



# PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS

## Para aguas de riego y consumo animal

*Técnicas utilizadas en el Laboratorio de Suelos y Agua.*

*Estación Experimental Agropecuaria INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria).*

*Pcia. Roque Sáenz Peña- Chaco.*

*Recopiló y preparó:* Lic. en Edafología Melgratti, de Inalbon María Rosa.

*Revisó:* Ing. en Alimentos Valenzuela, Analía Marisel.

*Aprobó:* Lic. en Edafología Melgratti, de Inalbon María Rosa.

*Año: 2005.*



# Índice

Especificaciones	1
Determinación de olor	2
Determinación de pH	3
Determinación de conductividad	3
Determinación de sales y materia orgánica	3
Determinación de sales	4
Determinación de sílice	4
Determinación de carbonatos y bicarbonatos	4
Determinación de bicarbonatos	5
Determinación de cloruros	6
Determinación de sulfatos	6
Determinación de calcio y magnesio	7
Determinación de calcio	7
Determinación de sodio	8
Determinación de potasio	9
Determinación de dureza total	9
Determinación de arsénico	9
Reactivos	11
Valores para determinar calidad de agua para riego	13
Diagrama para la clasificación de las aguas para riego	14
Cuadro límite de elementos contenidos en el agua para consumo humano	16
Bibliografía	17



## Especificaciones

Se detallan con números los siguientes ítems:

1. Objetivo.
2. Alcances de las técnicas.
3. Ámbito de aplicación de las técnicas.
4. Referencias: recopilación, preparación y aprobación de las técnicas.
5. Responsabilidades.
6. Descripción de cada técnica.
7. Reactivos utilizados en cada técnica, se indican con la letra R seguida del número que le corresponde.
8. Valores para determinar la calidad de agua para riego.
9. Diagrama para la clasificación de las aguas para riego.
10. Cuadro límite de elementos contenidos en el agua para consumo humano.



## ANÁLISIS DE AGUAS

### 1 Objetivos:

Establecer la metodología para determinar la calidad de agua para riego y consumo animal.

### 2 Alcances:

Determinación de: olor, pH, conductividad, residuos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, dureza total y arsénico.

### 3 Ámbito de aplicación:

Laboratorio de Suelos y Aguas de EEA Sáenz Peña.

### 4 Referencias:

**Recopiló- preparó:** Lic. en Edafología Melgratti, María Rosa de Inalbon.  
**Revisó:** Ing. en Alimentos Valenzuela, Analía Marisel.  
**Aprobó:** Lic. en Edafología Melgratti, María Rosa de Inalbon.  
 Se adjunta bibliografía.

### 5 Responsabilidades:

**Responsable de laboratorio:**

Supervisa por muestreo.  
Realiza los cálculos, redacta y firma los informes.

**Ayudante:**

Prepara los reactivos.  
Realiza la técnica.

### 6 Descripción:

#### 6.1 OLOR valor umbral

El valor umbral de olor es la dilución máxima que es necesario efectuar con agua destilada para que el olor del agua original sea apenas perceptible.

**Procedimiento:**

Mezclar una parte del agua en cuestión con 3, 4 o 5 partes de agua destilada (hasta percibir apenas el olor del agua a temperatura ambiente).

Anotar las partes de agua libre de olor agregada.

Si se agregan 5 partes de agua pura a 1 parte del agua en cuestión, el valor umbral es **1+5 =6.** .

Valores superiores a 1 indican aguas contaminadas.

**Registros:** Planilla del cuaderno de determinaciones diarias **PA-1.**



## 6.2 pH

**Procedimiento:** colocar en un vaso de precipitado 25 –30 ml de agua a temperatura ambiente y leer en peachímetro previamente calibrado con los patrones para pH (R1).

Interpretación de los resultados:

La determinación del pH en una muestra de agua, además de demostrarnos si resulta ácida, neutra, o alcalina, orienta la determinación de carbonatos, bicarbonatos o hidróxidos.

Cuando el pH es igual o menor de 4,2, hay en disolución anhídrido carbónico. Si el pH varía entre 4,2 y 8,3 hay en disolución bicarbonatos, y si varía entre 4,2 y 10,5 hay en disolución carbonatos y bicarbonatos. Si el pH es superior a 10,5 hay en disolución hidróxidos.

De acuerdo a lo que antecede, cuando en el agua el pH es igual o menor a 4,2, debe determinarse anhídrido carbónico disuelto.

Entre 4,2 y 8,3 se determinarán bicarbonatos.

Entre 4,2 y 10,5 se determinarán carbonatos y bicarbonatos.

Cuando el pH es mayor de 10,5 debe determinarse la presencia de hidróxidos.

**Materiales:**

Peachímetro equipado con electrodos de vidrio, vaso de precipitado de 50 ml.

**Reactivos:** En punto 7.

**Registros:** Planilla del cuaderno de determinaciones diarias PA- 2.

## 6.3 CONDUCTIVIDAD

La resistencia debe ser corregida a 25 ° C. Para ello el valor medido debe multiplicarse por el factor de temperatura y por el factor de corrección de la celda de cada conductímetro.

**Procedimiento:**

Calibrar el salinómetro anotar la temperatura y la lectura con la solución ClK 0,1 N (R2).

Realizar las lecturas correspondientes.

Se mide la resistencia de la muestra de agua, la que se expresa en micromohs por centímetro, milimohs por centímetro o  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Multiplicando los milimohs/cm por 10, se tienen miliequivalentes de sales por litro, 1 me/litro es aproximadamente igual a 68 mg/litro de sales.

**Materiales:**

Puente de conductividad con electrodo para celda especial para tal determinación.

**Reactivos:** En punto 7.

**Registros:** Planilla del cuaderno de determinaciones diarias PA- 3.

### 6.4. 1 SALES Y MATERIA ORGÁNICA Residuos a 180 °.

**Procedimiento:**

Se miden 100 cc de agua y se colocan en una cápsula de porcelana y se lleva a estufa durante tres horas a 180°C. Enfriar y pesar.

**Cálculos:** Diferencia de peso  $\times 10000 = \text{mg/litro sales y mat. orgánica}$

**Materiales:**

Cápsula de porcelana, balanza precisión 0,001 g, estufa, probetas.

**Reactivos:** En punto 7.

**Registros:** Planilla del cuaderno de determinaciones diarias PA- 4.



## 6. 4.2 SALES Residuo al rojo débil

### Procedimiento:

La cápsula anterior se la caliente al rojo débil en una mufla. Enfriar y pesar.

**Cálculos:** Diferencia de peso x 10000 = **mg/litro sales.**

### Materiales:

Cápsula de porcelana, balanza precisión 0,001 g, mufla.

## 6. 4. 3 SÍLICE: Anhídrido silíceo

### Procedimiento:

El residuo del calcinado al rojo, se lo trata con ácido clorhídrico, y se lo evapora lentamente. Realizar esta operación tres veces (para insolubilizar sílice). Una vez seco llevar a estufa a 120° C durante tres horas. A continuación, disolver las sales con ácido clorhídrico (1:1) (**R3**). Hervir, filtrar, lavar con agua caliente, calcinar, enfriar y pesar.

### Cálculos:

Diferencia de peso x 10000 = **SiO<sub>2</sub> mg/litro.**

### Materiales:

Balanza precisión 0,0001 g, mufla, estufa, crisoles porcelana, papel de filtro, pipetas.

**Reactivos:** En punto 7.

## 6. 5 CARBONATOS Y BICARBONATOS

Si el pH de la muestra de agua es superior o igual a 8,3, se determina carbonatos y bicarbonatos.

Si el valor del pH varía entre 4,2 y 8,3, se determinan bicarbonatos.

### Carbonatos y bicarbonatos

#### Procedimiento:

Medir una alícuota de la muestra de agua (generalmente 25 ó 50 ml); se agregan 4 ó 5 gotas de fenolftaleína en solución alcohólica al 1% (**R4**) y se deja caer desde una bureta ácido sulfúrico 0,1 N (**R5**) hasta que una gota decolore el líquido que estaba teñido de rojo violáceo.

Incorporar seguidamente 1 ó 2 gotas de anaranjado de metilo (**R6**); el líquido se tiñe de amarillo; se deja caer desde la bureta la solución de ácido sulfúrico 0,1N hasta que una gota haga virar el color al rojo naranja.

En la primera titulación con fenolftaleína como indicador, se valora la mitad de los carbonatos.

En la segunda titulación, con anaranjado de metilo, se valora la otra mitad de los carbonatos y todo el bicarbonato.

Llamando a al volumen gastado para la titulación con fenolftaleína y b al gastado con anaranjado de metilo, tendremos:

Ácido gastado para carbonatos: 2a

Ácido gastado para bicarbonatos: b – a

**Cálculos:**

$$\text{CO}_3 = \text{meq/l} = \frac{\text{ml SO}_4\text{H}_2 \times 2 \times N \times 1000}{V}$$

$$\text{CO}_3 \text{ H}^- \text{ meq/l} = \frac{\text{ml SO}_4 \text{ H}_2 \times N \times 1000}{V}$$

N: normalidad del  $\text{SO}_4 \text{ H}_2$ 

V: volumen medido de la muestra de agua.

**Ejemplo:**Para  $\text{CO}_3$  gastados 0,22 ml  $\text{SO}_4\text{H}_2$ Para  $\text{CO}_3\text{H}^-$  4,10 ml  $\text{SO}_4\text{H}_2$ 

Volumen agua 25 ml

$$\text{CO}_3 = \text{meq/l} = (0,22 \times 2) \times 0,1 \times 1000 / 25 = 1,76$$

$$\text{CO}_3 \text{ H}^- \text{ meq/l} = (4,1 - 0,44) \times 0,1 \times 1000 / 25 = 14,64$$

**BICARBONATOS**

Medir una alícuota de la muestra de agua (25 ó 50 ml); se agregan 1 ó 2 gotas de anaranjado de metilo y se deja caer desde una bureta ácido sulfúrico 0,1 N, hasta que una gota haga virar el indicador del amarillo al rojo naranja.

$$\text{CO}_3 \text{ H}^- \text{ meq/l} = \frac{\text{ml SO}_4 \text{ H}_2 \times N \times 1000}{V}$$

**Materiales**

Pipetas, probetas, erlenmeyer.

**Reactivos:** En punto 7.**Registros:** Planilla del cuaderno de determinaciones diarias **PA- 5**.



## 6. 6 CLORUROS

### Procedimiento:

Medir una alícuota de la muestra de agua.

Agregar 2 a 4 gotas de indicador cromato de potasio al 10% **(R7)**, además, para observar mejor el viraje del indicador se agrega una punta de espátula de carbonato de calcio pro análisis (alrededor de 100 mg.).

Titular con nitrato de plata 0,02N **(R8)** hasta que una gota forme un precipitado de color ladrillo claro (este precipitado está formado por una mezcla de cloruro de plata, blanco y cromato de plata, rojo caoba).

### Cálculos:

$$\text{Cl - meq / l} = \frac{\text{ml NO}_3 \text{ Ag} \times \text{N} \times 1000}{\text{V}}$$

N - normalidad de NO<sub>3</sub> Ag

V - volumen de muestra de agua medido

La alícuota a medir para la determinación, está relacionada con la conductividad, expresada en micro-mohs por centímetro.

La siguiente tabla da una idea de la alícuota a utilizar:

Conductividad CE x 10 <sup>6</sup>	m.e./ litro	ml de agua para valorar con NO <sub>3</sub> Ag 0,02 N
500 – 1000	5 - 10	50
1000 – 4000	10 - 40	25
4000 – 60000	40 - 60	10
6000 – 88000	60 - 80	5
8000 – 10000	80 - 100	2
> 10000	> 100	1

### Materiales

Pipetas, probetas, Erlenmeyer.

**Reactivos:** En punto 7.

**Registros:** Planilla del cuaderno de determinaciones diarias PA- 6.

## 6. 7 SULFATOS

### Procedimiento:

Colocar **100** ml de agua en un vaso de precipitado.

Agregar naranja de metilo, acidular con ácido clorhídrico, hasta viraje rojo.

Hacer hervir hasta reducir a la mitad.

Agregar 20 cc de cloruro de bario 10% **(R9)** agitar. Dejar precipitar.

Filtrar, con papel de filtro (para cristales finos, whatman 42 o similar).

Lavar con agua destilada el precipitado hasta eliminar cloruros e ir probando con nitrato de plata en las gotas del filtrado, hasta que no haya más cloruro.

Pasar el papel de filtro a una cápsula de porcelana o de platino.

Incinerar el papel en mufla a 600 °C.

Pesar (P).



**Cálculos:**

$$\text{mg/l SO}_4 = 0,4115 \times (P1 - P2) \times 10.000$$

$$0,4115 = \text{SO}_4 / \text{SO}_4 B_a = 96,0 / 233,36$$

P1 = peso pesafiltro mas ceniza.

P2 = peso pesafiltro

**Materiales:**

Vaso de precipitado, papel de filtro, cápsula porcelana, mechero, mufla, balanza.

**Reactivos:** En punto 7.

**Registros:** Planilla del cuaderno de determinaciones diarias PA- 7.

**6. 8 CALCIO Y MAGNESIO**

La determinación de magnesio se hace por diferencia, ya que se valora calcio y magnesio, juntos y luego calcio.

Por diferencia se halla magnesio.

**Calcio y magnesio juntos****Procedimiento:**

Sobre una alícuota de la muestra de agua, introducida en un erlenmeyer de 250 ml de capacidad se agregan 10 ml de buffer para calcio y magnesio (**R10**) y 1 gota de indicador para calcio y magnesio (**R11**) el líquido se tiñe de color rojo vinoso.

Titular desde una micro bureta, con E.D.T.A. 0,01 N (**R12**), hasta que vire de rojo vinoso a azul.

**Calcio**

Se mide una alícuota de la muestra de agua (el mismo volumen que el empleado para la determinación de calcio y magnesio juntos); se lo introduce en un erlenmeyer de 250 ml de capacidad, se agregan 10 ml de hidróxido de sodio normal (**R15**) y una punta de espátula de indicador para calcio (**R16**); el líquido se tiñe de color rojo vinoso.

Titular con E.D.T.A. hasta que vire de rojo vinoso a azul.

**Cálculos:**

Los ml de solución de E.D.T.A. gastados para valorar calcio y magnesio juntos se multiplican por el factor de corrección para calcio y magnesio.



Se multiplican los ml de solución de E.D.T.A., gastados para calcio por el factor de corrección para calcio. Por diferencia se obtienen los ml de E.D.T.A. gastados para magnesio.

Luego:

$$\text{Ca}^{++} \text{ meq/l} = \frac{\text{ml E.D.T.A.} \times N \times 1000}{V}$$

$$\text{Mg}^{++} \text{ meq/l} = \frac{\text{ml E.D.T.A.} \times N \times 1000}{V}$$

N - normalidad de la solución de E.D.T.A.

V - volumen de la muestra de agua medido.

#### **Materiales:**

Balanza precisión 0,0001 g, pipetas, buretas, erlenmeyer.

**Reactivos:** En punto 7.

**Registros:** Planilla del cuaderno de determinaciones diarias PA- 8.

## 6. 9 SODIO

#### **Procedimiento:**

Regular el fotómetro con soluciones patrones. Por ej.: ClNa 0.16 meq/l (**R13**). Calcular el valor de 1 división del fotómetro.

$$\frac{\text{meq de la solución patrón}}{\text{Lectura}} = \text{meq por división}$$

**Por ejemplo:** Una solución de 0,5 me, lectura 98 divisiones  
1 división del fotómetro =  $\frac{0,5}{98} = 0,0051$  me

Leer la muestra (Diluida o sin diluir).

**Cálculo:** Lectura x valor de 1 división x dilución.

**Ejemplo:**

Lectura: 5

Dilución: 1/10

Valor de una división foto= 0,0051

Meq Na / l = 5 x 0,0051 x 10

Conductividad C. Ex 10 <sup>6</sup>	m.e./litro	Dilución de la Muestra
0- 400	2 - 4	1/ 10
400- 4000	4 - 40	1 / 100
4000 – 20000	40 - 200	1 / 1000
> 20000	>200	1/10000

#### **Materiales:**

Fotómetro, tubos de ensayo, pipetas.

**Registros:** Planilla del cuaderno de determinaciones diarias PA- 9.



## 6. 10 POTASIO

### Procedimiento:

Calibrar el fotómetro con soluciones patrones, operatoria similar al sodio.  
Por ej.:ClK 0.08 meq/l (**R14**), Una vez calibrado, leer las muestras.

### Cálculo:

$$K \text{ meq / l} = L \times Vd \times D$$

L= Lectura obtenida en el fotómetro

Vd= valor de una división

D= Dilución de la muestra.

### Materiales:

Fotómetro, tubos de ensayo, pipetas.

**Reactivos:** En punto 7.

**Registros:** Planilla del cuaderno de determinaciones diarias **PA- 10**.

## 6. 11 DUREZA TOTAL

La dureza total, que se expresa en carbonatos, es debida casi exclusivamente al contenido de carbonato de calcio y magnesio.

### Cálculo:

Miligramos de Ca x 2,5 + miligramos de magnesio x 4,17 = **dureza total**.

## 6. 12 ARSÉNICO

Se efectúa una reducción de arseniatos a arsina mediante agregado de Zinc metálico y ácido clorhídrico. La arsina se recoge en una solución de dietilditiocarbamato de plata en piridina, formando un compuesto coloreado rojizo, que puede evaluarse fotométricamente.

### Procedimiento:

Pipetear 35,00 ml de muestra dentro de un generador limpio. (*erlenmeyer*)

Sucesivamente adicionar, con máximo cuidado hasta total adición 5 ml de ácido clorhídrico concentrado, 2 ml de IK (sol. 15%)(**R20**), y 8 gotas ( 0,40 ml) de SnCl<sub>2</sub> reactivo al 40 % (**R21**), dejar 15 minutos.

Pasado los 15 minutos, dejar en baño de hielo otros 15 minutos más, para reducción de arsénico a estado trivalente.

Paralelamente realizar la curva con las soluciones de concentración ya preparadas.

**Preparación del depurador:** Tubo recto y tubo con bulbo.

Para mejor manipuleo colocarlos en un vaso de precipitado e identificarlos.

Impregnar lana de vidrio (o algodón) con solución de acetato de Pb (**R22**) y colocar en el tubo recto (depurador) (tratando que no moje las paredes).

Colocar vaselina a las uniones de ambos tubos.

Pipetear 4,00 ml de dietiltiocarbamato de Ag (**R23**) en el tubo con bulbo (tubo absorbente).

Conectar ambos tubos sujetándolos con la pinza en perfecto ensamble.

**Generación de Arsina (Figura 1)**

Adicionar 3 gr de Zn en el erlenmeyer (desde una cucharita u otro recipiente preparado para contener los 3 gr.) e **inmediatamente** conectar los tubos. Realizar una certera y total conexión. El sistema debe cerrar perfectamente.

Después de 1 hora completada la evolución de arsina, verter la solución del absorbente (la del tubo con bulbo) directamente dentro de una celda de 1 cm y medir la absorbancia en 518 nm.

**Preparación de la curva:**

Tomar porciones de la solución Standard de As (**R26**) conteniendo 0.05, 0.10, 0.5 y 1 ug. de As hacer un gráfico Absorbancia versus concentración de arsénico.

Ajustar la curva cada 3 meses.

Diariamente trabajar con una muestra de concentración conocida (testigo) y un blanco. Ej.:

Muestras	Concentración	Absorbancia
Testigo	0.1	0.159
Blanco	0	0
1	Desconocida	0.197

Cálculos:

$$\text{Concentración muestra 1} = (\text{Abs. de 1} * \text{Conc. Testigo}) / \text{Abs. de testigo}$$

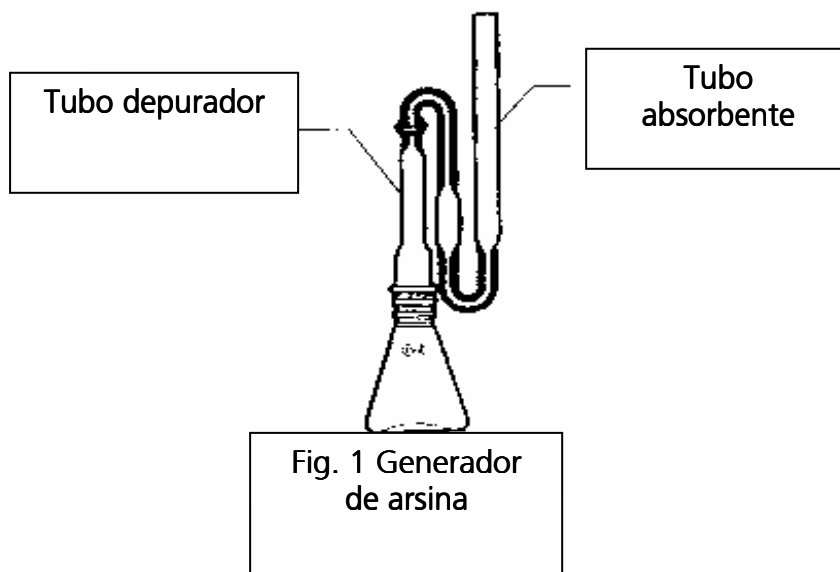
$$\text{Concentración muestra 1} = (0.197 * 0.1) / 0.159 = 0.12 \text{ ppm.}$$

**Materiales:**

Pipetas, erlenmeyer, tubos rectos y con bulbo, pinzas metálicas, espectrofotómetro.

**Reactivos:** En punto 7.

**Registros:** Planilla del cuaderno de determinaciones diarias PA- 11.





## 7. Reactivos

**(R1)** Soluciones patrones de pH

pH 4 Biftalato de potasio 0,3 a 0,05 M. Pesar 61,2 g de  $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$  (biftalato de potasio) y disolver en agua caliente, enrasar a 1000 ml. Agregar 3 gotas de tolueno para evitar crecimiento de hongos. Diluir 100 ml de esta solución con 500 ml de agua.

pH 8 Fosfato disódico. Pesar 24,01 g de fosfato monosódico y llevar a 1000 ml con agua. Mezclar 19,45 ml de fosfato monosódico 0,2 M con 0,55 ml de ácido cítrico 0,1 M.

**(R2)** Cloruro de potasio 0,1 N. Pesar 7,456 g de cloruro de potasio y llevar a 1000 ml. Esta solución tiene una conductividad de 12.900  $\mu\text{S}/\text{cm}$  o 12,9 dS/m o mmhos/cm.

**(R3)** Acido clorhídrico 1:1: Diluir una parte de ácido puro en una de agua.

**(R4)** Fenolftaleina 1 % en alcohol. Pesar 10 g de fenolftaleina disolver en alcohol 96 ° y llevar a 1000 ml con el mismo alcohol.

**(R5)** Acido Sulfúrico 0,1 N. Medir 100 ml de la solución de ácido sulfúrico más o menos normal y se lleva el volumen a 1 litro en matraz aforado, mezclando bien la solución preparada.

Valoración: Puede valorarse con un patrón de hidróxido de sodio 0,1 N.

Se mide 10 ml de la solución de ácido a valorar, se los transfiere a un erlenmeyer de 250 ml de capacidad, se agrega un poco de agua destilada y 3 ó 4 gotas de fenolftaleina al 1%, se valora con la solución de hidróxido de sodio 0,1 N hasta que el indicador vire a rosado.

$$\text{Normalidad} = \frac{\text{ml OH Na} \times \text{N (Na OH)}}{\text{ml SO}_4 \text{H}_2}$$

**(R6)** Anaranjado de metilo: (Dimetil amino - azo-bensol-sulfonato de sodio) 1 gramo, llevar a 1 litro en agua hervida y fría.

**(R7)** Cromato de potasio 10 %: 10 gramos se disuelven en agua destilada, se agrega nitrato de plata 0,02 N, hasta que aparezca un precipitado rojo caoba claro. Se lleva el volumen a 100 ml y se filtra.

**(R8)** Nitrato de plata 0,02 N: Pesar 3,3980 gramos de  $\text{NO}_3\text{Ag}$ , disolver en agua. Agregar 1ml de ácido nítrico, llevar a 1.000 ml con agua destilada.

**(R9)** Cloruro de Bario 10%: 100 gramos se disuelven en 100 ml de agua destilada.

**(R10)** Buffer para Calcio y Magnesio: A 200 ml de agua destilada agregar 67 gramos de cloruro de amonio. Incorporar luego 570 ml de amonio concentrado. Llevar el volumen a 1 litro con agua.

**(R11)** Indicador para calcio y magnesio: Disolver 1 gr de negro de erio cromo T en 80 ml de Trietanol amina. Llevar a 100 ml con agua destilada.

**(R12)** Solución 0,01 N de E.D.T.A. (Versenato): Sal disódica del ácido etilen - di - amino - tetracético. Pesar 2 gr de EDTA y 50 miligramos de  $\text{Cl}_2 \text{Mg}$ . Llevar a un litro.

Valoración: Puede valorarse con un patrón de Ca 0.01 N. Se mide 5 ml de la solución patrón, se los transfiere a un erlenmeyer de 250 ml de capacidad, se agrega 10 ml de Na OH normal y 100 mg de indicador para calcio, completar el volumen con 25 ml de agua destilada. Titular con E.D.T.A.

$$\text{Normalidad} = \frac{\text{ml de sol.patrn Ca} \times \text{N (Ca)}}{\text{ml E.D.T.A.}}$$

**(R13)** Cloruro de sodio 0,16 meq: Pesar 0,5845 g de cloruro de sodio y diluir a 1000 ml con agua (sol.10 meq / l de sodio). Pipetear 4 ml de dicha solución y llevar a 250 ml con agua.



(R14) Cloruro de potasio 0,08 meq/l: Pesar 0,7455 g de cloruro de potasio y diluir a 1000 ml con agua (sol. 10 meq / l de potasio). Pipetear 2 ml de dicha solución y diluir a 250 ml con agua.

(R15) Hidróxido de sodio 1 N: Pesar 40 gramos de hidróxido de sodio y se incorpora lentamente en 600 ml de agua contenidas en un vaso de precipitado de 1000 ml, refrigerando convenientemente. Dejar enfriar y llevar a 1000 ml.

(R16) Indicador para calcio: Pesar 10 gr de sulfato de potasio anhidro, incorporar 1 gramo de HHSNN(2 hidroxy -1-(2 hydroxy - 4 sulfo - l - naphtyl - azo) - 3 - naphtoi que ácido. Porfirizar y homogeneizar. Mantener en frasco oscuro.

(R17) Azul de bromo timol (Timolsulfoftaleina): 0,4 gr de azul de bromo timol se morterea con 64 ml de hidróxido de sodio 0,01 N. El material bien mortereado se transfiere a un matraz aforado de 1.000 ml. Enrasar a 1.000 ml con agua destilada, hervida y fría.

(R18) Biftalato de potasio: Disolver en agua 20,4216 gramos de biftalato de potasio, llevar a 1.000 ml .

(R19) Hidróxido de sodio 0,1 N: Partir de una solución de hidróxido de sodio 40 % (40 gr de hidróxido en lentejas, llevar a 100 gr de peso de la solución).

Pesar 10 gramos de la solución de hidróxido de sodio al 40 % y llevar el volumen a 1 litro en matraz aforado.

#### Valoración:

Con pipeta de doble aforo se mide 10 ml de solución 0,1 N de biftalato de potasio (18), los que se transfieren a un matraz de 250 ml; se incorporan 4 ó 5 gotas de indicador azul de bromo timol (17) y desde una bureta se titula con OHNa, hasta que vire de amarillo a celeste

(R20) Yoduro de potasio en solución al 15%: Disolver 15 gr. de IK en 100 ml agua destilada.

(R21) Reactivo cloruro estagnoso: al 40 %. Disolver 40 gr. (libre de arsénico) en 100 cc de CIH concentrado, para ayudar a la disolución se puede entibiar a baño María.

(R22) Solución de acetato de plomo: Disolver 10 gr de Pb (C2O3H2).3 H2O en 100 cc de agua destilada.

(R23) Dietilcarbomato de plata: Se disuelve 1 gr de clorhidrato de L-efedrina en 40 ml de NaOH 0,5N en un vaso de precipitado.

Colocar la solución en una ampolla de decantación para realizar la extracción (fase líquida- fase líquida) de la manera siguiente:

Agregar a la ampolla de decantación 20 cc de cloroformo, mezclar con movimientos envolventes, dejar 2 o 3 minutos y se observara que caen gotas de la solución superior a la inferior, decantar la solución hasta el limite donde están mezcladas ambas, recibiendo en una probeta, abriendo la llave de la ampolla. A la probeta donde se va recibiendo la solución taptarla con un film hasta la conexión con la ampolla de decantación, para que no se evapore del cloroformo. Agregar sucesivas porciones de 20cc de cloroformo y repetir la extracción, 5 o 6 veces.

El punto final se verifica poniendo tres o cuatro gota de la solución de L-efedrina y una gota de ácido pícrico en una piedra de toque, cuando se observe un precipitado amarillo (una aureolita brillante en el centro) indica formación de picratos, esto señala la finalización de la extracción .

Terminada la extracción enrasar a 400 cc con cloroformo. Envolver con papel de aluminio la probeta a los fines de evitar que penetre luz y dejar 24 horas.

Disolver 1,250 g de Ag SCNC (C2H5) en la solución extractiva (arriba descrita) y llevar a volumen hasta 400 ml con cloroformo, mezclar, dejar reposar 24 horas sin que le filtre luz (envuelto en papel de aluminio). Al otro día filtrar. Se guarda en recipiente color caramelo.



(R24) **Solución Patrón de As:** disolver 1.320 de  $As_2O_3$  en 10 ml de agua destilada conteniendo 4 grs. de Na OH, diluir a 1000ml.

$$1 \text{ ml} = 1 \text{ mg As}$$

(R25) **Solución Intermedia de As:** disolver 5 ml de **solución patrón** en 500ml de agua destilada.

$$1 \text{ ml} = 10 \text{ } \mu\text{g As}$$

(R26) **Solución Standard de As:** diluir 10ml de **solución intermedia** en 100 ml de agua destilada.

$$1 \text{ ml} = 1 \text{ } \mu\text{g As}$$

### Diluciones para la curva

0.05  $\mu\text{gAs/l}$  = diluir 5 ml de **solución standard** en 100 ml de agua destilada.

0.1  $\mu\text{gAs/l}$  = diluir 10 ml de **solución standard** en 100 ml de agua destilada.

0.5  $\mu\text{gAs/l}$  = diluir 50 ml de **solución standard** en 100 ml de agua destilada.

1  $\mu\text{gAs/l}$  = **solución standard**.

## 8. Valores para determinar la calidad de agua para riego

Se debe considerar la SALINIDAD Y SODICIDAD.

La salinidad se expresa por la CE.

La sodicidad por RAS.

$$RAS = \frac{Na^+ + \sqrt{Ca^{++} + Mg^{++}}}{2}$$

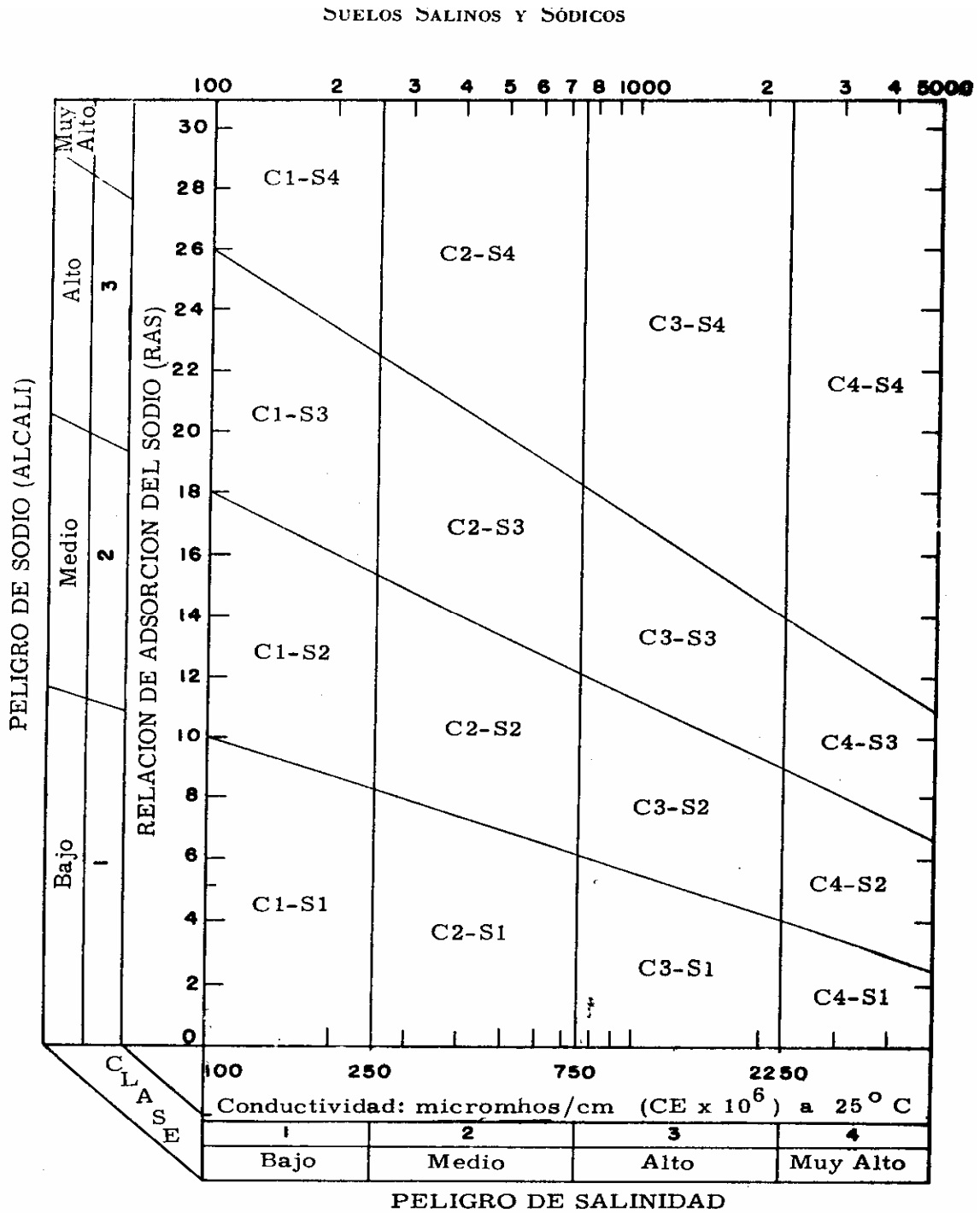
En la cual:  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$  representa la concentración en miliequivalentes por litro de los iones respectivos.

Se dan dos interpretaciones: el De Diagnostico y rehabilitación de suelos salinos y sodicos y el de FAO 1992.

El primero utiliza el diagrama de Wilcox, gráfico de dos entradas de la cual surgen 16 categorías, 4 por salinidad y 4 por sodicidad:



9. Diagrama para la clasificación de las aguas para riego.







## Salinidad

Agua de Baja Salinidad (C1): Puede usarse para riego en la mayor parte de los cultivos, en casi cualquier tipo de suelo con muy poca probabilidad de que se desarrolle salinidad. Se necesita algún lavado, pero éste se logra en condiciones normales de riego, excepto en suelos de muy baja permeabilidad.

Agua de Salinidad Media (C2): Puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad, se pueden lograr plantas moderadamente tolerantes a las sales.

Agua Altamente Salina (C3): No puede usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente. Aun con drenaje adecuado se pueden necesitar prácticas especiales de control de la salinidad, debiendo, por lo tanto, seleccionar únicamente aquellas especies vegetales muy tolerantes a sales.

Agua muy Altamente Salina (C4): No es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser permeables, el drenaje adecuado, debiendo aplicarse un exceso de agua para lograr un buen lavado; en este caso, se deben seleccionar cultivos altamente tolerantes a sales.

Sodicidad: La clasificación de las aguas de riego con respecto a la RAS, se basa primordialmente en el efecto que tiene el sodio intercambiable sobre la condición física del suelo. No obstante, las plantas sensibles a este elemento pueden sufrir daños, a consecuencia de la acumulación de sodio en sus tejidos, cuando los valores del sodio intercambiable son más bajos que los necesarios para deteriorar la condición física del suelo.

Agua Baja en Sodio (S1): Puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

Agua Media en Sodio (S2): En suelos de textura fina el sodio representa un peligro considerable, más aún si dichos suelos poseen una alta capacidad de intercambio de cationes, especialmente bajo condiciones de lavado deficiente, a menos que el suelo contenga yeso. Estas aguas sólo pueden usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad.

Agua Alta en Sodio (S3): Puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que éstos necesitarán prácticas especiales de manejo - buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica. Los suelos yesíferos pueden no desarrollar niveles perjudiciales de sodio intercambiable cuando se riegan con este tipo de aguas. Puede requerirse el uso de mejoradores químicos para substituir al sodio intercambiable; sin embargo, tales mejoradores no serán económicos si se usan aguas de muy alta salinidad.

Agua muy Alta en Sodio (S4): Es inadecuada para riego, excepto cuando su salinidad es baja o media y cuando la disolución del calcio del suelo y la aplicación de yeso u otros mejoradores no hace antieconómico el empleo de esta clase de aguas.

Ocasionalmente, el agua de riego puede disolver un buen porcentaje de calcio en los suelos calcáreos, de tal manera que disminuye notablemente el peligro por sodio, condición que deberá tenerse muy en cuenta en el caso de usar aguas de las clases C1-S3 y C1-S4. Tratándose de suelos calcáreos de pH alto o de suelos que no son calcáreos, el estado del sodio de las aguas C1-S3, C1-S4 y C2-S4 se puede modificar ventajosamente agregando yeso al agua. De igual manera, es conveniente aplicar yeso al suelo periódicamente cuando éste vaya a regarse con aguas C2-S3 y C3-S2.

El segundo, FAO 1992 clasifica en tres categorías:

Calidad agua para riego	CE dS/m	RAS
Aceptable	< 1,3	< 5
Dudosa	1,3 - 2	5 - 10
Riesgosa	> 2	> 10



## 10. Cuadro de límites de elementos contenidos en el agua para consumo humano

	a	b	c	d	e	f
<b>Caracteres físicos</b>						
Turbidez (unidades)	0,2			1		
Color	2			5		
Olor	1			5		
<b>Caracteres químicos</b>						
Sólidos disueltos totales mg./l	50-600			1000		
Dureza total (CO <sub>3</sub> Ca)	30-100			200		
Sales disueltas mg./l	500	1500	-	500	-	2000
Cloruros (Cl)	100-200	600	-	250	-	600
Sulfatos	100-335	670	-	250	-	300
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	0,01	-	-	0,1	-	-
Nitratos	45	-	-	45	-	-
Amonio (NH <sub>4</sub> )	0,05	-	-	0,20	-	-
Ca	75	200	-	-	-	-
Mg.	50	100	250+	-	-	-
Manganeso	0,01 -0,2	-	-	0,05	-	-
Flúor	1,0	-	1,8	0,8 -1,7	1,6 - 3,4	1,5
Arsénico	-	-	0,02	0,01	0,05	0,015
Vanadio	-	-	0,05	-	0,01	-
Selenio	-	-	0,05	-	0,01	-
Helio	0,3	-	-	-	-	-
Plomo	0,05	-	0,1	-	0,05	-
Hierro total	0,05			0,10		
Carbonatos - Alcalinidad	30 ++	-	400	-	-	-
Dureza	60 - 100	-	200	-	-	-

**a:** Organización mundial de la salud - Límite Recomendable - Valor aconsejable

**b:** Organización mundial de la salud. - Límite excesivo.

**c:** Organización mundial de la salud. Máximo admisible.

**d:** Servicio de salud Pública, EE.UU. Límite recomendable. Límite aceptable.

**e:** Servicio de salud Pública, EE.UU. Máximo admisible.

**f:** Obras sanitarias de la Nación. Límite adoptado.

Valor aconsejable: es el grado de concentración de un parámetro que no significa peligro alguno para la salud y que se considera el más adecuado.

Límite aceptable: Es el valor o concentración, sin efecto perjudicial para la salud.

### CALIDAD DE AGUA PARA BEBIDA DE BOVINOS ( Bonel 1982)

	Muy buena	Buena	Regular	Mala
Cloruros mg/l	1.000/2.000	< a 1.000	< a 2.000	< a 2.000
Sulfatos mg/l	< a 600	< a 600	600 a 2.000	> a 2.000
Calcio mg/l	> a 60	> a 60	> a 120	> a 30
Magnesio mg/l	< a 30	< a 30	< a 30	>a 30
Relación Ca/Mg	> a 2	> a 2	1 - 2	< a 2
Sales soluble mg/l	2.000 - 3.000	< a 3.000	> 7.000	> 7.000 y <2.000

**BIBLIOGRAFÍA:**

1953. FALCIONI C. Alberto. - Higiene pecuaria - Salvat Editores, S.A.

1955. R. MULLER, O. WIDEMANN, Jahrb v Wasser, 22, 249.

1960. A. M. HARTLEY, R. I ASI. Suggested method for nitrate determination with 2 - 6 xylene reagent. J.A.W.W.A., , 52.255,258.

1964. D.W.W. ANDREWS. A sensitive method for determining nitrate in water with 2 - 6-xylene, Analyst, 89 (1064), 730-734.

1973. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Editorial Limusa. México.

1973. HOMER D. CHAPMAN, PARKER F. PRATT - Métodos de análisis plantas y aguas. Ediciones Trilla.

1976. ASENSIO. Técnicas analíticas para determinaciones físico - químicas y químicas en muestras de suelo y agua. Suelo. Tirada interna 61 - Buenos Aires. 55 p.

1982. Clarín 1º de mayo. BONEL A y GAZI H.

1972. CERANA. Idia N° 299. Noviembre