

2. *Calidad de las aguas subterráneas naturales*

2.1. *Introducción*

2.2. *Calidad e indicadores de calidad*

2.2.1. *Abastecimiento urbano*

2.2.2. *Agricultura*

2.2.3. *Industria*

2. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS NATURALES

2.1. INTRODUCCION

Cuando la composición y características del agua se consideran bajo el punto de vista de una utilización o aplicación determinada nace el concepto de "calidad". Mientras la composición en un instante y lugar determinados es única, la calidad puede ser múltiple y no queda perfectamente definida hasta que el uso concreto a que se destine el agua no quede especificado. Se habla entonces de calidad para la bebida, para la agricultura, para cierto tipo de industria, etc. Muy a menudo, sin embargo, se equiparan los términos "calidad natural" y "composición".

2.2. CALIDAD E INDICADORES DE CALIDAD

El conocimiento de los efectos de cada uno de los elementos que contiene el agua o del conjunto de todos ellos permite establecer, mediante las normas e indicadores de calidad, las posibilidades de utilización de un agua de composición definida en cada caso concreto.

Las normas de calidad se establecen en función de diferentes criterios y se actualizan a medida que la investigación avanza en el conocimiento de los efectos de diferentes sustancias presentes en el agua. Las normas de potabilidad suelen establecerse con criterios químicos y bacteriológicos, considerando por lo general que los constituyentes para los que se definen límites de concentración máxima permitida constituyen un peligro potencial para la salud por encima de esos límites. Otros criterios (sabor, posibilidad de formación de incrustaciones, etc.) pueden ser tenidos en cuenta.

Los indicadores de calidad para otros usos (agrícolas, industriales, etc.) se establecen en función de otros criterios condicionados por las necesidades y efectos específicos sobre cada actividad.

2.2.1. Abastecimiento urbano

La Reglamentación Técnico Sanitaria (R.T.S.) para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público (B.O.E. núm. 154 de 29 de Junio de 1982), desarrollando las normas del Código Alimentario Español (C.A.E.), define:

- Aguas potables de consumo público: Son aquéllas utilizadas para este fin, cualquiera que sea su origen, bien en su estado natural o después de un tratamiento adecuado, ya sean aguas

destinadas directamente al consumo o aguas utilizadas en la industria alimentaria de forma que pueda afectar a la salubridad del producto final.

- Agua potable: Aquélla cuyos caracteres están comprendidos dentro de los aceptables como tolerables en el Reglamento (Tabla 1).
- Agua sanitariamente permisible: Aquélla en la que algunos de sus caracteres fisicoquímicos sobrepasan los límites tolerables, salvo en lo referente a productos tóxicos o radiactivos y contaminación fecal. No podrán sobrepasar los límites microbiológicos siguientes:
 - a) Coliformes totales y estreptococos fecales: máximo 10 de cada uno de ellos en 100 mililitros. Clostridium sulfito-reductores: máximo 2 en 20 mililitros.
 - b) Ausencia de coliformes fecales y de microorganismos parásitos y patógenos.
- Agua no potable: Aquélla que no reúne las características exigidas en el Reglamento a las aguas potables o sanitariamente permisibles.
- Agua tratada: Aquélla que, habiendo sido sometida a un tratamiento adecuado, reúne las características propias de las aguas potables o sanitariamente permisibles.
- Caracteres orientadores de calidad: Son los correspondientes a una calidad deseable en el agua potable. Siempre que sea posible para futuros abastecimientos, se elegirán aguas que cumplan estos caracteres.
- Caracteres tolerables: Corresponden a las concentraciones máximas aceptables para los distintos parámetros en el agua potable (Tabla 1). No deben ser sobrepasados permanentemente en los abastecimientos de aguas potables.

En la tabla 1 se incluyen las características de las aguas potables definidas en la Reglamentación Técnico-sanitaria (B.O.E. del 29/VI/82).

2.2.2. Agricultura

Los criterios que suelen prevalecer para la determinación de los indicadores de calidad en este campo son: atención a animales y riego.

El agua destinada a bebida de los animales ha de ser bacteriológicamente similar a la de consumo humano. El contenido en sales no suele especificarse dada la gran diversidad de alimentación de las diferentes especies. Una indicación general sobre este particular puede encontrarse en la tabla 2.

Algo similar ocurre en el caso del riego. Los efectos a considerar cuando ha de aplicarse un agua de composición determinada a un suelo son: concentración del agua del suelo, composición iónica, toxicidad específica, etc. Criterios generales orientativos sobre la calidad de agua para riegos pueden verse en la tabla 2.

La clasificación de aguas para riego más generalizada es la del U.S. Salinity Laboratory Staff. Se basa en:

- 1.— La concentración total de sales disueltas expresada por la conductividad a 25° C ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

TABLA 1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS POTABLES (REGLAMENTACIÓN TÉCNICO-SANITARIA ESPAÑOLA 1.982)

CARACTERES ORGANOLEPTICOS			CARACTERES FISICOQUIMICOS (COMPOSICIÓN NATURAL AGUA)		
	ORIENT. CALIDAD	TOLERABLES		ORIENT. CALIDAD	TOLERABLES
OLOR Y SABOR (EXTRAÑOS)	AUSENTE	LIGERO (NATURAL O DE TRATAMIENTO)	pH	7 - 8	6,5 - 9,5
			CONDUCT. 20°C (μ s/cm)	400	LA CORRESPONDIENTE A LA MINERALIZACION
COLOR (Pt-Co) (mg/l)	1	20	Cl ⁻ (mg/l)	25	350
			SO ₄ ⁼ (mg/l)	25	400
			Ca ⁺⁺ (mg/l)	100	200
			Mg ⁺⁺ (mg/l)	30	50
			Al ⁺⁺⁺ (mg/l)	0,05	0,2
			Dureza total (mg/l CaCO ₃)	150	-
			Resíduo seco 110°C (mg/l)	750	1.500
			Oxígeno disuelto (mínimo) (mg/l)	5	-
			SiO ₂	-	No debe aumentar con el tratamiento
Turbidez (U.N.F)	1	6			

TABLA 1.- Continuación

<u>COMPONENTES NO DESEABLES</u>			<u>COMPONENTES TÓXICOS</u>		<u>CARACTERES MICROBIOLÓGICOS</u>		
	ORIENT. CALIDAD	TOLERABLES (nivel max.)		TOLERABLES		ORIENT. CALIDAD	TOLERABLES (Lím. max.)
NO ₃ ⁻ (mg/l)	25	50	As (mg/l)	0,05	BACTERIAS		
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0	0,1	Cd (mg/l)	0,005	AEROBIAS		
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,05	0,5	CN (mg/l)	0,05	37°C	10/ml	200/ml
Oxidabilidad MnO ₄ K	2	5	Cr ⁺⁶ (mg/l)	0,05	22°C	100/ml	-
(mg/l de O ₂)			Hg (mg/l)	0,001	BACTERIAS		
Resíduo seco (extraíble por cloroformo)	0,10	-	Ni (mg/l)	0,05	COLIFORMES	AUSENCIA	AUSENCIA
(mg/l)			Pb (mg/l)	0,01	ESTREPTOCOCOS		
Fe (mg/l)	0,05	0,2	Se (mg/l)	0,02	PARASITOS Y PATOGENOS	AUSENCIA	AUSENCIA
Mn (mg/l)	0,02	0,05	PLAGUICIDAS (Organoclorados, fosforados PCB y PCT):		ELEMENTOS FORMES APRECIADOS A SIM PLE VISTA	AUSENCIA	AUSENCIA
Cu (mg/l)	0,10	1,50	INDIVIDUAL (mg/l)	0,0001			
P (mg/l)	0,17	2,15	CONJUNTO (mg/l)	0,0005			
P ₂ O ₅ (mg/l)	0,40	5,00					
Materia en suspensión	AUSENTE						
SH ₂	-	No detectable orga nolépticamente					
Fenoles (mg/l)	-	0,001					
Detergentes (mg/l)	-	1,0					
Zn (mg/l)	-	5,0					
F ⁻ (mg/l)	-	1,5					

RADIOACTIVIDAD. LIMITE MAXIMO: LA CANTIDAD DE EMISORES DE RADIACION EQUIVALENTE A CIENTO PICO CURIOS.

TABLA 2.— INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA PARA USOS AGRICOLAS
(U.S. Dept. Interior 1968)
(Unidades en mg/l)

1. Elementos	Animales	Riego	
	Estabulados	Continuo	Intermitente
Al		1.0	20.0
As	0.05	1.0	10.0
Ag			
B		0.75	2.0
Ba			
Be		0.5	1.0
Ca			
Cd	0.01	0.005	0.05
Cl	variable		
Co		0.2	10.0
Cr	0.05	5.0	20.0
Cu		0.2	5.0
F	2.4		
Fe			
Hg			
K + Na			
Li		5.0	5.0
Mg			
Mn		2.0	20.0
Mo		0.005	0.05
Ni		0.5	2.0
Pb	0.05	5.0	20.0
Se	0.01	0.05	0.05
Va		10.0	10.0
W			
Zn		5.0	10.0
2. Total de sólidos disueltos < 10.000			

2.— La concentración relativa de sodio con respecto a calcio y magnesio denominada índice SAR ó R.A.S. (Relación de adsorción del sodio) en que:

$$S.A.R. = \frac{r \text{ Na}}{\sqrt{\frac{r \text{ Ca} + r \text{ Mg}}{2}}} \quad r = \text{meq/l}$$

A las aguas con SAR constante, se les atribuye un mayor peligro de alcalinización del suelo cuanto mayor es la concentración total.

En la figura 4 se incluyen las 16 categorías establecidas en función de la conductividad (C) y peligro de alcalinización del suelo. (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

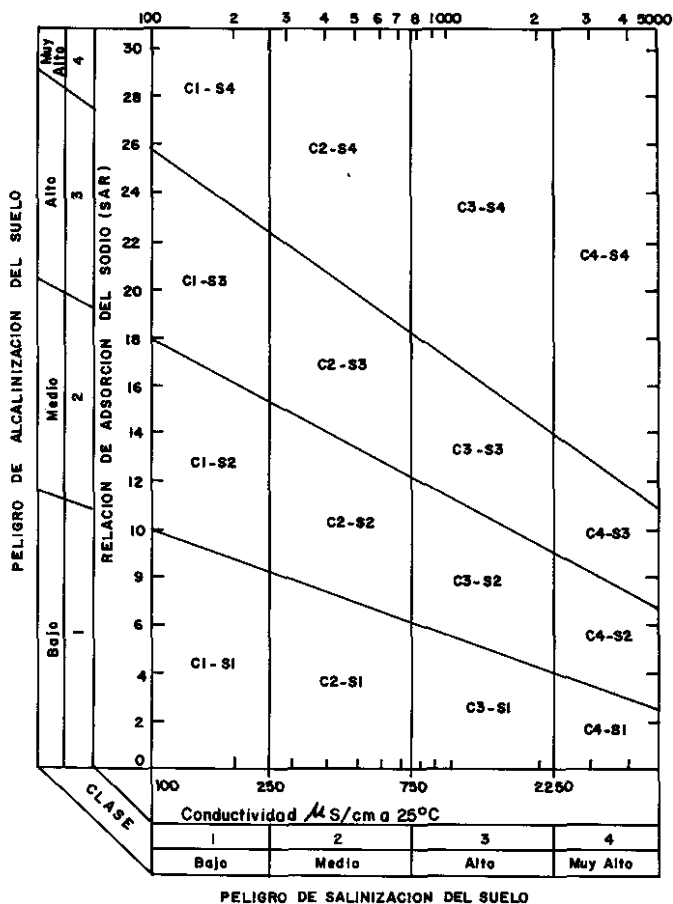


Figura 4.- DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DE LAS AGUAS PARA RIEGO SEGUN EL PROCEDIMIENTO DEL U.S. Salinity Laboratory Staff.

3.— Concentración de boro (mg/l)

La clasificación es la siguiente: (Scotfield, en Custodio y Llamas 1976)

Clase respecto al boro	Cultivos sensibles	Cultivos semitolerantes	Cultivos tolerantes
1	0,33	0,67	1,00
2	0,33-0,67	0,67-1,33	1,00-2,00
3	0,67-1,00	1,33-2,00	2,00-3,00
4	1,00-1,25	2,00-2,50	3,00-3,75
5	1,25	2,50	3,75

Se consideran cultivos sensibles: limón, uva, naranja, ciruela, manzana, pera, alcachofa, melocotón, cereza, níspero, etc.; cultivos simitolerantes: judía, pimiento, maíz, trigo, cebada, avena, aceituna, tomate, algodón, calabaza, rábano, girasol, etc.; cultivos tolerantes: zanahoria, lechuga, col, nabo, cebolla, alfalfa, remolacha, dátil, espárrago, etc.

4.— Carbonato sódico residual (meq/l)

Se define como "Carbonato sódico residual" la relación:

$$r(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - r(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$$

TABLA 3.- INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA PARA USOS INDUSTRIALES

(U.S. Dept. Interior, 1968) Datos en mg/l

TIPOS DE INDUSTRIAS	Producción vapor		Industria textil	Papeleras	Industria química	Industria petroquímica	Industria del acero	Industria del cemento	Industria de cuero
	Baja presión	Alta presión							
1. Elementos									
Al	5,0	0,01							
Ca				20,0	68,0	75,0		250	60
Cl				200	500	300			250
Cu	0,5	0,01	0,01						
Fe	1,5	0,01	0,1	0,1	0,1	1,0		25	0,1
Mg				12,0	19,0	30,0			
Mn	0,3		0,01	0,05	0,1			0,5	0,01
2. Compuestos inorgánicos									
NH ₃ - N	0,07	0,07							
NO ₃ ⁻ - N					5,0				
PO ₄					100			250	250
SiO ₂	30,0	0,01		50,0				35,0	
3. Parámetros de calidad									
Dureza	20		25	100	250	350	100		150
Alcalinidad } como CaCO ₃	140				125			400	
HCO ₃ ⁻	17,0				128				
Total de sólidos disueltos	700	0,5	100		1000	1000		600	
Sólidos en suspensión	10	0	5	10,0	30	10		500	
Oxígeno disuelto	2,5	0,007							
pH				6-10	6-8	6-9	5-9	6,5-8,5	6-8

Si la diferencia es negativa no hay carbonato sódico residual.

Una clasificación provisional es:

<u>Tipo agua</u>	<u>Carbonato sódico residual (meq/l)</u>
Buena	menor que 1,25
Dudosa	1,25 - 2,50
Mala	mayor que 2,50

2.2.3. Industria

Los usos del agua aún están más diversificados que los de la agricultura de modo que resulta imposible establecer normas aplicables a cualquier tipo de industria. No obstante, para usos generales, suelen tenerse en cuenta la agresividad y el poder incrustante del agua como características más destacadas. En la tabla 3 se incluyen algunos criterios generales, aunque debe tenerse en cuenta que las peculiaridades, incluso a nivel de factoría, de cada tipo de proceso industrial pueden determinar una desviación notable de valores de constituyentes o parámetros de calidad con respecto a los tabulados.

Cuando el proceso industrial exige una desmineralización del agua, la conductividad del agua de suministro es un parámetro de importancia decisiva.