

El AGUA:

Calidad para consumo y riego

Guía práctica para la interpretación de
análisis físico-químicos

Proyecto de experimentación y provisión de
agua para comunidades aborígenes de la
provincia de Formosa

Esta publicación forma parte del *Proyecto de Experimentación y Provisión de Agua para Comunidades Aborígenes de la Provincia de Formosa.*

Editores:

Asociación para la Promoción de la Cultura y el Desarrollo (A.P.C.D.)
Centro de Capacitación Zonal (CE.CA.ZO.)
Equipo de Pastoral Aborigen de Ingeniero Juárez
Instituto de Cultura Popular (IN.CU.PO)

Coordinadores de la Publicación:

Leonardo Dell Unti
María Inés Cavallero.

Agradecimientos:

Roberto Gondar
Pablo Chianetta

Publicación financiada por el PROINDER

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723. Reservados todos los derechos. Registro de Propiedad Intelectual en trámite.

EL AGUA:

Calidad para consumo y riego

Contenido

Prólogo	7
Introducción	9
<u>PARTE I</u>	11
Ciclo del Agua	13
Aguas Superficiales	14
Aguas Subterráneas	12
Análisis de Calidad de Agua	17
Toma de la Muestra	17
Tratamiento de la Muestra	18
Tipos de Análisis	19
I- en el Campo	19
II- en el Laboratorio	20
A- Análisis Físico	20
B- Análisis Químico	21
1-Determinaciones Básicas	21
2- Determinaciones Complementarias	22
Ejemplo de un informe de Análisis de Agua	25
Resultados	26
¿Cómo interpretamos los valores del informe?	27
<u>PARTE II</u>	37
Importancia del Agua para los Seres Vivos	39
AGUA PARA CONSUMO ANIMAL	41
¿Por qué el agua es importante para los animales?	43
Algunos factores que influyen en el consumo de agua	43
Sustancias que podemos encontrar en una muestra de agua	46
Tabla con Valores Máximos de sales tolerados por los bovinos	53
Tabla de Clasificación de las Aguas para uso bovino	53
AGUA PARA CONSUMO HUMANO	55
I- Parámetros Físicos	58

II- Parámetros Químicos	59
Tabla con Valores de Agua Apta para Consumo Humano	67
AGUA PARA RIEGO	69
¿Por qué el agua es importante para las plantas?	71
1- ¿Cómo debe ser el agua para riego?	72
2- Clasificación del agua para riego	73
3- Algunos problemas que puede causar el agua de riego	76
Tabla con Valores Máximos recomendados en agua para riego	79
Tabla de clasificación simplificada de las aguas para riego	80
Bibliografía	81

Prefacio:

Este trabajo es parte del Proyecto de Experimentación y Provisión de Agua para Comunidades Aborígenes en la Provincia de Formosa que se viene implementando desde el año 1998, con la intención de encontrar respuestas globales para la problemática del agua, a través de acciones integrales que potencien un proceso de desarrollo autosustentable.

El Proyecto desarrolla una línea de investigación - experimentación con tres comunidades que presentan distintas situaciones desde el punto de vista geográfico, climático, social, productivo, étnico y cultural, con el propósito de generar criterios para la provisión de agua para consumo humano y actividades productivas a través del uso de tecnologías apropiadas.

De manera simultánea, se organizan acciones puntuales en más de 30 comunidades de las etnias pilagá, toba y wichi del centro-oeste de la provincia, con la realización de pequeñas obras en un marco sistemático de capacitación técnica para la formación de recursos calificados en la zona.

Con todo esto se pretende desarrollar respuestas tecnológicas apropiadas que definan sistemas de oferta del recurso agua para responder a las demandas actuales y potenciales de las comunidades.

El Proyecto prevé varias herramientas metodológicas: la investigación participativa, la capacitación, la experimentación, la sistematización, el intercambio y la divulgación de experiencias.

Este trabajo se desarrolla entre un conjunto de equipos e instituciones no gubernamentales con la financiación de instituciones gubernamentales.

Introducción

En la región del Chaco, la oferta de agua es escasa e irregular en el tiempo. Por ello se transforma en un elemento central y organizador en la dinámica de las comunidades rurales y urbanas. Esta situación obliga a extremar los criterios de manejo y conservación de la misma.

Tanto las concentraciones superficiales en bajos, represas o cursos temporarios, como en los pequeños depósitos subterráneos de agua, se caracterizan por la variabilidad en la concentración de sales y presencia de microorganismos. Esta variabilidad determina distintas calidades de las aguas en función del uso a que están destinadas. En estas condiciones, no sólo es importante obtener agua sino conocer la calidad de la misma para poder orientarla hacia los diferentes usos.

El presente trabajo está dirigido a los técnicos y promotores que desarrollan su actividad en comunidades urbanas y/o rurales, donde el agua es un elemento limitante del desarrollo humano.

Es una guía que ayuda a interpretar los análisis físico-químicos y las posibles consecuencias y sus causas que surgen al consumir determinada calidad de agua. Su objetivo es brindar elementos de conocimiento respecto a la calidad de las aguas que se consumen o se quieran consumir, orientando los posibles usos.

Consta de dos partes. La primera parte es general y hace referencia al ciclo del agua, la muestra de agua, su tratamiento, los tipos de análisis físico-químicos y su interpretación. La segunda parte, se refiere a las normas o criterios de calidad de agua para los diferentes usos: consumo animal, humano y vegetal.

Este trabajo puede abordarse de dos modos diferentes. Una primera parte que brinda los elementos mínimos necesarios para interpretar un análisis físico-químicos y una segunda parte que profundiza en las características químicas de los elementos, sus efectos e interacciones, aportando herramientas que generen criterios para decidir sobre los distintos usos.

Los criterios de calidad de agua definidos no deben considerarse como límites infranqueables, sino como indicadores de posibles efectos nocivos en caso de consumo excesivo. El análisis del agua debe considerarse en su totalidad y para ello es importante observar los porcentajes de cada elemento en su conjunto.

Parte I

≡ Ciclo del agua

≡ Análisis de calidad de
agua: Interpretación

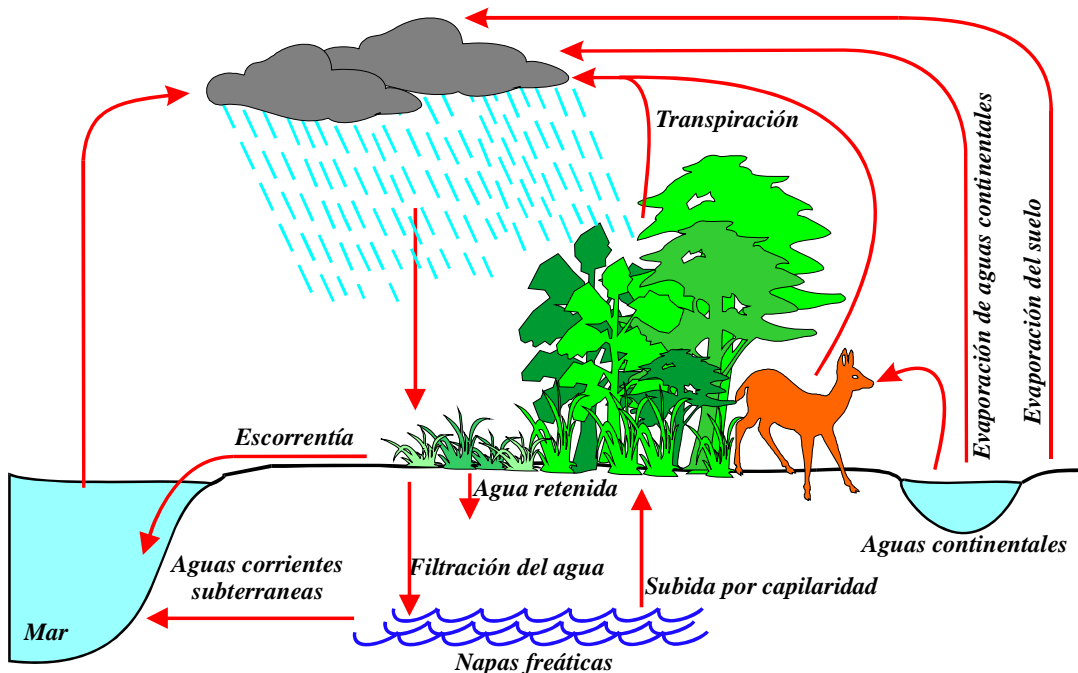
El Ciclo del Agua

Es la circulación del agua en cualquiera de sus estados (sólido, líquido o gaseoso) desde la superficie del planeta (océanos, lagos, ríos, represas, etc.) hacia la atmósfera en forma de vapor y desde la atmósfera nuevamente hacia la superficie del planeta como precipitación.

La evaporación del agua da como resultado la transferencia de vapor de agua a la atmósfera, que al condensarse forma nubes. Las nubes liberan su humedad como precipitación (lluvia, granizo, nieve, etc.).

Parte de la precipitación que cae en la tierra se evapora, retornando a la atmósfera; otra parte escurre por la superficie del suelo hacia las corrientes superficiales. El resto, aproximadamente un 35% del agua que cae sobre la tierra se filtra en el suelo y percola hacia las corrientes de agua del subsuelo. A su vez, las plantas extraen agua del subsuelo mediante sus raíces y a través de la transpiración de sus hojas la devuelven a la atmósfera cerrando el ciclo.

De este modo, podemos dividir las aguas en dos grandes grupos: las aguas superficiales y las aguas del subsuelo o subterráneas. Esta división no es tan tajante ya que el ciclo del agua, al ser dinámico produce un flujo continuo entre ambos grupos.



Cuando el agua de lluvia o de irrigación llega al terreno se divide en tres fracciones:

- ✓ Una parte se evapora
- ✓ Otra parte corre por la superficie: es el **agua superficial**
- ✓ Y otra parte se infiltra: es el **agua subterránea**. De esta:
 - Una parte es consumida por las plantas.
 - Otra parte es retenida por el suelo
 - Y otra parte sigue su camino constituyendo el agua freática.

Aguas superficiales:

Forman parte de océanos, ríos, lagunas, represas, esteros, etc.

Todos los ríos llevan materia orgánica e inorgánica en solución (disuelta) o en suspensión (flotando).

La cantidad y variedad de sólidos disueltos depende de la naturaleza de los suelos que atraviesa el curso de agua y del tipo de roca que hay en las nacientes del mismo.

Muchas veces, las aguas superficiales, son turbias y con abundante cantidad de materia orgánica, especialmente cuando están cerca de lugares muy poblados o industriales.

En la región Chaqueña, las aguas superficiales en época de bajante, presentan un elevado contenido salino, debido a varios factores, entre los que podemos nombrar: la descarga de agua subterránea en los ríos y la presencia de suelos arcillosos nuevos con alto contenido de sales.

En la época de creciente, los grandes ríos contienen una elevada cantidad de sólidos disueltos y, en algunos casos, se transforman en verdaderos torrentes de barro¹.

Aguas subterráneas:

Son las aguas que se encuentran bajo la superficie de la tierra formando acuíferos.

El agua que escurre por la superficie y que penetra en el suelo va disolviendo las sales que encuentra a su paso. De esta manera, las aguas pueden llegar a contener cantidades tan elevadas como 30-50gr/l² o más de diferentes sales.

Estos valores pueden tener efectos nocivos sobre los seres vivos, ya sea por su concentración³ o por su composición⁴.

¹ Los ríos Pilcomayo y Bermejo arrastran 100.000.000 toneladas de sedimento al año.

² El agua de los océanos tiene 33 gr/l de sales.

³ Concentración de sales: es la "cantidad" de sales que tiene el agua.

⁴ Composición de sales: son los diferentes tipos de sales presentes en el agua.

La lenta velocidad de infiltración del agua en el suelo, permite que las partículas orgánicas que inicialmente estaban en suspensión sean retenidas en el camino. De este modo, cuando el agua llega a la napa su aspecto es cristalino, pero al mismo tiempo se fue enriqueciendo con las sales de las diferentes capas que atravesó (porque se produce intercambio entre las sales del suelo y las que trae el agua).

La temperatura casi constante del agua subterránea se debe a que la temperatura del terreno donde circula es constante, para determinada profundidad.

En el agua subterránea, generalmente no se encuentran microorganismos patógenos, porque la escasez de oxígeno y de nutrientes evita su desarrollo. Puede decirse que la pureza orgánica y la cantidad de sales minerales de las aguas subterráneas aumenta a medida que aumenta la profundidad de la perforación.

Los depósitos de agua subterránea en la región Chaqueña son escasos, de poca continuidad areal y baja producción de agua.

Análisis de Calidad de Agua

¿Qué es?

Es una determinación de las características físicas, químicas y/o biológicas de una muestra de agua.

¿Para qué sirve?

Nos sirve para decidir si es posible utilizar determinada agua para un fin particular: uso humano, animal, riego de cultivos, etc.) y para conocer de qué modo afectará la salud de los organismos que la utilicen.

¿Cómo se hace?

Se siguen **diferentes pasos**, de acuerdo al tipo de análisis que se quiera realizar. Los pasos son los siguientes:

- 1° Toma de la muestra de agua.
- 2° Tratamiento de la muestra de agua.
- 3° Análisis de la muestra.

1º Paso: TOMA DE LA MUESTRA

Para que la muestra de agua que vamos a analizar sea representativa, debemos tener en cuenta que:

≡ Para **aguas superficiales**

- En el caso de ríos y arroyos, conviene tomar muestras a diferentes profundidades, por ejemplo una a 0,10 metro de profundidad, otra a 0,50 metros y otra de fondo. Además es importante tomar muestras del centro y de la orilla del cauce.
- En el caso de represas o de pozones que reciben agua de lluvia es conveniente tomar una muestra después que ha pasado un tiempo de la época de lluvias.

≡ Para aguas **subterráneas**

- Es conveniente obtener la muestra después de bombeado unos 20 minutos, para que se limpie el caño de las suciedades que pudiera tener. La muestra de agua debe tomarse del caño abastecedor (no de bebederos o tanques).
- En el caso de perforaciones nuevas el tiempo de bombeo deberá ser mayor. No se deben tomar muestras de bombas o molinos recién instalados, sino que se los debe dejar funcionar varios días.

2° Paso: TRATAMIENTO DE LA MUESTRA AGUA
--

≡ Se debe colocar el agua en botellas de vidrio o de plástico de 1 litro, **totalmente limpias**. Previo a su llenado hay que enjuagarlas 3 veces con el agua que se desea analizar.

≡ Para **análisis bacteriológicos**, la botella debe ser de vidrio oscuro y debe estar esterilizada. De ser posible el tapón debe estar sellado con cera. El análisis debe realizarse dentro de las 24 horas de tomada la muestra. Hasta que se analicen, se recomienda guardar las muestras en un lugar fresco (la temperatura ideal es de 4°C) y oscuro, para que las bacterias no se mueran y tampoco se reproduzcan.

≡ Para **análisis físico-químicos**, la botella puede ser de vidrio o de plástico. Es importante que las muestras sean analizadas dentro de las 72 horas.

≡ Para identificar cada muestra, es necesario completar la siguiente información:

Para agua subterránea:

Para agua superficial:

O	O
<ul style="list-style-type: none">- N° de muestra:- Fecha de extracción:- Finalidad: (uso previsto)- Origen:- Napa: (1°, 2°, 3°, etc.)- Profundidad:- Procedencia - Propiedad:- Tomada por:	<ul style="list-style-type: none">- N° de muestra:- Fecha de extracción:- Finalidad: (uso previsto)- Origen:- Procedencia - Propiedad:- Tomada por:

3º Paso: TIPOS DE ANALISIS

Es posible realizar determinaciones en el campo y en el laboratorio.

I- En el Campo se pueden realizar:

A. Determinación del contenido de sales *mediante el gusto*:

- Este análisis permite tener una idea del contenido salino del agua en cuestión, si bien no reemplaza a los análisis de laboratorio.
- El resultado del análisis depende del paladar de cada persona.
- Los siguientes cuadros pueden ayudar en la determinación:

Determinación del contenido de **Sales Totales**.

Concentración estimada (gr/l)	Gusto
Hasta 1gr/l	Sin gusto
Hasta 2 gr/l	Salobre suave
Hasta 4 gr/l	Muy salobre
Más de 5 gr/l	Intolerable para el hombre

Fuente: Aguas y Aguadas (Bavera, Rodriguez, Beguet, Bocco y Sánchez).

Determinación del contenido de **Cloruro de Sodio**.

Concentración estimada (gr/l)	Gusto
Hasta 1gr/l	Sin gusto
Hasta 2 gr/l	Salado suave
Hasta 5 gr/l	Salado fuerte
Más de 10 gr/l	Salmuera

Fuente: Aguas y Aguadas (Bavera, Rodriguez, Beguet, Bocco y Sánchez).

Determinación del contenido de **Sulfato de Magnesio**.

Concentración estimada (gr/l)	Gusto
Hasta 1gr/l	Sin gusto
Hasta 2 gr/l	Amargo apenas perceptible
Hasta 5 gr/l	Amargo suave
Más de 10 gr/l	Amargo fuerte

Fuente: Aguas y Aguadas (Bavera, Rodriguez, Beguet, Bocco y Sánchez).

B. Determinación del contenido de sales totales *por conductividad específica*:

- Este método permite conocer la concentración de iones⁵ presentes en el agua (qué cantidad de sales tiene el agua). Para determinar el contenido de sales por conductividad es necesario contar con un aparato llamado conductímetro. La unidad de medición es el ***milimho***.
- **Ventajas**: Es una medición rápida que puede realizarse en el campo. El valor de conductividad obtenido, puede convertirse a ***contenido de sales totales***, multiplicándolo por la constante: 0.7.
- **Desventajas**: Está influenciado por la cantidad de sólidos disueltos y el tipo de sales. Es conveniente realizarlo a 25 °C. El error que puede cometerse es de hasta un 25%.

C. Determinación de características físicas como: color, olor, sabor y turbiedad:

- La determinación de estos parámetros se realiza mediante los órganos de los sentidos, por eso los resultados son subjetivos.

Nota: Las mediciones realizadas **en el campo**, nos dan una idea aproximada y en el momento de la calidad del agua. Para aumentar la confiabilidad de estos valores, es conveniente combinar varias mediciones diferentes: conductividad, color, sabor, etc.

II- En el Laboratorio se deben realizar:

A. Análisis Físicos

B. Análisis Químicos

A. Análisis Físicos: complementa los análisis químicos, ya que puede ser orientativo en algunos aspectos y no encarece el costo del análisis general. Se analizan diferentes aspectos:

⁵ Ion: es una partícula con carga eléctrica, positiva (catión) o negativa (anión). Cationes y aniones se unen para formar sales. Por ejemplo, si tomamos la sal de mesa común, este compuesto está formado por iones: el ión negativo (anión) Cl⁻ se une con el ión positivo (catión) Na⁺ y forman el ClNa (cloruro de sodio) que es la sal de mesa.

- **Color:** El agua de bebida debe ser incolora.
Generalmente las aguas coloreadas son superficiales o de pozos poco profundos. El color puede deberse a la presencia de iones metálicos (hierro y magnesio) o a materia orgánica o desechos industriales.
- **Olor:** El agua de bebida no debe tener olor (inodora).
La presencia de olores en el agua puede deberse a varias causas: desarrollo de microorganismos, descomposición de restos vegetales o animales, contaminación por residuos industriales o cloacales, etc. La determinación de este parámetro depende del sentido del olfato. Las aguas superficiales son las que presentan olor con mayor frecuencia.
Las aguas de pozo, sobre todo cuando éste es profundo, generalmente no tienen olor.
- **Sabor:** El agua de bebida no debe presentar sabor desagradable.
Los sabores más comúnmente detectados suelen ser producidos por compuestos inorgánicos (hierro, manganeso, sodio, potasio, cinc, cloro) y acción del cloro sobre la materia orgánica, aunque también puede deberse a la acción de bacterias.
- **Turbiedad:** está dada por la presencia de sólidos en suspensión, tanto orgánicos como inorgánicos. Esta determinación es importante desde el punto de vista sanitario.

B- Análisis Químico: son las determinaciones más importantes. Algunas son **básicas (1)**, imprescindibles, mientras que otras son **complementarias (2)** y sólo se realizan si se sospecha que algún elemento puede estar en concentraciones muy elevadas.

1- Determinaciones Básicas:

a- **Contenido de sales totales.**

b- **Determinación de iones.**

a- **El contenido de sales totales del agua⁶:** es el valor más importante para conocer la **calidad** del agua. Pero además es necesario complementarlo con otras determinaciones para saber la composición y la concentración de las principales sales, sobre todo si el valor de sales totales es elevado.

⁶ Se realiza por el método de residuo seco a 105 °C: es el peso de las sustancias que quedan luego de hacer hervir 1 litro de agua previamente filtrada, a 105 °C.

b- **Determinación de iones**⁷: se determina el contenido de cada ion.

Aniones: en todos los análisis deben figurar los contenidos de cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos.

El orden de importancia para cada tipo de agua es:

- para aguas de alto tenor salino: cloruro, sulfato, bicarbonato y carbonato.
- para aguas de bajo tenor salino: bicarbonato, carbonato, cloruro y sulfato.

Cationes: es imprescindible determinar la concentración de: sodio, potasio, calcio y magnesio.

Generalmente los laboratorios agrupan el sodio y el potasio cuando realizan los análisis. Si el agua analizada va a utilizarse para riego es importante pedir estos valores por separado.

El orden de importancia de los cationes es: sodio, calcio o magnesio y potasio.

2- **Determinaciones Complementarias:**

a- pH.

b- Dureza Total.

a- pH:

- Es una medida de la acidez o alcalinidad del agua. Se mide con una escala que va desde 1 (muy ácido) hasta 14 (muy alcalino), con un valor medio de 7 que corresponde a la neutralidad. Este valor por sí solo no tiene validez, es necesario conocer los compuestos que producen ese pH.
- Debe determinarse en el menor tiempo posible desde la obtención de la muestra, ya que al pasar el tiempo pueden producirse cambios en la misma.
- La mayoría de las aguas naturales presentan valores de pH entre 4 y 9. En general, las aguas subterráneas son más alcalinas (mayor valor de pH) que las aguas superficiales.
- La medición de pH permite tener idea del tipo de sal que produce dicho valor, ya que:

Valores de pH menores de 4.2 indican ausencia de bicarbonatos y carbonatos.

⁷ Ion: partícula con carga eléctrica, positiva (catión) o negativa (anión). Cationes y aniones se unen para formar sales. Por ejemplo: el ión negativo (anión) Cl⁻ se une con el ión positivo (catión) Na⁺ y forman el ClNa (cloruro de sodio) que es la sal de mesa.

Valores de pH entre 4.2 y 6 indican presencia de dióxido de carbono (CO₂).

Valores de pH entre 7 y 9 indican presencia de bicarbonato.

Valores de pH entre 8.2 y 8.7 pueden indicar presencia de flúor y arsénico en el agua.

Valores de pH superiores a 9 indican presencia de bicarbonatos y eventualmente, hidróxidos.

Acidez: puede ser causada por presencia de CO₂ libre y otras sustancias ácidas naturales como: ácido sulfúrico, sulfato de hierro, aluminio, manganeso, sodio, potasio, calcio o magnesio. En estos casos no se debe pensar en contaminación.

Alcalinidad: se debe a la presencia de bicarbonatos, carbonatos o hidróxidos, y en menor proporción a: boratos, silicatos, fosfatos y compuestos orgánicos.

b- Dureza Total:

- Es el contenido total de calcio y magnesio, expresado en términos de carbonato de calcio. Se mide en mg/l.
- Tiene que ver con la capacidad que tiene el agua en cuestión para precipitar las soluciones jabonosas, "cuanto más dura es el agua, más trabajo cuesta hacer espuma". Se puede observar también como sarro acumulado en los recipientes.
- La Dureza Total se puede dividir en: **Dureza Temporal** (debida a bicarbonatos, que por calentamiento del agua precipitan como carbonato de calcio o magnesio), en este caso al calentar el agua, desaparece la "dureza" y **Dureza Permanente** (se debe a la existencia de calcio y magnesio que forman sales con sulfatos, cloruros, nitratos y otros aniones).

Unidades de concentración

En los análisis de agua, las concentraciones de las sustancias presentes se expresan como: **peso de soluto en volumen de solución (gr/l, mg/l)** que son los gramos de determinada sustancia presentes en 1 litro de agua. Por ejemplo: un valor de 175 mg/l para el anión Cl⁻, indica que hay 175 mg de cloro por cada litro de agua.

Otro modo de expresar las concentraciones es como: **partes por millón (ppm)**, que es una parte por peso de la sustancia disuelta, contenida en un millón de partes, por peso, de la solución. O sea, que es la cantidad de gramos de una sustancia disuelta en 1000 litros de agua. Por ejemplo: un valor de 175ppm para el anión Cl⁻, indica que en 1000 litros de agua hay disueltos 175 gramos de cloro.

Las aguas siempre contienen una mezcla de sales.

En general, el efecto de las sales disueltas en el agua de bebida, depende más de la **cantidad** de las sustancias disueltas que de cada una de ellas en particular. Esto supone que, el perjuicio que pueden ocasionar depende más de un **efecto osmótico** que de la acción determinada de alguna de las sales. De todos modos, se deben respetar las concentraciones máximas indicadas por sus **efectos fisiológicos**.

Si dos aguas tienen el mismo valor alto de sales totales, ambas serán nocivas debido a su elevada salinidad (efecto osmótico), pero, por ejemplo, si una es sulfatada y la otra clorurada, la primera será más perjudicial (efecto fisiológico).

Hay tablas con valores ya determinados que orientan sobre los límites aceptables para cada de los compuestos analizados.

Estos valores varían según el uso que se le quiera dar al agua: **para consumo humano, animal o para riego.**

Además, en el caso del agua para consumo humano y animal, un factor a considerar, siempre dentro de los límites tolerables, es el grado de acostumbramiento del organismo a determinada concentración de sales.

Por lo tanto, los valores expresados en las tablas son de carácter orientativo.

Ejemplo de un Informe de Análisis de Agua

Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ciencias Agrarias

Cátedra de Química Analítica

Material analizado: Agua.

Muestra N° 1: La Línea. Agua subterránea. 6 m de profundidad Formosa.

Muestra N° 3: El Descanso. Bomba manual.

Muestra N° 4: El Descanso. Bañado.

Muestra N° 10: San Carlos.

Muestra N° 11: Colonia Muñiz. Bomba de mano.

Muestra N° 12: Colonia Muñiz Bomba de mano.

Muestra N° 14: Colonia Muñiz. Molino.

Muestra N° 15: Lote 42. Molino.

Muestra N° 16: Lote 47. Molino.

Muestra N° 17: Lote 42. Escuela. Bomba de mano.

Muestra N° 18: Lote 27. Molino.

Procedencia: Las Lomitas. Formosa

Resultados:

N°	pH	Conductividad µmhos/cm	Dureza total CaCO ₃ mg/l	Alcalinidad CaCO ₃ mg/l	Cl ⁻ mg/l cloruro	SO ₄ ⁼ Mg/l sulfato	NO ₃ ⁻ Mg/l nitrato	PO ₄ ⁻³ Mg/l fosfato	Ca ⁺⁺ Mg/l calcio	Mg ⁺⁺ Mg/l magne sio	Na ⁺ Mg/l sodio	K ⁺ Mg/l potasio	Cu ⁺⁺ Mg/l cobre	Mn ⁺⁺ Mg/l manga neso	Zn ⁺⁺ Mg/l cinc	Fe ⁺⁺ Mg/l hierro
1	6.6	1700	270	200	315	265	0.1	n/c	44	1.60	13.3	14.3	n/c	0.93	1.74	n/c
3	7.4	3500	150	480	175	1150	0.25	n/c	52	0.20	6.6	4.0	n/c	0.61	2.15	1.15
4	6.6	210	70	80	25	105	0.30	n/c	20	0.20	6.6	6.5	n/c	n/c	0.04	0.63
10	6.8	410	170	220	20	110	0.16	1.26	48	0.50	188	4.1	n/c	0.77	n/c	n/c
11	7.2	4300	390	1050	409	685	0.18	n/c	56	2.50	466	3.0	n/c	0.38	0.74	n/c
12	7.2	900	280	360	45	350	2.50	n/c	48	1.60	46.6	4.1	n/c	0.23	0.13	n/c
14	7.1	1400	250	350	90	200	1.10	n/c	64	0.90	88.8	2.6	n/c	0.31	0.05	n/c
15	6.8	650	170	110	85	149.5	0.96	n/c	32	0.90	64.3	3.0	n/c	0.38	2.96	n/c
16	6.8	800	180	210	65	195	0.10	0.47	48	0.60	44.4	4.7	n/c	1.53	2.00	n/c
17	7.6	1600	90	510	105	130	3.85	n/c	24	0.30	255	1.3	0.08	n/c	0.11	n/c
18	6.9	850	170	340	30	160	0.16	n/c	36	0.80	33.3	2.8	n/c	0.23	0.15	n/c

Observación: la alcalinidad expresa presencia de carbonatos y bicarbonatos.

¿Cómo interpretamos los valores del informe?

Analicemos dos ejemplos de la tabla:

Vamos a interpretar los valores de los diferentes parámetros analizados en las **muestras 3 y 4**, en función de su aptitud para consumo humano, consumo animal y para riego.

Los valores que figuran como **límites recomendables**, **límites aceptables** y **límites tolerables** se detallan en las tablas síntesis al final de cada tema (Consumo Animal: pág. 51; Consumo Humano: pág.65 y Riego: pág. 77 y 78).

1. pH:

- a. Uso Humano: Rango Optimo: 6 - 9.5
- b. Uso Animal: Rango Optimo: 6 - 9.5
- c. Uso Vegetal: Rango Optimo: 6.5 - 8.4

Valor Muestra 3: 7.4 Es apta para uso humano, animal y para riego.

Valor Muestra 4: 6.6 Es apta para uso humano, animal y para riego.

2. Conductividad:

Este valor refleja la cantidad de “sólidos disueltos” en el agua. **Si lo multiplicamos por 0.7 obtenemos el valor de salinidad total.**

N° Muestra	Conductividad	Sólidos Totales (conductividad X 0.7)
Muestra 3:	3500 μ mhos/cm	2450 mg/l
Muestra 4:	210 μ mhos/cm	147 mg/l

- a. Uso Humano:
Valor Aconsejable: 50 - 600 mg/l
Valor Aceptable: hasta 1000 mg/l
Límite Tolerable: hasta 2800 mg/l
- b. Uso Animal:
(vacas de cría)
Rango Aconsejable: 1000 - 2000 mg/l
Rango Aceptable: 2000 - 4000 mg/l

c. Uso Vegetal:

Límite Tolerable para cualquier cultivo: **hasta 1000 mg/l**

Límite Tolerable cualquier cultivo, excepto aquellos muy sensibles:
hasta 2150 mg/l

Máximo admisible, con buen drenaje: **hasta 3150 mg/l**

Valor Muestra 3: **2450 mg/l.** Está dentro de los límites tolerables para uso humano (en estos niveles es importante conocer qué tipo de sales contiene). Con respecto al uso animal, el agua es de calidad muy buena para cría y es aceptable para tambo e internada. No es un agua de buena calidad para riego. Puede utilizarse con cultivos resistentes a elevada concentración de sales, siempre que el suelo presente buen drenaje. Es importante realizar el cálculo de SAR (ver más adelante).

Valor Muestra 4: **147 mg/l.** Está dentro de los valores aconsejables para uso humano. Para consumo animal, presenta déficit de sales. En este caso los animales compensan la falta de sales con los pastos, lamiendo sal de la tierra o panes de sal. Es agua de muy buena calidad para riego. Es importante realizar el cálculo de SAR (ver más adelante).

3. **Dureza Total (CaCO₃):**

a. Uso Humano:

Valor Aconsejable:	50 - 100 mg/l
Valor Aceptable:	hasta 200 mg/l
Límite Tolerable:	hasta 400 mg/l

b. Uso Animal: Se utilizan los mismos valores que para uso humano.

c. Uso Vegetal: Se utilizan los mismos valores que para uso humano. El efecto perjudicial es principalmente, sobre las herramientas de riego.

Valor Muestra 3: **150 mg/l.** Está dentro de los valores aceptables para uso humano, no obstante, valores superiores no son perjudiciales para la salud. Además es apta para uso animal y para riego.

Valor Muestra 4: **70 mg/l.** Está dentro de los valores aconsejables para uso humano. Es apta para consumo animal y para riego.

4. Alcalinidad (CaCO₃) y (Ca CO₃H):

- a. Uso Humano: **Valor Aconsejable:** **30 - 200 mg/l**
 Valor Aceptable: **hasta 400 mg/l**
 Límite Tolerable: **hasta 800 mg/l⁸**
- b. Uso Animal: **Rango Tolerable:** **2000 – 3000 mg/l**
- c. Uso Vegetal: Generalmente no presentan problemas de toxicidad. Pero con humedad relativa ambiente menor al 30% y gran evaporación, se forman depósitos blanquecinos en hojas y frutos, donde se van acumulando los carbonatos.

Valor Muestra 3: **480 mg/l.** Está dentro de los valores aceptables para uso humano. Es apta para consumo animal y para riego.

Valor Muestra 4: **80 mg/l.** Está dentro de los valores aconsejables para uso humano. Es apta para consumo animal y para riego.

5. Cloruro (Cl⁻):

- a. Uso Humano: **Valor Aconsejable:** **hasta 100 mg/l**
 Valor Aceptable: **hasta 250 mg/l**
 Límite Tolerable: **hasta 700 mg/l**
- b. Uso Animal: **Rango Aconsejable:** **1000 – 2000 mg/l**

Los cloruros se combinan principalmente con el sodio (Na⁺), el calcio (Ca⁺⁺) y el magnesio (Mg⁺⁺). El rango de aceptación varía en función de los cationes con los que se combine. Es importante la concentración de magnesio, ya que es perjudicial cuando supera los 500 mg/l.

Si la concentración de magnesio (Mg⁺⁺) es menor a 500 mg/l, la tolerancia de los animales a los cloruros aumenta **hasta 10000 mg/l**.

Si el contenido de cloruro del agua es bajo, el animal busca sal en otros lugares para compensar.

- c. Uso Vegetal: **Valor Aconsejable:** **70 - 200 mg/l**
 Valor Aceptable: **hasta 560 mg/l**

Si bien estos valores son orientativos, es necesario tener en cuenta el tipo de drenaje del suelo y la resistencia de la planta a la sal.

⁸ Con valores superiores a 800 mg/l el agua adquiere sabor desagradable.

Valor Muestra 3: **175 mg/l.** Está dentro de los valores aceptables para uso humano. Es apta para consumo animal y para riego.

Valor Muestra 4: **25 mg/l.** Está dentro de los valores aconsejables para uso humano. Es apta para consumo animal y para riego.

6. Sulfato (SO_4^{2-}):

- a. Uso Humano: Valor Aconsejable: hasta 100 mg/l
Valor Aceptable: hasta 200 mg/l
Límite Tolerable: hasta 400 mg/l
- b. Uso Animal: Valor Aconsejable: hasta 1000 mg/l
Límite Tolerable: hasta 4000 mg/l
Mínimo necesario: 100 mg/l
- c. Uso Vegetal: Valor Aconsejable: hasta 320 mg/l
Límite Tolerable: hasta 640 mg/l

Los límites varían en función del tipo de drenaje y la sensibilidad del cultivo a la sal.

Valor Muestra 3: **1150 mg/l.** No es apta para uso humano. Su ingestión provocará diarrea. Es apta para consumo animal. No es apta para riego.

Valor Muestra 4: **105 mg/l.** Está dentro de los valores aconsejables para uso humano. Es apta para consumo animal y para riego.

7. Nitrato (NO_3^-):

- a. Uso Humano: Valor Aceptable: hasta 45 mg/l
- b. Uso Animal: Rango Aconsejable: 50 -200 mg/l
Límite Tolerable: hasta 500 mg/l
Valores Tóxicos: 1000 - 3000 mg/l
- c. Uso Vegetal: La concentración de nitrato no representa un problema para el riego.

Valor Muestra 3: **0.25 mg/l.** Está dentro de los valores aceptables para uso humano, uso animal y para riego.

Valor Muestra 4: **0.30 mg/l.** Está dentro de los valores aceptables para uso humano, uso animal y para riego.

8. Fosfato (PO_4^{-3}):

- a. Uso Humano: La presencia de fosfatos indica contaminación con materia orgánica o con agroquímicos. **Si en la muestra hay fosfatos, es imprescindible hacer un análisis bacteriológico.**
- b. Uso Animal: Igual que para uso humano.
- c. Uso Vegetal: La concentración de fosfato no representa un problema para el riego.

Valor Muestra 3: **no contiene.** Está dentro de los valores aceptables para uso humano, uso animal y para riego.

Valor Muestra 4: **no contiene.** Está dentro de los valores aceptables para uso humano, uso animal y para riego.

9. Calcio (Ca^{++}):

- a. Uso Humano: **Valor Aconsejable: hasta 75 mg/l**
Valor Aceptable: hasta 200 mg/l
- b. Uso Animal: **Límite Tolerable: hasta 500 mg/l**
- c. Uso Vegetal: Es un valor muy importante, pero hay que evaluarlo en relación con las concentraciones de sodio y magnesio (ver cálculo de RAS), al tipo de suelo y la sensibilidad del cultivo a este elemento.

Valor Muestra 3: **52 mg/l.** Está dentro de los valores aceptables para uso humano, uso animal y para riego.

Valor Muestra 4: **20 mg/l.** Está dentro de los valores aceptables para uso humano, uso animal y para riego.

10. Magnesio (Mg^{++}):

- a. Uso Humano: **Valor Aconsejable: hasta 50 mg/l**
Valor Aceptable: hasta 150 mg/l
- b. Uso Animal: **Rango Tolerable: 250 - 500 mg/l**
- c. Uso Vegetal: Es un valor muy importante, pero hay que evaluarlo en relación con las concentraciones de sodio y calcio (ver cálculo de RAS), al tipo de suelo y la sensibilidad del cultivo a este elemento.

Valor Muestra 3: **0.2 mg/l.** Está dentro de los valores aconsejables para uso humano, uso animal y para riego.

Valor Muestra 4: **0.2 mg/l.** Está dentro de los valores aconsejables para uso humano, uso animal y para riego.

11. Sodio (Na⁺):

a. Uso Humano: No se dan **límites de tolerancia** para el sodio, pero puede considerarse como tal: **200 mg/l**

b. Uso Animal: No se dan límites de tolerancia. La tolerancia está relacionada con las concentraciones de sulfatos, cloruros y nitratos con los que se combina el sodio.

c. Uso Vegetal: Es un valor muy importante, pero hay que evaluarlo en relación con las concentraciones de calcio y magnesio (ver cálculo de RAS), al tipo de suelo y la sensibilidad del cultivo a este elemento.

Valor Muestra 3: **6.6 mg/l.** Está dentro de los valores aceptables para uso humano, uso animal y para riego.

Valor Muestra 4: **6.6 mg/l.** Está dentro de los valores aceptables para uso humano, uso animal y para riego.

12. Potasio (K⁺):

a. Uso Humano: Normalmente se encuentra en pequeñas cantidades, por lo tanto no es perjudicial para la salud humana.

b. Uso Animal: Normalmente se encuentra en pequeñas cantidades, por lo tanto no es perjudicial para la salud animal.

c. Uso Vegetal: Es necesario evaluar este valor en relación con las concentraciones de sodio, calcio y magnesio (ver cálculo de % de Sodio).

Valor Muestra 3: **4 mg/l.** Es apta uso humano, uso animal y para riego.

Valor Muestra 4: **6.5 mg/l.** Es apta para uso humano, uso animal y para riego.

13. Cobre (Cu⁺⁺):

- a. Uso Humano: **Valor Aconsejable:** 1 mg/l
 Valor Aceptable: hasta 1.5 mg/l
 Límite Tolerable: hasta 3 mg/l
- b. Uso Animal: **Límite Tolerable:** 3 mg/l
- c. Uso Vegetal: **Límite Recomendable:** 0.2 mg/l

Valor Muestra 3: **no contiene.** Está dentro de los valores aceptables para uso humano, uso animal y para riego.

Valor Muestra 4: **no contiene.** Está dentro de los valores aceptables para uso humano, uso animal y para riego.

14. Manganeso (Mn⁺⁺):

- a. Uso Humano: **Valor Aconsejable:** hasta 0.1 mg/l
 Valor Aceptable: hasta 0.5 mg/l⁹
- b. Uso Animal: No se dan límites de tolerancia para animales, por lo que asumimos los límites para uso humano.
- c. Uso Vegetal: **Límite Recomendable:** 0.2 mg/l

Valor Muestra 3: **0.61 mg/l.** No es apta para consumo humano y es restringida para consumo animal (dependiendo de las especies y acostumbramiento). Tampoco es apta para riego.

Valor Muestra 4: **no contiene.** Está dentro de los valores aceptables para uso humano, uso animal y para riego.

15. Zinc (Zn⁺⁺):

- a. Uso Humano: **Valor Aconsejable:** 5 mg/l
 Valor Aceptable: hasta 15 mg/l
- b. Uso Animal: **Límite Tolerable:** 8 mg/l

⁹ Según valores de la Organización Mundial para la Salud. Los límites que fija Obras Sanitarias de Argentina son menores: valor aconsejable: 0.01 mg/l; valor aceptable: 0.05 mg/l y límite tolerable: 0.1 mg/l.

c. Uso Vegetal: **Límite Recomendable: 2 mg/l**

Valor Muestra 3: **2.15 mg/l**. Está dentro de los valores aceptables para uso humano, uso animal y para riego.

Valor Muestra 4: **0.04 mg/l**. Está dentro de los valores aceptables para uso humano, uso animal y para riego.

16. Hierro (Fe⁺⁺):

a. Uso Humano: **Valor Aconsejable: 0.3 mg/l**
Valor Aceptable: hasta 1 mg/l¹⁰

b. Uso Animal: No se dan límites de tolerancia para animales, por lo que asumimos los límites para uso humano.

c. Uso Vegetal: **Límite Recomendable: 5 mg/l**

Valor Muestra 3: **1.15 mg/l**. Está dentro de los valores aceptables para uso humano, uso animal y para riego.

Valor Muestra 4: **0.06 mg/l**. Está dentro de los valores aceptables para uso humano, uso animal y para riego.

Elementos Tóxicos:

En general, los protocolos incluyen análisis de nitritos, amonio y otros elementos. Es importante realizar análisis de **FLÚOR (F)**, **arsénico (Ar)** y **plomo (Pb)** porque son elementos **muy tóxicos**.

17. Arsénico (Ar):

a. Uso Humano: **Valor Aconsejable: hasta 0.01 mg/l**
Valor Aceptable: 0.01 mg/l
Límite Tolerable: 0.1 mg/l

b. Uso Animal: **Límite Tolerable: 0.3 mg/l**

c. Uso Vegetal: **Límite Recomendable: 0.1 mg/l**

¹⁰ Según valores de la Organización Mundial para la Salud. Los límites que fija Obras Sanitarias de Argentina son menores: valor aconsejable: 0.05 mg/l; valor aceptable: 0.1 mg/l y limite tolerable: 0.2 mg/l.

18. Plomo (Pb):

- | | | |
|------------------------|----------------------|-----------------|
| a. <u>Uso Humano:</u> | Valor Aconsejable: | hasta 0.01 mg/l |
| | Valor Aceptable: | 0.01 mg/l |
| | Límite Tolerable: | 0.05 mg/l |
| b. <u>Uso Animal:</u> | Límite Tolerable: | 0.1 mg/l |
| c. <u>Uso Vegetal:</u> | Límite Recomendable: | 5 mg/l |

19. FLUOR (F):

- | | | |
|------------------------|----------------------|----------------|
| a. <u>Uso Humano:</u> | Rango Aceptable: | 0.7 – 1.2 mg/l |
| | Límite Tolerable: | 2 mg/l |
| b. <u>Uso Animal:</u> | Límite Tolerable: | 16 mg/l |
| c. <u>Uso Vegetal:</u> | Límite Recomendable: | 1 mg/l |

Si vamos a utilizar el agua para riego, es importante que calculemos:

- 1- Porcentaje de Sodio (% Na⁺)¹¹
- 2- Índice SAR (Relación de Adsorción¹² de Sodio)¹³

Estos dos índices nos sirven para verificar si el agua analizada producirá o no la salinización del suelo.

1- Porcentaje de Sodio (% Na⁺):

Para realizar este cálculo hay que transformar las concentraciones de sodio (Na⁺), potasio (K⁺), magnesio (Mg⁺⁺) y calcio (Ca⁺⁺) **de miligramos por litro (mg/l)** que se expresan en los resultados **a miliequivalentes por litro (mq/l)**. Esto se hace multiplicando la concentración de cada elemento por un **factor de conversión**¹⁴, del siguiente modo:

¹¹ Ver explicación y utilidad del cálculo del Porcentaje de Sodio en página 61.

¹² **Adsorción:** es la adhesión de sustancias disueltas en la superficie de un sólido. Es diferente de **absorción**, que es cuando las sustancias disueltas están dentro del sólido.

¹³ Ver explicación y utilidad del cálculo del Índice SAR en página 61.

¹⁴ El factor de conversión, es un valor específico para cada elemento que al multiplicarlo por la concentración del elemento en miligramos/litro, la transforma a miliequivalentes/litro.

Para la Muestra 3:

Elemento	Concentración en miligramos por litro (mg/l)	Factor de conversión	Valor transformado miliequivalentes por litro (mq/l)
Sodio (Na ⁺)	6.6	0.04350	0.287
Potasio (K ⁺)	4	0.02558	0.102
Calcio (Ca ⁺⁺)	52	0.08224	0.017
Magnesio (Mg ⁺⁺)	0.2	0.04990	2.595

Con los valores obtenidos, calculamos:

$$\% \text{Na}^+ = \frac{\text{Na} \times 100}{\text{Na} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}}$$

$$\% \text{Na}^+ = \frac{0.287 \times 100}{0.287 + 2.595 + 0.017 + 0.102} = 9.56$$

Se recomienda que este valor no sobrepase los 50 – 60 mq/l. En este caso, la muestra 3 es apta, ya que tiene sólo 9.56 mq/l.

2- Índice SAR:

Para realizar este cálculo usamos los valores transformados en el cálculo anterior. La fórmula es la siguiente:

$$\text{Índice SAR} = \sqrt{\frac{\text{Na}}{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}}$$

$$\text{Índice SAR} = \frac{0.287}{\sqrt{\frac{0.017 + 2.595}{2}}} = 0.25$$

Valores Aceptables: hasta 8 mq/l.
Valores Regulares: entre 8 y 15 mq/l.
Valores Inadecuados: 20 mq/l.

El agua de la muestra 3 es apta para riego, ya que su valor de SAR (0.25) está dentro de los valores aceptables.

Parte II

- ≍ Consumo Animal
- ≍ Consumo Humano
- ≍ Consumo Vegetal

El agua es importante para los seres vivos porque...

Es el vehículo fundamental de transporte e intercambio para los organismos vivos, tanto plantas como animales. Se dice que el agua controla la vida o que el ciclo del agua controla la existencia de todos los seres vivos.

En síntesis, podemos afirmar que sólo donde hay agua puede haber vida.

AGUA PARA CONSUMO ANIMAL

AGUA PARA CONSUMO ANIMAL¹⁵

¿Por qué el agua es importante para los animales?

🌊 En los animales, el agua representa entre el 50 y el 70% de su peso. La cantidad de agua corporal es mayor en los animales más jóvenes que en los más viejos y en los más magros que en los gordos.

🌊 Los animales no pueden almacenar grandes cantidades de agua durante largos períodos y el funcionamiento normal de sus órganos ocasiona pérdida de agua. Por este motivo **es necesario que reciban un aporte continuo de agua.**

Los animales **obtienen agua** de diferentes fuentes:

- ✓ agua de bebida
- ✓ agua que se encuentra en o sobre los alimentos
- ✓ agua fisiológica (producto de reacciones químicas que ocurren dentro del organismo, constituye entre 5-10% del agua consumida).

Las **pérdidas de agua** en los animales, ocurren principalmente por:

- ✓ excreción (orina, heces)
- ✓ respiración
- ✓ transpiración
- ✓ secreciones salivales, nasales, lágrimas, etc.
- ✓ leche

La eliminación de agua continua aunque el organismo sufra un gran déficit, ya que las pérdidas por transpiración, defecación y respiración son obligatorias. Cuando el organismo posee exceso de agua elimina orina muy diluida, pero cuando debe conservar el agua disponible, la orina es muy concentrada.

Algunos factores que influyen en el consumo de agua por los animales:

✓ **Cantidad de materia seca consumida:**

La relación entre cantidad de agua consumida por kg. de materia seca disminuye al aumentar el consumo de materia seca. Pero si un animal come más que otro, consumirá también más agua.

Si un animal consume pasto seco disminuye la tolerancia al agua salada.

¹⁵ Basado en el libro "Aguas y Aguadas" de Bavera, Rodríguez, Beguet, Bocco y Sánchez, 1979.

- ✓ **Naturaleza del alimento:**
A mayor tenor proteico¹⁶ del alimento, mayor consumo de agua.
- ✓ **Temperatura y humedad del ambiente:**
Cuanto mayor es la temperatura, mayor es el consumo de agua. Por esto hay que tratar que el agua sea de buena calidad y esté lo más fresca posible (tanques cubiertos, árboles en la zona de abrevado, plantas acuáticas, etc.).
- ✓ **Temperatura del agua de bebida:**
En días cálidos, los animales prefieren el agua fresca y necesitan menor cantidad de ésta para satisfacer sus necesidades. Además el consumo de agua fresca aumenta el consumo de alimentos. En días fríos ocurre lo contrario.
- ✓ **Variación individual y estado fisiológico:**
Los animales jóvenes son menos tolerantes al agua salada.
- ✓ **Sales en el agua:**
En general, el consumo de agua aumenta al aumentar la cantidad de sales en el agua (siempre que no le confieran mal sabor).
Cuando los valores de salinidad son elevados, el consumo de agua comienza a disminuir.

⚡ Si bien la tolerancia al agua salada es muy elevada en las especies domésticas, hay variación entre las diferentes especies y aún dentro de cada especie. Por su grado de tolerancia decreciente a la concentración de sales totales en el agua, se los puede ordenar del siguiente modo:

1. Caprinos
2. Ovinos
3. Bovinos de cría
4. Bovinos de invernada
5. Bovinos lecheros (40% menos tolerantes que los bovinos de cría)
6. Equinos
7. Porcinos

⚡ En general, las mejores aguas para el ganado sobrepasan ampliamente la concentración de sales con respecto a los valores límites admitidos para el consumo humano. Tanto los excesos como los déficits de sales totales presentes en la dieta juegan un rol negativo en la producción.

⚡ Para los bovinos, las **sales totales** contenidas en el agua de bebida juegan un **rol favorable** en concentraciones inferiores a los **6000 mg/l** (de acuerdo a su composición). Los **valores límite** estarían entre: **11000-13000 mg/l** (siempre que la sal predominante sea el cloruro de sodio y no presente altas concentraciones de magnesio y sulfatos).

¹⁶ Concentración de proteínas de un alimento, con relación a los demás componentes.

- El aporte mineral que efectúa el agua de bebida a la dieta, en concentraciones adecuadas, beneficia la nutrición y la producción ganadera. El agua que posee estas cualidades se denomina: "**agua engordadora**" y las concentraciones óptimas de las sales dependerán de cada especie.
- Hay zonas donde las aguas tienen tenor salino muy bajo, estas aguas **deficientes en sales** producen en el ganado "**hambre de sal**". En estos casos es necesario suministrar sal, harina de hueso y minerales menores, teniendo especial cuidado en el invierno, cuando consumen pasto natural diferido¹⁷, ya que la lluvia lava los pastos y disminuye el contenido de minerales y nutrientes.
- El efecto más notable del agua con exceso de sales se manifiesta en un menor consumo de alimentos, esto provoca disminución en el peso del animal y en la producción de leche. Suele ir acompañado, además, por diarrea, gastroenteritis y un conjunto de síntomas que indican cambios degenerativos en el sistema nervioso central (rigidez de las extremidades, parálisis y espasmos musculares).
- La necesidad de oligoelementos¹⁸ aumenta cuando los rumiantes beben agua muy salina.
- El **grado de acostumbramiento** al agua salina es muy importante, ya que animales nacidos y desarrollados bebiendo esas aguas, las toleran sin inconvenientes, dentro de límites admisibles; mientras que animales habituados a consumir aguas dulces, al beber aguas salinas sufren trastornos que pueden perdurar o disminuir hasta desaparecer, luego de un período de adaptación.

Consumo de agua de algunos animales:

Caballo, burro, mula, buey	35 litros/día
Vaca lechera	50 litros/día
Cerdo (con aseo de chiquero)	15 litros/día
Oveja, chivo	8 litros/día
100 gallinas	15 litros/día

En lugares de clima tropical el consumo podría duplicarse.

¹⁷ Pasto seco en pie.

¹⁸ Elementos necesarios para el organismo en pequeña cantidad.

Sustancias que podemos encontrar en una muestra de agua...

Indicaremos el efecto sobre los bovinos de diferentes concentraciones de cada una de las sales que se pueden encontrar en el agua de bebida y el efecto de las sales totales, para poder interpretar los análisis de agua y decidir sobre el grado de aptitud de estas para diferentes usos...

Diversos factores pueden hacer que el agua no sea apta para el consumo del ganado: contaminación microbiana, presencia de toxinas orgánicas o de minerales tóxicos, contaminación con agroquímicos (fertilizantes y pesticidas) o desechos industriales y la salinidad, que es el factor más importante en nuestro país.

☞ Cloruros (Cl⁻):

- ✓ Son **menos nocivos que los carbonatos y los sulfatos**, porque la concentración de cloruros en la sangre de los animales es varias veces mayor que la de sulfatos y los mecanismos de regulación son más eficaces.
- ✓ En altas concentraciones pueden provocar intoxicación crónica.
- ✓ Los síntomas que se presentan son: anorexia, debilidad, pérdida de peso, deshidratación, hipotermia, diarrea y diuresis).
- ✓ Las concentraciones de cloruros en el agua de bebida compatibles con la producción bovina dependen de varios factores, entre ellos el **tipo de cloruro**:

☞ Cloruro de sodio (Cl⁻ Na⁺) (sal de mesa):

Es la más común. Le da **gusto salado** al agua. En concentraciones bajas estimula el crecimiento y desarrollo de los animales.

Su concentración óptima en el agua de bebida, depende de la concentración presente en el forraje consumido por los animales.

Concentración tóxica: **20.000 mg/l.** (en invierno pueden soportar: 15.000 mg/l)

Síntomas: falta de apetito, disminución de peso y deshidratación.

No es común, pero cuando la concentración de esta sal en el agua es escasa (agua de lluvia o de vertiente no salina), se observa: disminución del crecimiento y de la fertilidad y externamente se evidencia en el pelaje más áspero. De todos modos es raro que el animal muera por esta carencia en particular.

☞ Cloruro de calcio (Cl⁻ Ca²⁺):

Es una sal muy frecuente, que actúa como purgante suave.

No toleran concentraciones superiores a **10000 mg/l.**

↪ **Cloruro de magnesio ($\text{Cl}^- \text{Mg}^{2+}$):**

Le da ***gusto amargo*** al agua y actúa como purgante suave.

Es más perjudicial que el $\text{Cl}^- \text{Na}^+$.

Con una concentración de **2000 mg/l** se observa: pérdida de apetito y diarrea intermitente. Esto se minimiza si en el agua hay concentraciones similares de sulfato de sodio.

≡ **Sulfatos (SO_4^{2-}):**

- ✓ **Concentración máxima de sulfatos totales tolerada: 4000 mg/l** para animales acostumbrados. Si hay calcio en el agua, la concentración tolerada se eleva a: **7000 mg/l**, ya que el calcio y el fósforo aumentan la tolerancia del organismo al sulfato.
- ✓ Actúa como purgante dependiendo del grado de acostumbramiento. Altera la concentración de fósforo y calcio en el suero¹⁹ disminuyendo la fertilidad. Además puede producir anemia²⁰.
- ✓ **Es necesaria una concentración mínima de sulfatos totales: 100 mg/l**, para lograr la óptima fijación de nitrógeno no proteico por las bacterias ruminales.
- ✓ En general, los sulfatos favorecen la digestión de la celulosa, aumentando el consumo de alimento, por lo tanto, son útiles para lograr mayor aumento de peso cuando los animales consumen pasturas en estado de madurez avanzada.
- ✓ Los sulfatos más frecuentes son:

↪ **Sulfato de Calcio (SO_4Ca):**

Es el menos perjudicial. Toleran hasta: **2090 mg/l**.

↪ **Sulfato de Sodio (SO_4Na_2):**

Da ***sabor amargo y repugnante*** al agua. Es menos amargo que el sulfato de magnesio, por lo tanto más tolerable. Tiende a aumentar el consumo de pasturas.

↪ **Sulfato de Magnesio (SO_4Mg):**

Da ***sabor amargo y repugnante*** al agua.

≡ **Carbonatos (CO_3^{2-}) y Bicarbonatos (CO_3H^-):**

- ✓ Generalmente se encuentran en aguas de bajo contenido salino. Cuando las aguas tienen estas sales, se llaman: ***Aguas Duras***.

¹⁹ Actúa sobre el equilibrio ácido-base del organismo.

²⁰ Disminuye la absorción del cobre, produciendo inconvenientes en la formación de la hemoglobina.

- ✓ El más común es el bicarbonato de sodio.
- ✓ **Concentración máxima tolerada (carbonatos + bicarbonatos): 2000 a 3000 mg/l.** No presenta inconvenientes, ya que las aguas de bebida normalmente no sobrepasan los 2000 mg/l. Aunque en algunas situaciones pueden contribuir a desencadenar desequilibrios o a entorpecer la asimilación de elementos menores.
- ✓ Al aumentar las precipitaciones, aumenta la concentración de fósforo en las pasturas, mientras que la de calcio disminuye. En estos casos, consumir aguas duras aumenta la ingestión de calcio y/o magnesio, beneficiando la producción (actúan como “aguas engordadoras”).

↪ **Bicarbonatos:**

El **Bicarbonato de Sodio**, en concentraciones adecuadas, complementa los requerimientos minerales de los animales.

Los bicarbonatos son más solubles que los carbonatos. Al aumentar la temperatura se transforman en carbonatos y precipitan, por eso, la dureza del agua debida a bicarbonato de sodio o de magnesio se llama "Dureza Temporal" (se puede eliminar aumentando la temperatura del agua).

≡ **Nitritos (NO₂), Nitratos (NO₃) y Amoníaco (NH₃):**

- ✓ Su presencia está asociada a contaminación con materia orgánica en descomposición, orina y heces de los animales, plantas acuáticas, algas, peces y otros animales muertos en los depósitos de agua. Otros orígenes pueden ser fertilizantes o sales presentes en el terreno.
- ✓ **En caso de detectarse estos iones en el agua de bebida, es necesario realizar un análisis bacteriológico, ya que es muy posible que existan gérmenes patógenos.**
- ✓ La descomposición de materia orgánica determina la formación de amoníaco que se oxida sucesivamente a nitrito y a nitrato. Los nitratos en sí mismos son poco tóxicos y se reducen rápidamente a nitritos y estos a amoníaco. El paso de nitrito a amoníaco es muy lento. Cuando los nitritos se acumulan son muy tóxicos, producen anemia²¹ y tienen efecto muy rápido. El problema de los nitritos se agrava si existen en las pasturas plantas tóxicas que también los contengan.
- ✓ **Concentraciones tóxicas: 1000-3000 mg/l de nitratos y 10 mg/l de nitritos**, pero son difíciles de determinar y varía mucho de un animal a otro.

²¹ Se combinan con la hemoglobina y forman metahemoglobina, que es incapaz de transportar oxígeno.

≡ Fluoruros (F⁻):

- ✓ Los **síntomas de intoxicación** comienzan a evidenciarse con concentraciones de **5 mg/l** (moteado en los dientes).
- ✓ **Concentración mínima requerida: 0,8 – 1,5 mg/l**. Es necesario para mantener la dureza de huesos y dientes.
- ✓ En Argentina, las aguas con elevada concentración de fluoruros tienen menos de **2 mg/l** y rara vez superan los **4 mg/l**.

≡ Sulfuros (S²⁻):

- ✓ Dan **sabor y olor desagradable**²² al agua.
- ✓ Su presencia en el agua de bebida resulta de la acción de bacterias sobre los sulfatos y materia orgánica en ausencia de oxígeno. Por lo tanto, su existencia puede indicar contacto con materia en putrefacción y hace **indispensable realizar el análisis bacteriológico**.
- ✓ **Sulfuro de Hidrógeno**: es el más común. Es muy tóxico ya que cantidades mínimas provocan la muerte del animal²³.

≡ Fosfatos (PO₄³⁻):

- ✓ Su presencia indica contaminación del agua con materia orgánica: agroquímicos fosforados, aguas tratadas, etc. Su presencia hace **indispensable realizar el análisis bacteriológico**. Se puede utilizar cloro como desinfectante.

≡ Arsénico (As):

- ✓ Está presente en gran parte de las aguas en concentraciones variables.
- ✓ Para bovinos **la concentración máxima** en el agua de bebida, es de: **0.15 y 0.30 mg/l**, pero aún con esas concentraciones puede ocurrir una intoxicación crónica.
- ✓ **Su alta toxicidad exige controlar las aguas, si se sospecha su presencia**, ya que aún en dosis muy pequeñas puede acumularse en el organismo y provocar intoxicaciones crónicas. Si bien la rápida excreción por heces y orina disminuye sus efectos tóxicos. Los síntomas son: inapetencia, debilidad, torpeza en los movimientos, convulsiones, diarrea y gastritis hemorrágica.

²² Olor a huevo podrido.

²³ Actúa inhibiendo una enzima relacionada con la respiración celular.

- ✓ Normalmente la leche y los tejidos corporales contienen pequeñas cantidades de arsénico.

≡ Sodio (Na⁺) y Potasio (K⁺):

- ✓ En los análisis de agua para consumo humano y animal, generalmente se analizan en conjunto. El sodio siempre está en concentración más elevada que el potasio.
- ✓ Son elementos esenciales en la nutrición.
- ✓ El sodio (Na⁺) en concentraciones elevadas puede llegar a inutilizar importantes fuentes de agua.
- ✓ Es poco probable que el potasio (K⁺) se encuentre en concentraciones elevadas, pero en esos casos puede ser perjudicial. Esto se debe a que una elevada concentración de potasio dificulta la absorción de magnesio (Mg⁺⁺) por parte del animal, produciendo hipomagnesemia (síndrome de vaca caída).

≡ Calcio (Ca⁺⁺) y Magnesio (Mg⁺⁺):

- ✓ Son los principales responsables de la dureza de las aguas. Su presencia es muy frecuente.
- ✓ El agua con elevado contenido de sales de magnesio tiene **sabor intenso y desagradable**.
- ✓ Los **límites de tolerancia para el magnesio** varían entre: **250 a 500 mg/l**, según el tipo de bovino. **No se dan límites de tolerancia para el calcio**.

≡ Hierro (Fe⁺⁺):

- ✓ Naturalmente está en solución en concentraciones inferiores a 20-30 mg/l. Las aguas ferruginosas presentan color y forman sedimentos, favoreciendo el desarrollo de algas, en estos casos pueden producirse obstrucciones de caños **y olores y sabores desagradables en el agua**.

≡ Manganeso (Mn⁺⁺):

- ✓ Su presencia es poco frecuente. Es más común en aguas subterráneas. En estos casos, al entrar en contacto con el aire se enturbian y el manganeso oxidado forma depósitos oscuros y tenaces.
- ✓ Las aguas adquieren **sabor intenso y desagradable**.

≡ Aluminio (Al^{3+}):

- ✓ Generalmente está presente en concentraciones mínimas y no tóxicas. **Se acepta hasta un tenor de: 5 mg/l.**

≡ Cinc (Zn^{++}):

- ✓ Su presencia es muy rara. En las concentraciones normalmente encontradas no produce efectos tóxicos, pero le confiere al agua un **sabor desagradable** a concentraciones de **5 mg/l.**
- ✓ Concentraciones de **6 a 8 mg/l** producen **constipación crónica y disminución en la producción de leche en bovinos.**

≡ Plomo (Pb):

- ✓ Su presencia es muy rara y generalmente se debe a contaminación industrial.
- ✓ **No se aconseja el uso de aguas que contengan plomo**, aún en pequeñas cantidades, debido a su toxicidad y capacidad de acumulación en el organismo. Los bovinos son particularmente sensibles a este elemento y **sólo toleran** concentraciones de **hasta 0,1 mg/l.**
- ✓ Los animales intoxicados con plomo, presentan: anorexia, constipación, adelgazamiento progresivo, depresión, debilidad muscular, postración general y debilitamiento de la actividad cardíaca y respiratoria.

≡ Cobre (Cu^{++}) y Molibdeno (Mb^{++}):

- ✓ La presencia de **Cobre** es poco común. Su concentración siempre es **inferior a 0,05 mg/l.**
- ✓ El **Molibdeno** es muy poco frecuente, pero es importante porque está muy relacionado con el metabolismo del cobre y de los sulfatos²⁴.

²⁴ La tolerancia al molibdeno aumenta si existen altos valores de cobre en la dieta. Si el agua de bebida es rica en sulfatos, interfiere sobre la asimilación de cobre, disminuyendo indirectamente la tolerancia al molibdeno.

Valores máximos de sales tolerados por los bovinos.

Elemento	Concentración (mg/l.)	Elemento	Concentración (mg/l.)
PH	6 – 9.5	Cobre	3
Residuo seco a 105°C	13.000	Molibdeno	1
Calcio	500	Boro	20
Magnesio	500	Vanadio	0.1
Carbonatos	3000	Aluminio	5
Sulfatos	4000	Cloruro de sodio	11000
Nitratos	500	Cloruro de magnesio	2000
Nitritos	10	Cloruro de calcio	10000
Arsénico	0.3	Sulfato de sodio	2000
Flúor	16	Sulfato de calcio	2000
Cinc	8	Sulfato de magnesio	2000
Plomo	0.1		

Fuente: Aguas y Aguadas (Bavera, Rodriguez, Beguet, Bocco y Sánchez).

Clasificación de las aguas para consumo bovino.

Usos		Sales totales	Cloruro de Sodio (ClNa)	Sulfatos	Magnesio (Mg)	Nitratos
Cría	Tambo/inverne					
Deficiente	Deficiente	<1g/l	-	-	-	-
Satisfactoria	Muy buena	>1g/l	1g/l	1g/l	0.2g/l	0.05g/l
Muy Buena	Buena	<2g/l	2g/l	1g/l	0.25g/l	0.2g/l
Buena	Aceptable	<4g/l	4g/l	1.5g/l	0.3g/l	0.3g/l
Aceptable	Mala	<7g/l	7g/l	2.5g/l	0.4g/l	0.4g/l
Mala	-	<11g/l	11g/l	4g/l	0.5g/l	0.5g/l
Uso restring.	-	<13g/l	-	7g/l	-	-

Fuente: Aguas y Aguadas (Bavera, Rodriguez, Beguet, Bocco y Sánchez).

AGUA PARA CONSUMO HUMANO

AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Consumo de agua:

Se calcula un mínimo de 10 litros por día por persona y un máximo de 100 litros por persona por día para áreas rurales. En zonas de clima tropical, el consumo puede duplicarse.

IMPORTANTE:

La extracción de agua de napas subterráneas para consumo humano, debe realizarse a una distancia no menor de 25 metros de los pozos ciegos, para evitar la contaminación del agua:

Para analizar si el agua de determinada fuente es apta para consumo humano, se tienen en cuenta:

- I. **Parámetros físicos:** turbiedad, color, olor y sabor.
- II. **Parámetros químicos:** pH, sólidos disueltos totales, alcalinidad, y concentración de diferentes compuestos.
- III. **Parámetros bacteriológicos.**

Los valores **aconsejables** establecidos constituyen una meta a alcanzar en la provisión de agua.

Los valores **aceptables** confieren al agua características físicas no perceptibles para la mayoría de los usuarios.

Los límites **tolerables** representan deficiencias físicas claramente observable por los usuarios.

I- Parámetros físicos:

Son percibidos directamente por el usuario a través de sus sentidos.
Las unidades con que se miden los diferentes parámetros físicos están relacionadas con escalas patrón con las que se compara la muestra a analizar.
Los parámetros físicos comprenden: turbiedad, color, olor y sabor.

≡ Turbiedad

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
< 0,2	1 (no se percibe)	3

- ✓ Las aguas limpias, tratadas o no, presentan normalmente bajo contenido de bacterias y virus. En las aguas turbias, cada partícula causante de turbiedad puede albergar bacterias y virus y ofrecer considerable protección contra los agentes desinfectantes.
- ✓ Las aguas comprendidas dentro del "límite tolerable" (3) no son objetables desde el punto de vista higiénico, pero pueden evidenciar deficiencias de tratamiento o baja calidad en la red de distribución.
- ✓ Valores ocasionales de turbiedad superiores al "límite tolerable" (>3) no justifican de por sí el rechazo del agua, si su origen, cuidadosamente evaluado, no implica riesgo para la salud. Para juzgar un agua de turbiedad elevada deben tomarse en cuenta otros parámetros, principalmente el resultado del análisis bacteriológico.

≡ Color:

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
2	5 (no se percibe en volumen pequeño)	12

- ✓ El color natural del agua puede ser de origen mineral (debido a compuestos de hierro o manganeso), de origen orgánico (por descomposición de materia orgánica) o industrial, en cuyo caso el color constituye un posible peligro. La materia orgánica de origen vegetal le da al agua una coloración amarillo-rojiza, de aspecto desagradable, aunque por lo general no es perjudicial.
- ✓ Colores de 12 unidades no son objetables, pero podrían evidenciar deficiencias en el tratamiento o mala calidad de la red de distribución.
- ✓ Valores de color superiores al "límite tolerable" (12), no justifican de por sí el rechazo del agua, si su origen cuidadosamente evaluado, no provoca sospechas respecto a su inocuidad.

- ✓ Aguas coloreadas en tonalidades no comparables con la escala de platino-cobalto, pueden estar contaminadas con efluentes industriales, y no deben consumirse.

⚡ Olor y Sabor:

- ✓ Los olores y sabores en las aguas pueden ser producidos por las algas, hongos, bacterias, sustancias orgánicas e inorgánicas, etc.
- ✓ Por ser características subjetivas (dependen de la persona que las observa), no hay métodos de determinación suficientemente objetivos.

Olor:

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
1	5	10

Expresado en " N° de olor umbral" a 60°C²⁵.

Sabor:

No existen valores por la dificultad de establecer patrones de laboratorio.

II- Parámetros químicos:

⚡ pH:

- ✓ Influye en el sabor, en la acción corrosiva e incrustante del agua, en la eficiencia bactericida del cloro y en el efecto disolvente sobre los metales de las instalaciones. En consecuencia, un pH inadecuado del agua puede disminuir la calidad de ésta por aumento del color o turbiedad, o por presencia eventual de metales (plomo, cinc, hierro), etc.

⚡ Sólidos disueltos totales:

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
50-600 mg/l	1.000 mg/l	2.800 mg/l

- ✓ Una elevada concentración de sólidos disueltos afecta el sabor del agua, produce precipitación durante la cocción de alimentos, depósitos en calderas y recipientes de uso doméstico, corrosión en instalaciones y redes de distribución, pudiendo desmejorar la calidad en cuanto a color, turbiedad, presencia de metales, etc. Además, los sólidos disueltos en agua favorecen la presencia de microorganismos patógenos²⁶.

²⁵ Olor umbral a 60°C: son diferentes categorías numéricas de olores, determinadas a 60 °C.

²⁶ Agentes causantes de enfermedades.

- ✓ **Entre 2.000 y 4.000 mg/l de sólidos disueltos:** las aguas presentan sabores desagradables, pueden no calmar la sed y suelen tener efectos laxantes para personas no habituadas a beberlas.
- ✓ **Más de 4.000 mg/l de sólidos disueltos:** en general, no son aptas para el consumo humano, aún cuando en regiones de clima muy cálido pueden tolerarse.

≡ Alcalinidad Total:

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
30-200 mg/l	400 mg/l	800 mg/l

Expresada en miligramos por litro (mg/l) de carbonato de calcio.

- ✓ La dureza de las aguas esta relacionada principalmente con la presencia de cationes calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}).
- ✓ Aguas con valores de dureza total superiores a los consignados, no tienen efectos perjudiciales sobre la salud. En esos casos, los inconvenientes ocasionados son particularmente de orden económico, tanto doméstico como industrial: elevado consumo de jabón en el lavado; endurecimiento de vegetales en la cocción; formación de incrustaciones en calderas, artefactos de calentamiento del agua y en cañerías.
- ✓ Por otra parte, fijar un **mínimo de 30 mg/l** tiene por finalidad prevenir el desmejoramiento de la calidad del agua por posibles problemas de corrosión, ya que la dureza del agua también se relaciona con la capacidad de formar una capa protectora en el interior de las cañerías.

≡ Cloruros (Cl^-):

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
< 100 mg/l	250 mg/l	700 mg/l

- ✓ La presencia de cloruros en aguas de bebida no es perjudicial para la salud, a menos que alcance concentraciones muy elevadas. En este caso influyen marcadamente sobre el sabor y posible acción corrosiva. Los valores fijados se refieren principalmente a requerimientos de sabor más que a efectos perjudiciales para la salud.
- ✓ El **valor de sabor umbral** para el ión cloruro oscila entre los **200 y 300 mg/l** variando según predominen los cationes calcio, potasio o sodio.
- ✓ La tolerancia de los seres humanos a los cloruros, varía con el clima y los esfuerzos físicos. Los cloruros eliminados por la transpiración pueden ser compensados por los cloruros ingeridos con los alimentos o con el

agua. En regiones muy cálidas, concentraciones del orden de 900 a 1.000 mg/l no resultan perjudiciales.

⚡ Sulfatos (SO_4^{2-}):

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
< 100 mg/l	200mg/l	400 mg/l

- ✓ En elevada concentración puede dar al agua **sabor desagradable** y actuar como **laxante en personas no habituadas**. En Argentina es frecuente que en los suministros públicos las concentraciones de sulfatos superen los 250 mg/l sin que se hallan observado efectos fisiológicos perjudiciales.
- ✓ En cuanto a la influencia sobre el sabor, los "**umbrales de sabor**" para las diferentes sales están comprendidos dentro de los siguientes rangos:

Sulfato de sodio	200-500 mg/l
Sulfato de calcio	250-900 mg/l
Sulfato de magnesio	400-600 mg/l

⚡ Hierro total (Fe^{++}):

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
<0,05 mg/l	0,10 mg/l	0,20 mg/l

- ✓ Concentraciones superiores al "límite tolerable" pueden producir el manchado de telas y artefactos sanitarios por formación de compuestos insolubles de hierro, además de enturbiar las aguas y darles sabor metálico.
- ✓ El aspecto rojizo y la capacidad de tinción del agua con alta concentración de hierro, influye en el rechazo por parte del consumidor.

⚡ Manganeso (Mn^{++}):

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
0,01 mg/l	0,05 mg/l	0,10 mg/l

- ✓ La Organización Mundial de la Salud (1963), fija el límite recomendable en **0.1 mg/l** y el límite tolerable en: **0.5 mg/l**.
- ✓ Concentraciones superiores al "límite tolerable" pueden producir turbiedad, sabor astringente, manchados y depósitos en los sistemas de distribución.

- ✓ Si bien el manganeso no produce efectos fisiológicos adversos, puede fomentar el crecimiento de microorganismos nocivos en los sistemas de distribución.

≡ Amoníaco (NH₃):

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
<0,05 mg/l	0,20 mg/l	0,50 mg/l

Expresado en mg/l del ión amonio.

- ✓ Su concentración debe ser controlada ya que puede originar proliferación de bacterias y dificultar el proceso de cloración.
- ✓ Dentro de las concentraciones en que normalmente se encuentra en las aguas de bebida, su presencia carece de importancia sanitaria.
- ✓ Un incremento sobre los valores normales puede deberse a contaminación reciente. **Este parámetro debe evaluarse siempre en estrecha vinculación con los análisis bacteriológicos.**

≡ Nitritos (NO₂⁻):

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
< 0,01 mg/l	< 0,10 mg/l	0,10 mg/l

- ✓ En agua potable, los nitritos rara vez exceden el "límite tolerable".
- ✓ Su presencia se correlaciona con nitrato y amoníaco y puede indicar contaminación. **Este parámetro debe evaluarse en estrecha relación con el análisis bacteriológico.**

≡ Nitratos (NO₃⁻):

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
<45 mg/l	45 mg/l	-

- ✓ Los nitratos contenidos en el agua de bebida pueden provocar falta de oxígeno en la sangre del lactante. Las concentraciones que pueden causar este problema son variables, pero en general son superiores a los **45 mg/l**.
- ✓ Según lo publicado por la O.M.S.²⁷, es posible que se formen compuestos (nitroaminas) que son cancerígenos potenciales.

²⁷ Organización Mundial de la Salud, 1971.

⌘ Fluoruros (F):

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
-	0,7 - 1,2 mg/l	2 mg/l

- ✓ Dentro de los “**valores aceptables**”, el ion fluoruro en el agua de bebida previene parcialmente las caries dentales en los niños, durante el período de formación de los dientes.
- ✓ Existe un margen muy pequeño entre la dosis que se estima benéfica para el tejido dentario y la dosis capaz de provocar una acción tóxica.
- ✓ Concentraciones **superiores a 2 mg/l** en el agua de bebida, pueden provocar fluorosis²⁸ dental y ósea.
- ✓ **En aguas con valores de pH entre 8 y 9, es necesario analizar la presencia de Fluoruros.**

⌘ Arsénico (As):

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
<0,01 mg/l	0,01 mg/l	0,10 mg/l

- ✓ Es necesario prestar especial atención al contenido de arsénico en las aguas de bebida, ya que este elemento es cancerígeno y se acumula en el organismo.
- ✓ **En aguas con valores de pH entre 8 y 9, es necesario analizar la presencia de Arsénico.**

⌘ Plomo (Pb):

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
< 0,01 mg/l	0,01 mg/l	0,05 mg/l

- ✓ El plomo es un elemento tóxico que se acumula en el organismo.
- ✓ Las aguas de bebida rara vez contienen plomo. La presencia de este elemento puede deberse a la disolución de cañerías de este material, favorecido por un pH bajo (ácido) y una elevada cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

²⁸ Exceso de flúor. Ocasiona problemas de malformación y fragilidad en dientes y huesos.

⚡ Magnesio (Mg⁺⁺):

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
< 50 mg/l	-	150 mg/l

- ✓ Junto al calcio son responsables de la dureza del agua.
- ✓ Aunque no se conocen efectos tóxicos causados por este elemento, el magnesio ha sido restringido a una **concentración máxima permitida** de **150 mg/l**. Esto se debe a que altas concentraciones de sales de magnesio tienen efecto laxante. El cuerpo humano puede desarrollar tolerancia y anular así el efecto laxante, permitiendo el uso de esta agua para el servicio público

⚡ Sodio (Na⁺) y Potasio (K⁺):

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
-	-	200 mg/l

- ✓ En los análisis de agua para consumo humano y animal, generalmente se analizan en conjunto. El sodio siempre está en concentración más elevada que el potasio.
- ✓ En concentraciones elevadas (mayores a **200 mg/l**), pueden tener acción deletérea en personas hipertensas. Pero, en general, no producen consecuencias patológicas en el organismo humano.

⚡ Cinc (Zn⁺⁺):

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
-	-	5-15 mg/l

- ✓ En concentraciones pequeñas es necesario para la nutrición.
- ✓ Pueden originarse concentraciones elevadas a causa de la corrosión de cañerías de hierro galvanizado. Cuando esto sucede, el agua toma sabor metálico.
- ✓ Las normas de calidad de agua imponen un límite al contenido de cinc en el agua de bebida, que oscila entre **5 y 15 mg/l**. Esta restricción tiene que ver, principalmente, con la aceptación del agua por el paladar del consumidor.

≈ Cobre (Cu⁺⁺):

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
-	-	100 mg/l/día

- ✓ En general, sólo algunas aguas naturales presentan indicios de sales de cobre. La presencia en cantidad apreciable en el agua de bebida, se debe principalmente a la acción corrosiva del agua sobre las cañerías
- ✓ Existe escaso peligro de envenenamiento por cobre. Aunque **cantidades superiores a 100 mg/l por día** pueden producir irritación intestinal, náuseas y vómitos.

Valores para Agua Apta para Consumo Humano.

Características Físicas	Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
Turbiedad (en unidades)	<0,2	1	3
Color (en unidades)	<2	5	12
Olor (umbral a 60°C)	1	5	10
Sabor	-	-	-
Características Químicas (mg/l)	Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
pH	6 - 9.5	5.8 – 9.7	5.5 - 10
Sólidos disueltos totales	50-600	1.000	2.800
Alcalinidad total en (CaCO ₃)	30-200	400	800
Dureza Total (CaCO ₃)	30-100	200	400
Cloruro (Cl ⁻)	< 100	250	700
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	< 100	200	400
Hierro total (Fe ⁺⁺)	< 0,05	0,10	0,20
Hierro total (Fe ⁺⁺) ²⁹	0.3	1	
Manganeso (Mn ⁺⁺)	< 0,01	0,05	0,10
Manganeso (Mn ⁺⁺) ³⁰			0.5
Amoníaco (NH ₃)	< 0,05	0,20	0,50
Nitrito (NO ₂ ⁻)	< 0,01	< 0,10	0,10
Nitrato (NO ₃ ⁻)	< 45	45	-
Fluoruro (F ⁻)	-	0,7-1,2	2
Calcio (Ca ⁺⁺)	75	200	-
Magnesio (Mg ⁺⁺)	50		150
Sodio (Na ⁺)			200
Cobre (Cu ⁺⁺)	1	1.5	
Cinc (Zn ⁺⁺)	5	15	
Arsénico (As)	< 0,01	0,01	0,10
Plomo (Pb)	< 0,01	0,01	0,05
Vanadio (V)	-	-	-

Fuente: Normas de Calidad y Control de Aguas de Bebida. Suministro Público. Obras Sanitarias de la Nación, 1973.

Los valores **aconsejables** establecidos constituyen una meta a alcanzar en la provisión de agua.

Los valores **aceptables** confieren al agua características físicas no perceptibles para la mayoría de los usuarios.

Los límites **tolerables** representan deficiencias físicas claramente observable por los usuarios.

²⁹ Organización Mundial de la Salud (1963)

³⁰ Organización Mundial de la Salud (1963)

AGUA PARA RIEGO

AGUA PARA RIEGO

¿Por qué el agua es importante para las plantas?

- ⚡ El agua circula por todo el vegetal desde los pelos radiculares que son la principal puerta de entrada hasta las hojas, donde se pierde por evaporación, dejando en los tejidos las sustancias sólidas en disolución (nutrientes) que absorbieron las raíces.
- ⚡ Hay nutrientes que son esenciales para las plantas (sin ellos la planta muere). Estos nutrientes son absorbidos por las raíces desde el suelo. Pero para que las raíces puedan absorberlos deben estar disueltos en agua.
- ⚡ La cantidad de agua que absorbe una planta depende, entre otros factores, del tipo de planta, la temperatura ambiente y el tipo de suelo. Hay variaciones importantes aún entre plantas de la misma especie.
- ⚡ El período vegetativo (germinación y foliación) de la planta y su edad, también influyen en su necesidad de agua y en su capacidad de absorción.
- ⚡ Las plantas consumen más agua durante el período de foliación que el de fructificación, y durante los primeros tiempos de vida que durante la vejez.
- ⚡ Cuanto más pobre es el suelo, más agua requieren las plantas. En los suelos ricos en nutrientes, las plantas absorben menor cantidad de agua.

Consumo de agua por las plantas:

Varía entre un **mínimo de 2000m³/ ha/ año** y un **máximo de 10.000 m³/ ha/ año¹**.

En promedio, una planta necesita absorber **300 gr de agua (300 cm³) para elaborar 1 gramo de materia seca.**

Agua Para Riego:

- 1- ¿Cómo debe ser?
- 2- Clasificación.
- 3- Algunos problemas que puede causar el riego.

1- ¿Cómo debe ser el agua para riego?

Debe cumplir con varios requisitos, algunos de ellos son:

≡ Sales Totales:

- ✓ El agua utilizada para riego siempre contiene sustancias disueltas que, de modo general, se denominan sales. La **idoneidad del agua para riego** está determinada por la **cantidad y calidad (tipo)** de las sales que contenga.
- ✓ La adaptabilidad del agua para riego, depende tanto de las sales disueltas (salinidad) como del contenido de sodio con relación al contenido de calcio y magnesio. Esto es así porque cuando aplicamos al suelo agua con alto contenido de sodio, parte del sodio es retenido por la arcilla del suelo que cede calcio y magnesio.
- ✓ Este intercambio altera las características del suelo. La arcilla que contiene mucho calcio y magnesio se trabaja fácilmente y tiene buena permeabilidad³¹. Por el contrario, si esa misma arcilla retiene sodio se vuelve pegajosa cuando se humedece y tiene muy baja permeabilidad. Cuando se seca se contrae en forma de duros terrones difíciles de romper al cultivar.
- ✓ Si el agua de riego contiene **mayores concentraciones de calcio y magnesio que de sodio**, las partículas arcillosas del suelo tomarán el calcio o magnesio para mantener la permeabilidad del suelo. Estas aguas son bastantes **buenas para riego aunque su contenido de sales totales sea elevado**.
- ✓ Si el agua para riego tiene elevado contenido de sales totales, pero con concentraciones importantes de calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}), se podría considerar como un agua de buena calidad para suelos arcillosos.

³¹ Permeabilidad: capacidad de un suelo de dejar pasar una cantidad de agua en un período de tiempo determinado.

≡ pH:

- ✓ El **pH ideal para el agua de riego**, oscila entre **6,5 y 8,4**. Las aguas de riego cuyo pH quede fuera de este intervalo pueden ser satisfactorias aunque también pueden presentar problemas de nutrición o de toxicidad.

≡ Nitrato (NO_3^-) y Amonio (NH_4^+):

- ✓ Estas dos formas del nitrógeno estimulan el crecimiento de las plantas. Pero en cantidades excesivas puede disminuir la producción o retrasar la madurez de la cosecha.
- ✓ El nitrógeno en el agua de riego actúa de la misma forma que los fertilizantes. Por lo tanto, el exceso de nitrógeno causará los mismos problemas que ocurren con el exceso de fertilizantes.
- ✓ La producción de cultivos sensibles a este elemento puede verse afectada por concentraciones que excedan los **5 mg/l**. Concentraciones menores, tienen poco efecto, incluso en las plantas sensibles al nitrógeno.

≡ Bicarbonato (CO_3H^-):

- ✓ Puede constituir un problema, principalmente cuando las plantaciones frutales o de vivero se riegan con aspersores durante períodos de humedad relativa ambiente menor al 30% y gran evaporación. En estas condiciones, en las hojas o en los frutos se forman depósitos blanquecinos, que no desaparecen con los riegos subsiguientes. Aunque esto no implica toxicidad, a medida que el agua se evapora las sales se van concentrando.

2- Clasificación del agua para riego

Se clasifican en rangos relativamente arbitrarios, cuyos límites admiten una superposición importante.

Estas clasificaciones se basan en diversos índices:

- a. **Salinidad total**
- b. **Porcentaje de sodio**
- c. **Índice SAR³² (Relación de Adsorción de Sodio)**
- d. **Contenido de boro**

³² Sodium Adsorption Ratio. La sigla en español es RAS: relación de adsorción de Sodio.

a. Salinidad total:

- ✓ Es la concentración total de sales disueltas en el agua. Se expresa en miligramos/litros (mg/l), o en micromhos por cm (conductividad eléctrica).
- ✓ Aguas con 650mg/litro de sales disueltas a 25°C de temperatura presentan una conductividad eléctrica de 1.000 micromhos/cm. Los valores de conductividad y la concentración de sales se pueden transformar unos en otros³³.

En general, podemos decir que aguas de riego con valores:

- ✓ **Hasta 1.000 mg/l de sales totales** son aptas para cualquier tipo de cultivo, incluso los más sensibles, si el drenaje del terreno es bueno.
- ✓ **Hasta 2.150 mg/l de sales totales**, pueden usarse con cualquier tipo de cultivos, excepto los más sensibles.
- ✓ **Hasta 3.150 mg/l de sales totales** y buen drenaje del suelo, se pueden cultivar tomates, repollos y otras especies. Este es el máximo admisible dentro de los límites de seguridad.

b. Porcentaje de Sodio (Na⁺):

- ✓ Es la relación entre los cationes de sodio (Na⁺) y los cationes de potasio (K⁺), calcio (Ca⁺⁺) y magnesio (Mg⁺⁺). Se expresa en: miliequivalentes por litro (mq/l)³⁴.

Como los resultados de los análisis generalmente están expresados en miligramos/litro (mg/l) y para este cálculo es necesario expresar las concentraciones en miliequivalentes/litro, hay que transformar los valores. Para ello, multiplicamos el valor de la concentración de cada ión por las siguientes constantes:

³³ Si multiplicamos la conductividad obtenida en el campo por el factor **0,7** obtendremos la salinidad total del agua:

- Conductividad eléctrica X 0,7	= salinidad total
- Salinidad total / 0,7	= conductividad eléctrica

³⁴ **Miliequivalente por litro (mq/l)** es una medida **diferente a miligramos por litro (mg/l)**. Expresa la capacidad de los iones para combinarse. Expresadas de esta forma, concentraciones iguales de iones diferentes son equivalentes a su tendencia a formar cualquier posible combinación química.

Para el ion...	Multiplicar la concentración en mg/l por:
Sodio (Na ⁺)	0.04350
Potasio (K ⁺)	0.02558
Calcio (Ca ⁺⁺)	0.04990
Magnesio Mg ⁺⁺)	0.08224

- ✓ Con los valores obtenidos, calcular el porcentaje de sodio (% Na⁺) del agua utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{Na}^+ = \frac{\text{Na} \times 100}{\text{Na} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}}$$

- ✓ Un valor alto de este índice puede producir sellado de los poros del suelo, volviendo inadecuada su estructura para los cultivos.
- ✓ Se recomienda que este valor **no sobrepase los 50-60 miliequivalentes por litro (mq/l)**, para evitar efectos perjudiciales sobre el suelo.

c. Índice SAR (Relación de Adsorción del Sodio):

- ✓ Se utiliza para expresar el peligro que representa un exceso de sodio en las aguas de riego. Se expresa en **miliequivalentes/litro (mq/l)**, por lo tanto hay que convertir los valores de concentración de los iones como en el caso del cálculo anterior.
- ✓ Una vez convertidos los valores, se calcula el **índice SAR**, con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice SAR} = \sqrt{\frac{\text{Na}}{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}}$$

Aguas de riego con valores de SAR:

- ✓ **Hasta 8 mq/l**, son consideradas **aceptables**
- ✓ **Entre 8 y 15 mq/l** son **regulares**
- ✓ **Mayores de 20 mq/l**, son **inadecuadas**. Hay peligro de alcalinización del suelo.

d. Contenido de Boro:

- ✓ Cantidades **superiores a 0,5 mg/l** pueden ser perjudiciales para las plantas. Los más sensibles son: cítricos y otros frutales semitolerantes, productos hortícolas, cereales y algodón.
- ✓ Los más tolerantes son: lechuga, alfalfa, remolacha y espárragos. El **límite para las plantas más resistentes** se establece en **4 mg/l**. Concentraciones superiores a este límite causan la muerte de las plantas.

3- Algunos problemas que puede causar el riego se deben a:

Efecto osmótico: las sales dificultan o impiden la absorción de agua por la planta (cantidad de sales).

Efectos tóxicos: las sales interfieren en el metabolismo normal de las plantas (calidad, tipo de sales).

Efectos indirectos: producidos por cambios en la estructura, permeabilidad y capacidad de aireación del suelo (cantidad y calidad de sales unidos a otros factores).

∞ En general, hay tres grupos de compuestos que pueden originar los problemas descritos:

- ✓ Sales disueltas totales (el efecto es principalmente osmótico).
- ✓ Sustancias que se encuentran en pequeñas concentraciones (oligoelementos y micronutrientes)³⁵.
- ✓ Ciertos aniones y cationes: nitritos (NO_2^-); amonio (NH_4^+); materia orgánica; calcio (Ca^{++}); magnesio (Mg^{++}); sodio (Na^+); potasio (K^+); carbonatos (CO_3^{2-}); carbonatos ácidos (CO_3H^-); sulfatos (SO_4^{2-}) y cloruros (Cl^-).

³⁵ Los oligoelementos (elementos que se encuentran en pequeñas cantidades) son: Bario, Sílice, Flúor, Azufre, Fósforo y Hierro. Los micronutrientes (cantidades menores aún) son: Aluminio, Arsénico, Berilio, Cadmio, Cromo, Cobalto, Cobre, Platino, Litio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Selenio, Vanadio y Zinc.

≡ Sales totales:

- ✓ Cuando la cantidad de sales del agua de riego es elevada, las sales se acumulan en las raíces de las plantas y llegan a afectar el rendimiento. Si en el sistema radicular se acumulan sales solubles, la planta tendrá que emplear energía adicional para extraer agua del suelo.
- ✓ De este modo, la planta absorberá poca agua, lo que se traducirá en una disminución del crecimiento. Los síntomas son similares a los de la sequía. Algunas plantas presentan un color verde azulado y exagerados depósitos de cera en las hojas.
- ✓ Los efectos de la salinidad varían en las distintas etapas de desarrollo de la planta.

≡ Permeabilidad:

- ✓ Este problema se presenta cuando la velocidad de infiltración en el suelo se reduce debido a la presencia de determinadas sales o por falta de sales en el agua, en grado tal que las plantas no pueden obtener suficiente agua y la producción disminuye.
- ✓ La mala permeabilidad del suelo dificulta la provisión de agua a las plantas, generando costras en la superficie, con saturación hídrica superficial, y los consiguientes problemas de enfermedades relacionadas con falta de oxígeno, nutrición deficiente, salinidad y malezas.
- ✓ Además del contenido de sales totales, es importante conocer la **relación entre determinados cationes y aniones del agua de riego**, ya que un agua con poco contenido de sal puede provocar problemas de permeabilidad en el suelo debido a la gran capacidad del agua pura para disolver y separar el calcio y otros materiales solubles del suelo.
- ✓ Por esta razón **es necesario controlar el contenido de sodio con relación al calcio, magnesio, bicarbonatos, carbonatos y a la concentración de sales totales presentes en el agua.**

≡ Toxicidad:

- ✓ Ocurre cuando la planta absorbe ciertos elementos disueltos en el agua y los acumula, disminuyendo su rendimiento. **La toxicidad ocurre dentro de la planta y puede darse aún cuando la salinidad sea baja.** Generalmente está relacionada con:
 - a- Sodio
 - b- Cloruros
 - c- Boro

a- Toxicidad debida a Sodio:

Si se utilizan aguas de riego con mucho sodio, el suelo se enriquece en sodio. Pero antes que esto suceda, puede ocurrir que el cultivo, al absorber agua con sodio, lo concentre en las hojas a medida que el agua es transpirada por la planta.

El daño por toxicidad, se producirá cuando la concentración de sodio exceda el nivel de tolerancia de la planta.

Los síntomas son: hojas quemadas, agotamiento del vegetal y tejidos muertos en los bordes de las hojas.

La toxicidad debida al sodio a menudo se modifica y disminuye con la presencia del calcio.

b- Toxicidad debida a Cloruros:

La mayoría de las plantas leñosas son sensibles a bajas concentraciones de cloruros, mientras que la mayor parte de las plantas anuales no lo son.

Los cloruros no son absorbidos por el suelo y se desplazan fácilmente con el agua del suelo. Son absorbidos por las raíces y, al igual que el sodio, ascienden y se acumulan en las hojas.

Los síntomas de toxicidad por cloruros comienzan en las puntas de las hojas más viejas y avanzan luego a lo largo de los bordes, produciéndose caída prematura del follaje.

c- Toxicidad debida a Boro:

En cantidades pequeñas, es uno de los elementos esenciales para el crecimiento de los vegetales, pero en cantidades excesivas es tóxico.

La sensibilidad al boro afecta a una amplia gama de vegetales, mayor que la toxicidad debida a sodio o a cloruros.

Valores máximos recomendados en aguas para riego.

Parámetro	Para aguas usadas continuamente en todos los suelos (en mg/l)	Para utilizar hasta 20 años en suelos de textura fina, de pH 6,0 a 8,5 (en mg/l)
pH	6.5 – 8.4	6 – 8.5
Aluminio (Al)	5,0	20,0
Arsénico (As)	0,1	2,0
Berilio (Be)	0,1	0,5
Boro (B)	-	2,0
Cadmio (Cd)	0,01	0,05
Cromo (Cr)	0,1	1,0
Cobalto (Co)	0,05	5,0
Cobre (Cu)	0,2	5,0
Flúor (F)	1,0	15,0
Hierro (Fe)	5,0	20,0
Plomo (Pb)	5,0	10,0
Litio (Li)*	2,5	2,5
Manganeso (Mn)	0,2	10,0
Molibdeno (Mo)	0,01	0,05**
Níquel (Ni)	0,2	2,0
Selenio (Se)	0,02	0,02
Vanadio (V)	0,1	1,0
Cinc (Zn)	2,0	10,0

Fuente: Environmental Studies Board, Nat. Acad. Of Sci., Acad. Of Eng Water Quality Criteria, 1972

* La máxima concentración recomendable para riego de cítricos es: 0,075 mg/l.

** Solamente para suelos ácidos de textura fina, o suelos ácidos con relativamente alto contenido de óxido de hierro.

Clasificación simplificada de las aguas para riego:

Clases	Na ⁺ x100 Na+Ca+Mg+K (mg/l)	Sodio (Na ⁺) (mg/l)	Cloruros (Cl ⁻) (mg/l)	Sulfatos (SO ₄ ²⁻) (mg/l)	Conductividad eléctrica (micmhos/cm)	Total de sales disueltas (mg/l)
1- Excelentes a buenas, o bien aceptable en la mayor parte de los casos.	Menos del 30-60% (recientemente se tiende al límite de 60%)	Menos de 0,5 mg/l. *	Menos de 70 a 100 mg/l	Menos de 130-320 mg/l	Menos de 1.000	Menos de 70 mg
2-Buenas o perjudiciales o bien perjudiciales para algunas plantas bajo ciertas condiciones	30 – 75%	0,5 a 2 mg/l **	0 - 560 mg/l	130 - 640 mg/l	500 - 3.000	350 - 2.100 mg
3- Perjudiciales a inutilizables o bien perjudiciales para la mayor parte de las plantas en la mayor parte de las ocasiones.	Más de 70-75%	Más de 2 mg/l. ***	Más de 210 - 560 mg/l	Más de 380 - 640 mg/l	Más de 2.500-3.000	Más de 1.750 - 2.100

Fuente : California State W.R.C.B., 1963

* Aunque algunas plantas no sufren con 1-1,5 mg/l.

** Aunque hasta 3,35 puede ser satisfactoria para ciertas plantas.

*** Si bien más de 1 mg/l es muy perjudicial para ciertas plantas.

Bibliografía Consultada:

- ≡ American Water Works Association. 1968. Agua, su Calidad y Tratamiento. México.
- ≡ Ayers, R.S. y Nestcot, D.W. 1976. Calidad de Agua para la Agricultura. Serie FAO Riego y Drenaje N°29, Roma, Italia.
- ≡ Bavera, Rodriguez, Beguet, Bocco y Sánchez, 1979. Aguas y Aguadas. Ediciones Hemisferio Sur.
- ≡ Custodio, E. Y Lamas, M.R. 1976. Hidrología Subterránea. Tomos I y II. Ediciones Omega. Barcelona, España. 2359 pág.
- ≡ Enciclopedia Temática. 1993. Ediciones Océano. Barcelona, España. 1216 pág.
- ≡ Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. 1967. Desarrollo de Aguas Subterráneas. Caracas. Venezuela.
- ≡ FAO, 1974. El Agua y el Medio Ambiente. Serie FAO Riego y Drenaje N°8, Roma, Italia.
- ≡ Harper, H.A. 1971. Manual de Química Fisiológica. El manual Moderno, III edición. México.
- ≡ Hofkes, E.H.; Huisman, L.; De Azevedo Neto, J.M.; Sundaresan, B.B. y Lanoix, J.N. 1988. Sistemas de Abastecimiento de Agua para Pequeñas Comunidades. E.H. Hofkes (Ed.). Centro Internacional de Agua y Saneamiento. Holanda.
- ≡ Johnson Division, UOP Inc. 1975. El Agua Subterránea y los Pozos. Minnesota, EEUU.
- ≡ Obras sanitarias del Estado. 1978. Normas de Calidad de Agua Potable para ser aplicadas en todos los servicios de la Administración. Montevideo, Uruguay.
- ≡ Obras Sanitarias de la Nación. 1973. Normas de calidad y Control de Aguas de Bebida. Tomo I: Suministros públicos. Bs. As. Argentina.
- ≡ Porras, M. y Thauvin, J. 1978. Aguas subterráneas. Problemas generales de la contaminación. Cuadernos del CIFCA, Centro internacional de Formación en Ciencias Ambientales (Ed.), Madrid.

⚡ UNESCO – ROSTLAC, 1984. Agua, Vida y Desarrollo. Manual de uso y conservación del agua en zonas rurales de América Latina y el Caribe. Tomos I a III. Proyecto Regional Mayor para la utilización y conservación de los recursos hídricos en áreas rurales de América Latina y el Caribe (D4-PRM).