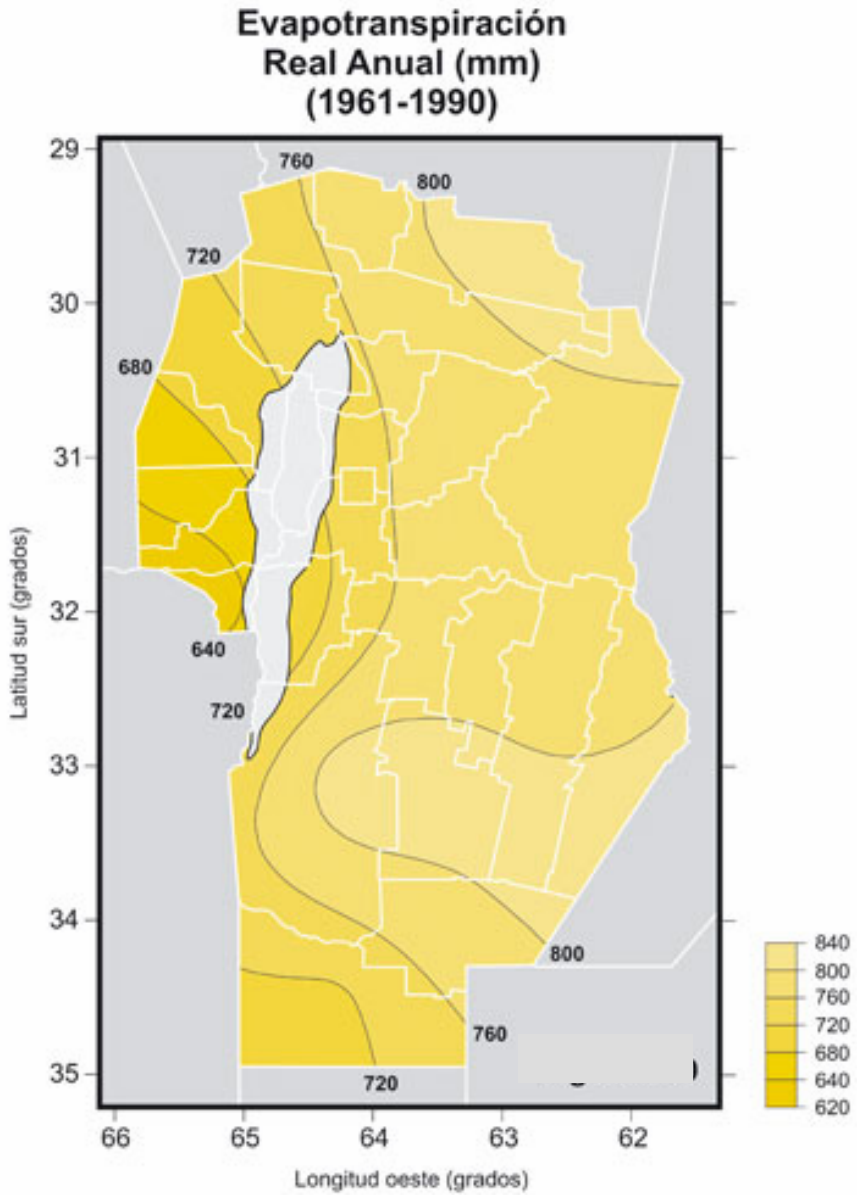
Mt: muy tolerante; T: tolerante; S: sensible



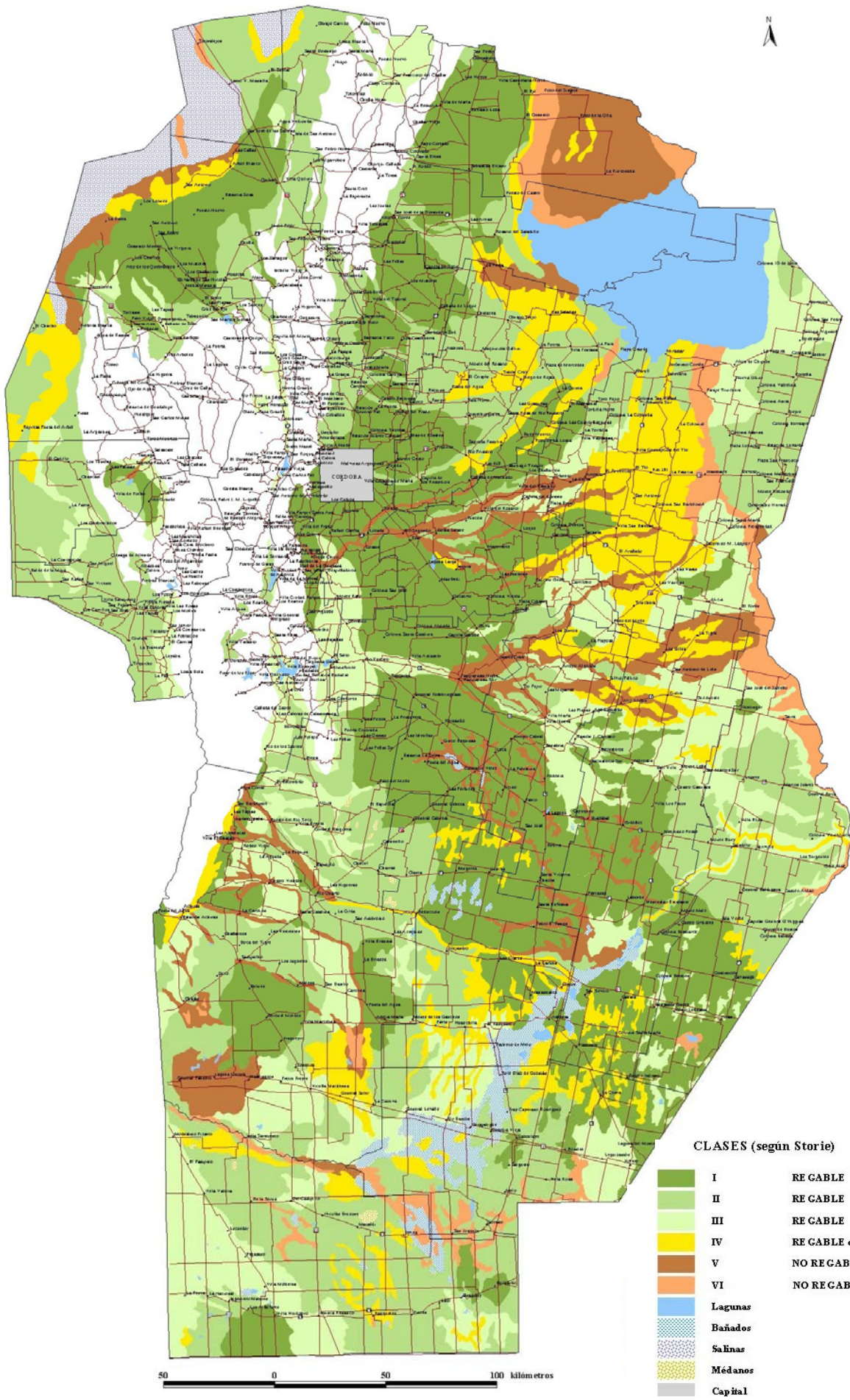


### Evapotranspiración Potencial Anual (mm) (1961-1990)





# APTITUD PARA RIEGO DE LOS SUELOS - PROVINCIA DE CORDOBA



CLASES (según Storje)

	I	RE CABLE
	II	RE CABLE
	III	RE CABLE
	IV	RE CABLE con reservas
	V	NO RE CABLE provisional
	VI	NO RE CABLE
	Lagunas	
	Bañados	
	Sa Enas	
	Médanos	
	Capital	

50 0 50 100 kilómetros

## CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y ANIMAL

### 2-1 USO HUMANO

En general las normas que rigen la calidad de las aguas de consumo humano están establecidas en cada país, por la autoridad sanitaria competente, teniendo en cuenta que estos límites se fijan con un margen de seguridad amplio, debido a que la población que va a consumirla incluye también a los transeúntes no acostumbrados o habituados a ella, a las personas susceptibles, a enfermos hospitalarios, etc.

En nuestro país, el Código Alimentario Argentino, fija los siguientes límites.

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

<b>TURBIDEZ</b>	MÁX	3 N.T.U.
<b>COLOR</b>	MÁX	5 escala Pt-Co
<b>OLOR</b>		Característico

#### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

pH (excepto aguas carbonatadas)	RANGO	6.0 – 9.0
<b>Sustancias Inorgánicas</b>		
amoníaco	MÁX (mg/l)	0.20
aluminio residual	MÁX (mg/l)	0.20
arsénico	MÁX (mg/l)	0.05
cadmio	MÁX (mg/l)	0.01
cianuro	MÁX (mg/l)	0.10
cinc	MÁX (mg/l)	5.00
cloro residual	MÁX (mg/l)	0.5
Cloruro	MÁX (mg/l)	350
Cobre	MÁX (mg/l)	2

Cromo	MÁX (mg/l)	0.05
Fluoruro	MÁX (mg/l)	2
Hierro	MÁX (mg/l)	2
Manganeso	MÁX (mg/l)	0.10
Mercurio	MÁX (mg/l)	0.001
Nitratos	MÁX (mg/l)	45
Nitritos	MÁX (mg/l)	0.10
Plata	MÁX (mg/l)	0.05
Plomo	MÁX (mg/l)	0.05
sólidos disueltos totales	MÁX (mg/l)	1500
Sulfatos	MÁX (mg/l)	500
<b>Sustancias Orgánicas</b>		
Thm	MÁX (µg/l)	100
Aldrin + Dieldrin	MÁX (µg/l)	0.03
Clordano	MÁX (µg/l)	0.3
DDT (total e isómeros)	MÁX (µg/l)	1.0
Detergentes	MÁX (mg/l)	0.50
Heptacloro + Heptacloroepóxido	MÁX (µg/l)	0.10
Lindano	MÁX (µg/l)	3.0
Metoxicloro	MÁX (µg/l)	30.0
2,4 D	MÁX (µg/l)	100
Benceno	MÁX (µg/l)	10
Hexacloro Benceno	MÁX (µg/l)	0.01
Monocloro Benceno	MÁX (µg/l)	3.0
1,2 Dicloro Benceno	MÁX (µg/l)	0.5
1,4 Dicloro Benceno	MÁX (µg/l)	0.4
Pentaclorofenol	MÁX (µg/l)	10
2,4 ó Yriclorofenol	MÁX (µg/l)	10
Tetracloruro de Carbono	MÁX (µg/l)	3.0
1,1 Dicloroeteno	MÁX (µg/l)	0.3
Tricloro etileno	MÁX (µg/l)	30.0
1,2 Dicloro Etano	MÁX (µg/l)	10
Cloruro de vinilo	MÁX (µg/l)	2.0
Benzopireno	MÁX (µg/l)	0.01
Tetracloro Eteno	MÁX (µg/l)	10
Metil Paratión	MÁX (µg/l)	7
Paratión	MÁX (µg/l)	35
Malatión	MÁX (µg/l)	35

**En la Provincia de Córdoba, la resolución Di.P.A.S. 608/83, fija los siguientes parámetros físicos y químicos para el agua de bebida**

Parámetro	Unidad de Medida	Valor Aceptable	Límite Tolerable
Aluminio	mg/l	< 0.10	0,20
Cloruros	mg/l	< 250	400
Cobre	mg/l	< 1	1.5
Color	U.C.	< 6	15
Detergentes	mg/l	< 0.2	0.2 (p)
Dureza (CO <sub>3</sub> Ca)	mg/l	80 – 200	500
Hierro	mg/l	< 0.10	0.2
Manganeso	mg/l	< 0.05	0.1
pH	-	pHs +/- 0.5	pHs +/- 0.5
Sabor y Olor	-	No ofensivo para la mayoría de los usuarios	-
Sólidos Disueltos	mg/l -	50-1000	2000
Sulfatos	mg/l	< 200	400
Turbiedad	U.N.T.	< 1	< 2
Zinc	mg/l	< 5	5
Arsénico	mg/l	--	< 0.10 (p)
Cadmio	mg/l	--	< 0.005
Cromo	mg/l	--	< 0.05
Cianuro	mg/l	--	< 0.1
Fluoruro	mg/l	--	Ver Resolución
Mercurio	mg/l	--	< 0.001
Nitrato + Nitrito	mg/l	--	< 45
Nitrito	mg/l	--	< 0.1
Plata	mg/l	--	<0.045
Plomo	mg/l	--	< 0.05
Selenio	mg/l	--	< 0.01
Vanadio	mg/l	--	Ver Resolución

U.C. Unidad de Color en escala Platino-Cobalto

U.N.T. Unidad Nefelométrica de Turbiedad

(p) Provisorio

Limites Máximos para Contaminantes Orgánicos (Res. 608/93)

<b>Contaminante</b>	<b>Límite Tolerable (µg/l)</b>
1,2 Dicloro etano	10
Tetracloruro de Carbono	3
1,1 Dicloro etano	0.3
Tricloro etano	30
Tetracloro etano	10
Cloruro de vinilo	2
Benzopireno	0.03
DDT (total, isómeros)	1
Aldrin + Dieldrin	0.03
Clordano (total, isómeros)	0.3
Hexaclorobenceno	0.01
Heptacloro y Heptacloroepóxido	0.1
g-HCH (Lindano)	3
Metoxicloro	30
2,4 D	100
Malatión	35
Metil Paratión	7
Paratión	35
Monoclorobenceno	3
1,2 Diclorobenceno	0.5
1,4 Diclorobenceno	0.4
Pentaclorofenol	10
2,4,6 Triclorofenol	10
Benceno	10
Trihalometanos	100



Parámetros Microbiológicos Básicos

PARÁMETRO	LÍMITE TOLERABLE	
	MÉTODO TUBOS MÚLTIPLES	MÉTODO MEMBRANA FILTRANTE
COLIFORMES TOTALES	< 2,2 NMP/100 ml	Cero en 100 ml
COLIFORMES FECALES	< 2,2 NMP/100 ml	Cero en 100 ml

Parámetros Microbiológicos Complementarios

PARÁMETRO	VOLUMEN MUESTRA	LÍMITE TOLERABLE
Bacterias Aerobias Heterotróficas (Agar Nutritivo, 24 hs, 35 °C)	1 ml	100 UFC
Pseudomonas Aeruginosas	50 ml	Ausencia (*)
Giardia Lamblia	700 – 2000 ml	Ausencia
Fito-Zooplancton	50 – 100 ml	(**)

UFC = Unidades Formadoras de Colonias

NMP = Número Máximo Probable

(\*) = Para téc. de tubos múltiples NMP / 100 ml < 2.0

(\*\*) = No hay límites numéricos pero debe evitarse su presencia.



## **2-2 USO ANIMAL**

- **Importancia**

La alimentación del ganado incluye proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales, vitaminas y por supuesto agua. La falta o carencia de algunas de estas sustancias conducirá a la enfermedad y en consecuencia, a una disminución de la producción. Algunas especies animales pueden sobrevivir durante semanas sin ingerir materia seca, mientras que una falta total de agua, los conduce a la muerte en pocos días.

El agua interviene en:

Osmosis intestinal, facilitando la asimilación de alimentos, manteniendo la fluidez de la sangre y la elasticidad de los tejidos, contribuyendo también a la producción de las distintas secreciones para las funciones vitales. Figura en la composición sanguínea en proporción del 90% en la carne flaca y del 60-70% en la carne gorda.

Según Rubner, un animal puede perder:

- La totalidad de los hidratos de carbono
- Casi la totalidad de los lípidos
- Mitad de las proteínas
- EL 40% de su peso natural
- Pero la disminución del 10% del contenido de agua le ocasiona disturbios en la salud y productividad, y si la pérdida asciende al 15-20%, irremediablemente sobreviene la muerte.

- **Necesidad de agua de los animales**

El animal obtiene el agua a partir de tres fuentes:

- Agua de bebida: consumida por el animal como agua libre
- Agua contenida en los alimentos: es muy variable, oscilando desde el 5-10% en heno, hasta 80-90% en pasturas tiernas.

- Agua metabólica: es la que queda disponible durante los procesos metabólicos de los tejidos.

- **Calidad del agua para consumo animal**

En vista de la complejidad en la determinación de la aptitud del agua para bebida, ya que no se pueden establecer límites fijos o absolutos para clasificarla como apta o no, conviene analizar algunas razones:

- Animales habituados a aguas de bajo tenor salino, llevados a lugares de aguas de alto tenor, sufrirán más que aquellos que ya están acostumbrados.
- Si se ofrecen dos clases de agua, una salina y otra no, evitarán la salina.
- Los animales pueden consumir agua de alto tenor salino durante pocos días sin sufrir daños, si luego se les da agua con bajo contenido de sal.
- Si el contenido de sales aumenta, también aumenta el consumo de líquidos.
- Un cambio brusco de un agua de baja salinidad a otra de alto tenor salino causa más problemas que si el cambio fuera gradual.
- Existe una variación anual en el consumo de agua, es decir que, los animales beben más en las estaciones cálidas que en el invierno.
- El estado del forraje influye sobre el consumo de agua ya que mientras más succulento es, menor es la necesidad de ella.

Independientemente del animal y la pastura, existe una variación anual en el tenor salino del agua que hay que tener en cuenta.

En general, un bovino adulto bebe diariamente una cantidad de agua aproximadamente igual al 8-10% de su peso. Hay otros factores biológicos como son, raza, edad, estado fisiológico, factores ambientales como temperatura, humedad, vientos. Factores dietarios como estado de hidratación de la pastura, que pueden modificar la relación mencionada.

Finalmente, el 69% del calcio, el 62% del magnesio y sólo el 2% del sodio lo proveen los forrajes, en cambio el agua provee el 31% del calcio, el 38% del magnesio y el 98% del sodio.

- **Factores que determinan la calidad del agua:**

Hay que tener en cuenta tres factores para evaluar la calidad del agua de bebida animal:

- Salinidad Total
- Calidad de sales
- Presencia de elementos tóxicos y/o nocivos.

- **Salinidad Total:**

La bibliografía al respecto es muy variada, se presenta a continuación un extracto de datos recopilados de Límite de Sales Totales en mg/l.

<b>Animal</b>	<b>Oeste de Australia</b>	<b>Water Cuality Studies PHS-Cincinnati - EEUU</b>	<b>Facultad de Agronomía – UBA</b>
Aves de corral	2900	-	-
Porcinos	4300	6000	6000
Equinos	6500	6500	7000
Bovinos tambo	7200	7000	9000
Bovinos para carne	10000	13000	-
Ovinos	12000	13000	13000

En Dakota del Sur (EEUU) se califican las aguas para bovinos en:

	<b>SALES TOTALES SOLUBLES (mg/l)</b>
EXCELENTES	Hasta 1000
BUENAS	De 1000 a 4000
SATISFACTORIAS	De 4000 a 7000
INCONVENIENTES	Más de 7000

## ○ **Calidad de Sales**

Los iones más comunes que se encuentran en aguas de alta salinidad son: Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), Sodio ( $\text{Na}^+$ ), Cloruros ( $\text{Cl}^-$ ) y Sulfatos ( $\text{SO}_4^-$ ). En situaciones menos usuales, se encuentran otros iones en niveles perjudiciales como: Nitratos; pero los más perjudiciales son los Sulfatos y Cloruros de Magnesio y de Sodio.

### **Sulfatos**

Tienen efecto purgante o laxante, producen una limitación en la capacidad fisiológica de los animales, a pesar de que a veces hay cierto acostumbamiento. Tienen acción desfavorable relacionada con la absorción de cobre y cómo éste está ligado al hierro, puede provocar inconvenientes en la producción de hemoglobina de la sangre.

Nobel Muñoz indica una tolerancia de cuatro a siete veces mayor a los límites dados para agua de consumo humano, es decir entre 2000-3000 mg/L de sulfatos.

Los sulfatos de Na y Mg producen efectos purgantes y pérdida de apetito lo que trae aparejado pérdida de peso y marcada debilidad.

En vacunos, una concentración de 300 mg/l o más tiene influencia en las reacciones químicas y de equilibrio ácido-base, sobre el tenor normal del calcio y fósforo en el suero de la sangre, de los animales que ingieren diariamente esta agua. Cuando la concentración excede de 700 mg/l, al cuadro anterior se le puede agregar síntomas de diarrea con disminución de peso y de producción de leche.

Concentraciones de más de 1000 mg/l pueden alterar al sistema óseo.

Más de 4000 mg/l son intolerables y peligrosas para los vacunos.

## Cloruros

Este anión se encuentra presente en todas las aguas. Su presencia se debe a la disolución de cloruros solubles de sodio, calcio, magnesio y potasio, siendo el más frecuente el cloruro de sodio o sal común. Éste es el responsable del gusto salado, mientras que el cloruro de magnesio le da un sabor amargo al agua acompañado de un efecto purgante leve.

El cloruro de sodio es el menos perjudicial para el ganado y no produce efectos adversos, salvo en concentraciones elevadas. Cuando ésta supera los 20 g/l, resulta tóxico, produciendo anorexia, deshidratación y pérdida de peso. En una concentración de 17,5 g/l también se ha encontrado efectos adversos, aún en invierno. En animales jóvenes, con 15 g/l de concentración, se percibe un incremento en la excreción urinaria, y sólo mantiene el peso, siendo éste el máximo recomendable para bovinos para carne, en períodos prolongados de consumo y en estado de mantenimiento.

En verano dosis de 12,5 g/l de ClNa resultan tóxicas; de 10 g/l no produce efectos tóxicos ni merma en el consumo de alimentos pero sí una disminución notable en la ganancia de peso en animales para invernar. Y con 7 g/l de concentración, la ganancia de peso no se ve afectada

El cloruro de magnesio puede producir pérdida de apetito y diarrea intermitente si su concentración supera los 2 g/l y sobre todo, si va acompañado de alta concentración de ClNa.

El cloruro de calcio, es más tóxico que el de sodio pero mucho menos tóxico que el de Magnesio, y resulta no tolerable para los animales en concentraciones de 10 g/l.

## **Deficiencia de Cloruros:**

Cuando los animales beben, en períodos largos, aguas con bajo contenido de cloruro de sodio, y no se ponen a su alcance suplementos minerales, aparecen síntomas de baja ganancia de peso (poco engorde), pelaje áspero y baja fertilidad. Sin embargo es muy poco probable que el animal muera por falta de cloruros.

### ○ **PRESENCIA DE ELEMENTOS TÓXICOS Y/O NOCIVOS**

Diferentes elementos, producen distintos tipos de toxicidad a los animales que los consumen. Un corto período de consumo de un elemento tóxico, puede tener efectos no observables, pero en períodos largos, puede resultar muy nocivo para el animal. A su vez, diferentes especies pueden reaccionar de distintas maneras ante una misma sustancia e incluso, el comportamiento o respuesta al tóxico no es similar en animales jóvenes o en animales maduros.

El consumo de sustancias tóxicas, que no causan efectos medibles en el crecimiento, producción o reproducción, pueden causar efectos a nivel sub-celular, que se expresan en un aumento de susceptibilidad a enfermedades o invasión de parásitos.

También se debe mencionar que existen elementos que si bien no son tóxicos para el ganado que los consume, pueden serlo para las personas que consumen su carne o leche, ya que pueden acumularse en los tejidos, huesos y carne en concentraciones nocivas u objetables.

**Plomo:** Hammond y Aronson (1864) sugieren que una dosis diaria de 6-7 mg/kg de peso corporal produce toxicidad crónica en bovinos, ya que tiende a acumularse en los tejidos y puede ser transferidos a la leche en niveles perjudiciales para el consumo humano.

**Magnesio:** como se vio anteriormente, provoca diarrea cuando está combinado con el cloro (cloruro de magnesio) y trae consecuencias similares a la del sulfato de sodio.

**Carbonatos y bicarbonatos:** produce un efecto antiácido, neutralizando el ácido clorhídrico y retardando la digestión. Su efecto es notorio en concentraciones superiores a 2-3 g/l.

**Cadmio:** Es un elemento de alta toxicidad y estuvo implicado en algunos envenenamientos humanos.

**Mercurio:** Sus efectos no se conocen demasiado.

**Arsénico:** El límite máximo tolerable para ganados es de 1 mg/L.

**Flúor:** produce moteamiento de dientes cuando la concentración supera a 2 mg/l

- **Calidad de Agua para Bovinos**

### CALIFICACIÓN

A continuación se presenta un cuadro sumario para evaluación de la calidad de aguas para bovinos, para tambo e invernada y para cría (clima templado).

CRÍA	TAMBO INVERNE	SALES TOTALES (g/l)	CINa (g/l)	SO <sub>4</sub> (g/l)	Mg (g/l)	NO <sub>3</sub> (g/l)
Deficiente	Satisfactoria	Menor a 1	--	--	--	--
Satisfactoria	Muy Buena	Mayor a 1	1	1	0,2	0,05
Muy Buena	Buena	Hasta 2	2	1	0,2	0,2
Buena	Aceptable	Hasta 4	4	1,5	0,3	0,3
Aceptable	Mala Usable	Hasta 7	7	2,5	0,4	0,4
Mala Usable	-----	Hasta 11	11	4	0,5	0,5

La E.E.A. INTA de Marcos Juárez, realizó un trabajo con la finalidad de lograr un método para determinar la calidad del agua para bebida de bovinos, en base al análisis sumario que incluye cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, la relación calcio/magnesio y

sales solubles totales. El mismo se hizo sobre 1200 muestras de aguas, contándose para cada una de ellas con la información del estado del ganado. Las muestras provinieron del área correspondiente al sudeste de la provincia de Córdoba y centro Sur de la provincia de Santa Fe.

<b>COMPONENTE (mg/l)</b>	<b>MUY BUENA</b>	<b>BUENA</b>	<b>REGULAR</b>	<b>MALA</b>
CLORUROS	1000-2000	Menor a 1000	Menor a 2000	Mayor a 1000
SULFATOS	Menor a 600	Menor a 600	600-2000	Mayor a 2000
CALCIO	Mayor a 60	Mayor a 60	Menor a 60	Mayor a 30
MAGNESIO	Menor a 30	Menor a 30	Mayor a 30	Mayor a 60
RELACIÓN Ca/Mg	2	2	1-2	2
SALES TOTALES	2000-3000	Menor a 3000	Menor a 4000	Mayor a 4000

Como se observa, la calidad del agua se deduce teniendo en cuenta las seis determinaciones del cuadro sumario. Indudablemente podrán presentarse casos que no encuadren totalmente dentro de las características dadas, en ellos, será necesario tener en cuenta que valores altos de sulfatos y sales solubles totales y una baja relación Ca/Mg son perjudiciales por el probable alto tenor de sulfato de magnesio.

Cada una de las clases se define como sigue:

- **MUY BUENA:** El contenido de sus componentes principales es el más apropiado. El crecimiento y engorde del ganado se ve favorecido con el consumo de este tipo de agua.
- **BUENA:** Solamente el contenido de Cloruros está por debajo del valor óptimo y eso hace que el progreso del ganado sea más lento.
- **REGULAR:** La cantidad de sus componentes principales está por arriba de los valores aceptables, esto puede ocasionar inconvenientes tales como diarrea, poca asimilación de los



alimentos y consecuentemente, progreso lento. Además, el uso de aguas de esta calidad limita el aprovechamiento de pastoreos de verdes y rebrotes, pues en éstos el ganado podría presentar una diarrea acentuada.

- MALA: El marcado exceso en el contenido de algunos de sus componentes puede provocar trastornos muy serios.

## CONTROL DE LOS ANÁLISIS DE AGUAS

Los análisis físico - químicos de aguas pueden controlarse mediante cálculos sencillos que, salvo excepciones, se adecuan a la mayoría de las muestras de agua.

Las causas que pueden hacer que los cálculos no cierren en algunas muestras son:

Elevada salinidad

Elevado contenido de Carbonatos y Bicarbonatos con respecto a los Cloruros.

Elevado contenido de Sulfatos, con respecto a los Cloruros.

Controles:

*Sumatoria de Cationes (meq/l) = Sumatoria de Aniones (meq/l)*

*Sumatoria de Cationes (meq/l) = Conductividad/100 (μS/cm)*

*Sumatoria de Aniones (meq/l) = Conductividad/100 (μS/cm)*

*Conductividad (μS/cm)/1,57= Sólidos Disueltos Totales (mg/l)*

*Conductividad (μS/cm)x0,64 = Sólidos Disueltos Totales (mg/l)*

Nota: la mayoría de los análisis de agua presentan sus resultados en (mg/l), pero como los cálculos precedentes usan las concentraciones en (meq/l), resulta útil la siguiente tabla de conversión de cada miliequivalente de sustancia a los miligramos de las mismas.

1 meq Calcio = 20,040 mg	1 meq Carbonatos = 30,005 mg
1 meq Magnesio = 12,160 mg	1 meq Bicarbonatos = 61,018 mg
1 meq Sodio = 22,997 mg	1 meq Bicarbonato de Calcio = 81,05 mg
1 meq Potasio = 39,096 mg	1 meq Sulfato de Calcio = 68,07 mg
1 meq Cloruro de Sodio = 58,45 mg	1 meq Sulfato de Magnesio = 60,19 mg
1 meq Sulfatos = 48,030 mg	1 meq Sulfato de Sodio = 71,02 mg
1 meq Cloruros = 35,457 mg	

## COMBINACIONES HIPOTÉTICAS

El cálculo de las combinaciones hipotéticas de los iones presentes, para deducir las concentraciones de las distintas sales, es sencillo y se explicará con un ejemplo.

Resultados del análisis:

<i>Sulfatos:</i>	2400 mg/l	/48	=	<b>50 meq/l</b>
<i>Cloruros:</i>	4970 mg/l	/35,5	=	<b>140 meq/l</b>
<i>Bicarbonatos:</i>	366 mg/l	/61	=	<b>6 meq/l</b>
<i>Calcio:</i>	280 mg/l	/20	=	<b>14 meq/l</b>
<i>Magnesio:</i>	240 mg/l	/12	=	<b>20 meq/l</b>
<i>Sodio:</i>	3726 mg/l	/23	=	<b>162 meq/l</b>

Todo el bicarbonato es tomado por el calcio para formar bicarbonato de calcio.

$$\text{Calcio} - \text{bicarbonatos} = 14 - 6 = 8$$

Luego se forman 6 meq/l de bicarbonato de calcio y quedan 8 meq/l de calcio.

El calcio restante, con los sulfatos forma sulfato de calcio.

$$\text{Sulfatos} - (14 - 6) = 50 - 8 = 42$$

Es decir que se forman 8 meq/l de sulfato de calcio y quedan 42 meq/l de sulfatos para combinarse con el sodio y el magnesio.

Luego se calcula el sulfato de magnesio formado y del resto de los sulfatos se estima que es todo sulfato de sodio. La presencia de sulfato de potasio es desestimada.

$$42 - \text{magnesio} = 42 - 20 = 22$$

Es decir que se forman 20 meq/l de sulfato de magnesio y 22 meq/l de sulfato de sodio.

Finalmente la estimación del cloruro de sodio presente se calcula del resto de sodio que no formó sulfato de sodio.

$$\text{Sodio} - 22 = 162 - 22 = 140.$$

Y como hay 140 meq/l de cloruros, toda esa cantidad, es cloruro de sodio.

Resumiendo se calcularon las siguientes concentraciones:

<i>Bicarbonato de Calcio:</i>	$6 \text{ meq/l} \times 81,05 =$	<b>486,3 mg/l</b>
<i>Sulfato de Calcio:</i>	$8 \text{ meq/l} \times 68,07 =$	<b>544,6 mg/l</b>
<i>Sulfato de Magnesio:</i>	$20 \text{ meq/l} \times 60,19 =$	<b>1203,8 mg/l</b>
<i>Sulfato de Sodio:</i>	$22 \text{ meq/l} \times 71,02 =$	<b>1562,5 mg/l</b>
<i>Cloruro de Sodio:</i>	$140 \text{ meq/l} \times 58,45 =$	<b>8183,0 mg/l</b>

## Tabla Periódica de los Elementos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H 1.008																	2 He 4.003
2	3	4															
	Li 6.941	Be 9.012															10 Ne
3	11	12															18
	Na 22.99	Mg 24.31															17 Ar
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
	K 39.10	Ca 40.08	Sc	Ti 47.87	V 50.94	Cr 52.00	Mn 54.94	Fe 55.85	Co 58.93	Ni 58.69	Cu 63.55	Zn 65.37	Ga 69.72	Ge 72.64	As 74.92	Se 78.96	Br 79.90
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
	Rb 85.47	Sr 87.62	Y	Zr 91.22	Nb 92.91	Mo 95.94	Tc	Ru 101.1	Rh 102.9	Pd 106.4	Ag 107.9	Cd 112.4	In 114.8	Sn 118.7	Sb 121.8	Te 127.6	I 126.9
6	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
	Cs 132.9	Ba 137.3	La*	Hf 178.5	Ta 180.9	W 183.8	Re 186.2	Os 190.2	Ir 192.2	Pt 195.1	Au 197.0	Hg 200.6	Tl 204.4	Pb 207.2	Bi 209.0	Po	At
7	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	
	Fr (223)	Ra (226)	Ac~ (227)	Rf (261)	Db (262)	Sg (266)	Bh (264)	Hs (277)	Mt (268)	Ds (271)	Uuu (272)	Uub (277)	Uut (277)	Uuq (277)	Uup (277)	Uuh	

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce 140.1	Pr 140.9	Nd 144.2	Pm (145)	Sm 150.4	Eu 152.0	Gd 157.3	Tb 158.9	Dy 162.5	Ho 164.9	Er 167.3	Tm 168.9	Yb 173.0	Lu 175.0
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th 232.0	Pa (231)	U (238)	Np (237)	Pu (244)	Am (243)	Cm (247)	Bk (247)	Cf (251)	Es (252)	Fm (257)	Md (258)	No (259)	Lr (262)

\* Lantánidos  
~ Actínidos

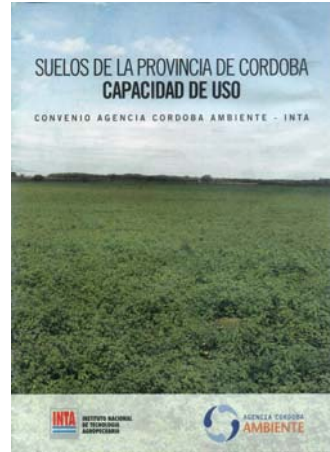
## **BIBLIOGRAFÍA:**

- Uso e Interpretación de Aguas- Dr. Bahill Jarsun
- Riegos Localizados de Alta Frecuencia – F. Pizarro Cabello
- Los Suelos – Agencia Córdoba Ambiente S.E.- INTA
- Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos- Secretaría de Agricultura y Ganadería – I.N.I.A. - México
- Calidad de Agua para Riego - Ing. D. Prieto - Ing. C. Angueira – INTA

## OTRAS PUBLICACIONES REALIZADAS DENTRO DEL MARCO DEL CONVENIO SECRETARÍA DE AMBIENTE - INTA



**Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Los Suelos. Nivel de Reconocimiento. 2006; Escala 1:500.000.**



**Suelos de la Provincia de Córdoba. Capacidad de Uso. 2000; Escala 1:750.000.**



**Aptitud para Riego de los Suelos de la Provincia de Córdoba. 1997; Escala 1:500.000.**



**Panorama Edafológico de Córdoba. 1993.**



**Cartas de Suelos en formato impreso y digital. Escalas 1:50.000 y 1:100.000**

