

CURSO SOBRE DESARROLLO DE RECURSOS HIDRICOS

TEMA N° 12 B

CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS

(Preliminar y tentativo)



Walter Castagnino
Ingeniero Consultor
OPS/OMS

Al disminuir el contenido de agua del suelo por evapotranspiración, el film de agua que rodea las partículas de suelo se hace más delgado y la succión de la matriz se hace mayor. Al mismo tiempo la concentración de iones en el film se incrementa, ya que sólo se evapotranspira agua pura, resultando mayor presión osmótica. El efecto combinado puede ser crítico y nos lleva a considerar el agua en la zona de raíces.

La medición de la concentración iónica se hace generalmente por conductividad eléctrica (C.E) que se expresa en milimhos/cm ($\text{mhs} \times 10^{-3} \text{cm}$) 25° . Como es muy difícil extraer del suelo (zona de raíces) el agua de la solución en el rango de contenido de agua usado por las plantas, el U.S. Salinity Lab. desarrolló el llamado extracto de saturación. Para ello se agrega agua demineralizada a una muestra de suelo hasta que la pasta brille al reflejar luz y fluya ligeramente cuando se inclina el receptáculo. Esta cantidad de agua es alrededor de dos veces la del suelo a la capacidad de campo y cuatro veces la del punto de marchitamiento. Al filtrar la pasta se obtiene el extracto de saturación y determinando su C.F. se halla C.E₂. Existen tablas basadas en experimentos que muestran la tolerancia de diversos cultivos a valores de C.E_e (en promedio 1 mmho/cm 640 mg/lt).

La medida del efecto del sodio se hace por la razón de adsorción (RAS) que está dado por $\frac{\text{Na}}{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}$, con concentraciones expresadas en equivalentes

por millón. Es claro que la interacción de los cationes por intercambio iónico en el suelo hace que la acción ya indicada del sodio dependa de la presencia del Ca^{++} y Mg^{++} . Además, por la acción dispersante ya mencionada de la alta concentración iónica, contraria a la del sodio, generalmente se considera el efecto conjunto en gráficos que relacionan RAS con C.E.

Precisamente por el efecto del calcio en la estructura del suelo (contraria al sodio) es de importancia el papel del equilibrio de los bicarbonatos. La expresión $(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg})$ se llama carbonato residual y se expresa a veces como ppm $\text{Na}_2 \text{CO}_3$. Los iones de la expresión deben ser computados como equivalentes por millón. Es evidente que cuanto mayor sea el carbonato residual menor será la influencia benéfica del calcio en el suelo, porque mayor será la probabilidad de precipitar Ca CO_3 . Valores de carbonatos residual considerados umbrales son de 1.2 a 1.3 ppm. Valores dobles reducen la producción drásticamente.

Si llamo H_d la altura de agua que representa el volumen de drenaje y H_r la altura que corresponde al volumen de riego, la razón $R.L. = \frac{H_d}{H_r}$ se conoce

como requerimiento de lixiviación o lavado de suelos. Pero es fácil aceptar que :

$$RL = \frac{CE}{CE_e}$$

ya que la salinidad en la zona de raíces (medida por CE) es factor limitante en la eficiencia del cultivo y precisamente debo agregar tanta agua de riego como sea necesaria para lavar los precipitados y obtener el valor CE_e que corresponda al CE del agua de riego. En otras palabras con esto obtengo que, en el equilibrio, la cantidad de iones que entra por metro cuadrado de terreno en el agua de riego es la misma que sale, considerado un lapso cualquiera.

Los temas que se han analizado pueden confundir al lector, si no se tiene en cuenta que factores tales como profundidad del agua freática, las diferentes tolerancias de diversas plantas, el tipo de suelo y su estructura y, aún, la pluviometría de la zona, pueden alterar sustancialmente los valores a adoptar como criterios.

1.b. Efectos de microorganismos.

Ciertas enfermedades de plantas, provocadas por bacterias, hongos y nematodos pueden ser propagadas por el agua de riego. Poco se puede hacer al respecto excepto por medidas preventivas, las cuales son fuertemente recomendadas. En cambio, la propagación de enfermedades del hombre y animales por agua de riego se conecta a una lista muy extensa de bacterias, protozoarios, helmintos y virus que acceden al agua por desechos humanos, animales e industriales; sobre los que debe tomarse acción.

De los métodos de riego, la aspersión (por su alcance) es la que requiere la mejor calidad microbiológica. Para verduras de consumo crudo no parece haber mayores dudas que la calidad bacteriológica debería mantenerse, aún en períodos críticos, a nivel MPN de coliformes fecales menores a 1000/100 ml. Ello aseguraría una limitación de patógenos potenciales a un nivel aceptable. Ello excluiría el riego con agua residual cruda en la casi totalidad de los casos e impulsaría a niveles de tratamiento de desagües compatibles con las tendencias actuales.

1.c. Efectos de otros elementos.

Un cuadro de valores límites de tolerancia para elementos trazas en aguas de riego que son usadas continuamente (I) se presenta a continuación. Esos límites pueden ser excedidos para ciertos cultivos o para aplicación esporádica, y por ello se presentan los límites de tolerancia II. Se hace notar que los límites de selenio y molibdeno representan el efecto acumulativo en las plantas y su acción tóxica en el hombre o animales (con concentraciones en legumbres del orden de 5 mg/Kg).

	(I) mg/l	(II) mg/l
Aluminio	1.0	20.0
Arsénico	1.0	10.0
Berilio	0.5	1.0
Boro	0.75	2.0
Cadmio	0.005	0.05
Cromo	5.0	20.0
Cobalto	0.2	10.0
Cobre	0.2	5.0
Plomo	5.0	20.0
Litio	5.0	5.0
Manganeso	2.0	20.0
Molibdeno	0.005	0.05
Níquel	0.5	2.0
Selenio	0.05	0.05
vanadio	10.0	10.0
Zinc	5.0	10.0

Existe escasa evidencia para condenar la concentración normal de insecticidas en aguas de riego como peligrosa para los cultivos. En cambio ello puede suceder para herbicidas y un excelente compendio de valores está dado en (1) pag. 158.

2. Calidad de aguas apropiada para RECREACION.

El uso de los recursos hídricos para recreación se espera que crezca en una proporción mayor que el incremento de población en un lapso determinado en el futuro. Cuando la recreación involucra contacto del cuerpo con el agua (natación principalmente) ciertos estudios demuestran efectos epidemiológicamente detectables en la salud con niveles de 2.300 coliformes /100 ml. Para la proporción de coliformes fecales a coliformes que es prevalente en EE.UU. ello corresponde

a 400 coliformes fecales/100 ml (o bien 0.02 partículas de virus/100 ml). Se ha propuesto en ese país el criterio límite de 200 coliformes fecales/100 ml en zonas de baños, con no más del 10% de las muestras acusando más de 400 coliformes fecales/100 ml (con mínimo número de muestras de 5 en 30 días). Además, otras condiciones deseables serían :

pH - Entre 6.5 y 8.3 salvo que naturalmente las aguas puedan mostrar valores menores, pero en ningún caso menores que 5.0 o mayores que 9.0

Temperatura - No mayor de 30°

Claridad - Visualización de disco Secchi a 1^m 20 de profundidad.

El resto de las condiciones está relacionado con consideraciones estéticas (sin elementos flotantes, olor o color indeseables) y por la protección del sistema ecológico como se verá más adelante. Kehr y Butterfield han relacionado la razón :

Salmonela tifosa / coliformes -existente en colectores con la morbilidad prevalente por tifoidea en la zona. De acuerdo a ello el Dr. Dacio de Almeida Cristovao de la Facultad de Higiene y Salud Pública de San Pablo, Brasil, ha propuesto un índice corregido de límite aceptable de coliformes que tiene en cuenta esa relación. Se encuentra así, que :

$$I \text{ corregido} = I \text{ padrón} \left[\frac{\text{Coef.morbilidad padrón}}{\text{Coef.morbilidad de la zona.}} \right]^{0.46}$$

El exponente 0.46 es el que resulta de los estudios de Kehr y Butterfield citados. De aquí saldría que el I corregido sería mayor que el padrón en lugares donde la morbilidad fuera menor. Entonces en América Latina, el índice sería menor que en EE.UU. Por otro lado, según puntualiza Koblitz (2), la resistencia mayor naturalmente adquirida por la población y ciertas suposiciones del estudio de Kehr y Butterfield, pueden indicar compensaciones.

Es evidente la necesidad de mayores investigaciones en nuestro medio, siendo por ahora limitantes los valores impuestos por consideraciones estéticas.

El cuadro siguiente de guías tentativas ha sido propuesto por P.H. Gauhey (3).

<u>Determinación</u>	<u>Contacto de Agua</u>		<u>Otras Actividades recreativas</u>	
	<u>Umbral</u>	<u>Límite</u>	<u>Umbral</u>	<u>Límite</u>
Sólidos visibles ori- gen en colectores	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Detergentes (ABS) mg/lt	1 ^x	2	1 ^x	5
Sólidos suspendidos, mg/lt	20 ^x	100	20 ^x	100
Aceites flotantes y grasas, mg/lt	0	5	0	10
Aceites y grasas emul- sificados, mg/lt	10 ^x	20	20 ^x	50
Turbiedad, escala sili- ce	10 ^x	50	20 ^x	-
Color, platino-cobalto	15 ^x	100	15 ^x	100
Color umbral	32 ^x	256	32 ^x	256

Otros valores limitantes han sido ya expuestos más arri-
ba.

x - Estos valores no deberían ser excedidos en más del
20% de 20 muestras consecutivas o en cualesquiera
tres muestras sucesivas.

3.- Calidad de aguas necesaria para preservación del SISTEMA ECOLOGICO.

La publicación (1) expresa :

"Los factores ambientales a los cua-
les se adaptaron los organismos a través de procesos ev-
olutivos constituyen ahora sus requerimientos ambien-
tales".

Cualquier cambio que sea suficien-
temente rápido respecto al proceso evolutivo puede en-
tonces resultar en daños al organismo afectado. Estos
cambios son producidos por contaminantes cuya acción
puede ser directa al organismo en cuestión o indirecta
a través de otras formas de vida y sus consecuencias.

En el contexto de estas notas, sólo

podemos aspirar a señalar las influencias mayores relacionadas con las perturbaciones del medio ecológico y sus consecuencias.

En todo caso, y siempre que se hable de valores, debe tenerse en cuenta que un mismo organismo tiene etapas en su vida de diferentes necesidades y resistencias respecto a su ambiente y que el lapso de exposición al contaminante es una variable ligada al criterio.

3.a. Influencia del oxígeno disuelto.

La función fotosintética del plácton resulta en fluctuaciones diarias del oxígeno disuelto del cuerpo de agua, como mínimos en la madrugada y máximos poco después del mediodía. El estudio de la deflexión y recuperación del oxígeno disuelto, de acuerdo a las formulaciones conocidas (curva "saq"), deberá pues hacerse teniendo en cuenta ese hecho y de ninguna manera usando promedios diarios.

Con el fin de determinar el efecto de tenores bajos de oxígeno disuelto en los peces se estudia la frecuencia del aleteo de agallas en distintas condiciones. En general se nota alguna diferencia a 6 ppm; con cambio notable de 5 a 4 ppm. Si exceptuamos los peces de agua fría (como salmón y trucha), el crecimiento se ve seriamente comprometido para peces jóvenes a 3 ppm durante parte del día. Los peces de agua fría necesitan 5 ppm en grandes ríos por no más de 6 horas y no menos de 7 ppm para incubado.

En agua de mar y estuarios, la tolerancia parece ser mayor.

3.b. Influencia de aceites.

Al extenderse aceite por sobre agua el número apenas visible por reflejo de luz parece ser unos 40 litros/Km². Sin embargo, una capa de aceite de unos 75 lts/Km² ya es visible fácilmente. El espesor de esta capa se calcula en unos 8×10^6 centímetros o sea 8×10^{-2} micrones, lo que representa alrededor de la décima parte del diámetro de la bacteria común. La acción de los aceites, especialmente de petróleo, sobre la vida acuática es doble: recubriendo plácton y benton (causándole la muerte de esa fuente de alimento a elementos superiores de la escala biológica), o directamente por recubrimiento de agallas en peces o destruyendo la aislación y capacidad de flotación de aves con hábitos acuáticos. Además la pelícu-

la de aceites puede interferir con recreación y fotosíntesis. Ciertos productos de la industria petroquímica son tóxicos, especialmente O-clorofenol y O-cresol, aun que las concentraciones necesarias son en general altas (mayores de 1.2 ppm) para tolerancia límite media en 96 horas (96 h TLM). (1)

En el ambiente marino, aparte de los peligros de la perforación de pozos de petróleo e los teros, de los naufragios y accidentes en transporte y transferencia de petróleo, cabe cuidar :

A - La limpieza y descarga de lastres

B - La limpieza de tanques de combustible, con descargas de 1000 a 2000 toneladas por barco con contenidos de 2 a 3% de petróleo.

3. c. Efecto de nutrientes.

En estos aspectos sólo pueden ofrecerse guías generales. La meta es, indudablemente, mantener la distribución, abundancia e interrelaciones de la biota acuática. Para ello los crecimientos anormales de bacterias, hongos, algas y vegetación deben ser controlados por interferir con usos del agua. Bacterias como "Sphaerotilus" y ciertos hongos se ven estimulados por descargas de líquidos crudos de alcantarillados, plan tas de papel o desechos con alto contenido de carbohidra tos.

La cantidad de fósforo total es la que determina las posibilidades de este nutriente por transformarse en fósforo disponible. Cantidades que son 100 mg/lt en ríos y 50 mg/lt cuando entran a lagos y em balses.

La razón N/P es también importante. En aguas naturales lo normal es 10/1. Se ha comprobado que en algunos casos una carpeta de algas con concentra ciones de 0.3 mg/lt de N y 0.01 mg/lt de P (ambos inorgánicos) y existiendo el resto de elementos nutriciona- les necesarios : Ca, Mg, Fe, K, S, Mn y Vitaminas.

En general la razón N-(NO₃) debería ser mantenida en el cuerpo " -----

P-(PO₄) de agua así como la razón de fósforo inorgánico (ortofojs fato) a fósforo total (inorgánico + orgánico + partícula do) .

(1) TLM, significa que el animal ensayado sobrevive en un número igual al. 50% del original, en el período especificado.

Las señales de eutroficación en lagos y embalses, son :

- A - Un decrecimiento anual de oxígeno disuelto en el epilimnion.
- B - Un incremento en sólidos disueltos
- C - Un cambio de prevalencia de diatomeas a algas azul verdes o verdes.
- D - Un decrecimiento en la penetración de luz .
- E - Un incremento de P en los sedimentos.

En ambientes marinos o estuarios deben cuidarse los cambios en salinidad provocados por condiciones alteradas de la hidrología o geografía.

3.d. Efectos tóxicos.

Cada especie de peces tiene plantas y animales que le sirven de alimento y por tanto los requerimientos pueden ser muy diferentes así como los efectos de tóxicos.

Esa es la razón que se incrementa la necesidad de ensayos biológicos de toxicidad (bio-ensayos) normalmente determinado TLM. A la concentración así determinada le asigna una fracción que puede ser :

$\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$ o aún $\frac{1}{100}$, que se llama factor de aplicabilidad

para tener en cuenta la persistencia del tóxico y sus efectos acumulativos así como la productividad de la biota.

El factor $\frac{1}{10}$ se usa para tóxicos

no persistentes (en general con media vida menor a 96 horas) o que no tiene efectos acumulativos después de la mezcla; y se refiere a valores máximos. Para valores promedios en 24 horas se usa el factor $\frac{1}{20}$.

Para tóxicos persistentes se emplean, del mismo modo, los factores $\frac{1}{20}$ y $\frac{1}{100}$ respectivamente.

Para metales pesados y pesticidas persistentes se toma generalmente el factor $\frac{1}{100}$. El mo

do de acción de los metales se asocia con la quelación por moléculas orgánicas afectando procesos enzimáticos, como antimetabólicos o combinándose con la membrana celular reemplazando otros elementos y afectando la permeabilidad.

En general el orden de actividad pudiera ser :



Cuando dos o más tóxicos tienen acción aditiva y están presentes, un medio apropiado es que la suma de fracciones

$$\frac{C_1}{L_1} + \frac{C_2}{L_2} + \dots + \frac{C_n}{L_n} \leq 1$$

donde C_i es la concentración medida y L_i los límites individuales determinados por bioensayos u otro método.

4. Calidad de aguas apropiada para abastecimiento de agua MUNICIPAL e INDUSTRIAL.

4.a. Abastecimientos municipales

Con excepción de las acciones sobre color, turbiedad, pH, alcalinidades, hierro, contenido bacteriano, plankton, amonio y oxígeno disuelto; sobre los demás constituyentes el tratamiento normal de aguas tiene poco efecto.

Criterios permisibles y deseables para aguas superficiales destinadas a fuentes para producir agua potable se exponen en el siguiente cuadro extraído de (1).

<u>Constituyente o Característica</u>	<u>Criterio Permisible</u>	<u>Criterio Deseable</u>
Color (unidades)	75	< 10
Plomo, Arsénico (ppm)	0.05	Ausente
Bario, Boro, Cobre (ppm)	1.0	"
Manganeso (filtrante), Plata, Cromo (hexav.) (ppm)	0.05	"
Zinc, Ion Uranillo (ppm) (Zn, UO_2)	5.0	"
Cadmio, Selenio (ppm)	0.01	"
Nitratos más Nitritos (N ppm)	10.0	Virt. ausente
Cloruros (ppm) (Cl)	250	< 25
Sulfatos (ppm)	250	< 50

<u>Constituyente o Característica</u>	<u>Criterio Permisible</u>	<u>Criterio Deseable</u>
Hierro (ppm)	0.3	Virt.ausente
Extracto carbón cloroformo(ECC)	0.15	< 0.04
Cianuro	0.20	Ausente
Sustancias activas al azul metileno	0.5	Virt.ausente
Aceite y Grasas	Virt.ausente.	Ausente
Fenoles	0.001	"
Radio actividad beta x uc/l	1000	< 100
" Radio 226	3	< 1
" Estroncio 90	10	< 2

Respecto a pesticidas y herbicidas se recomienda :

<u>Pesticidas</u>	<u>Criterio Permisible</u>	<u>Criterio deseable.</u>
Aldrin	mg/1t 0.017	ausentes
Clordano	" 0.003	"
DDT	" 0.042	"
Dieltrin	" 0.017	"
Endrin	" 0.001	"
Heptaclor	" 0.018	"
Epoxido de heptaclor	" 0.018	"
Lindano	" 0.056	"
Metoxiclor	" 0.035	"
Fosfatos orgánicos más carbamatos	" 0.1	"
Toxafeno	" 0.005	"

Herbicidas.

2, 4-D + 2,4,5-T más 2, 4, 5TPmg/1t 0.1

El criterio deseable es que estén ausentes.

El valor para los pesticidas fosforados y carbamatos (con propiedades de inhibición de la colinesterasa) se establece con relación a paratión y se entiende como 0.1 paratión equivalente. Esto quiere decir que un dado, pesticida en este grupo, en su acción inhibitoria, debe relacionarse con el paratión como unidad. Para estas relaciones o razones debe consultarse a un toxicólogo.

4.b. Abastecimientos industriales.

Lo que interesa conocer son los requerimientos de calidad de aguas de cada proceso en

cada grupo industrial en el punto de uso, para apreciar si el agua usada como fuente se puede someter a tratamientos factibles.

En cada caso se expone un cuadro con los valores de parámetros significantes.(1)

4.b-1 Generación de Vapor y Aguas de Enfriamiento (Valores que no deben excederse)

Parámetros	Alimentación de Calderas				Aguas de Enfriamiento			
	Calidad de aguas antes del tratamiento interno							
	Presión baja 0-10 Kg/cm ²	Industrias		Emp. Elect. Presión 100 a 350 Kg/cm ²	Pasaje Unico		Agua de reposición para recirculación	
		Presión Intermedia	Presión alta		Dulce	Salobre	Dulce	Salobre
		10-50 Kg/cm ²	50-100 Kg/cm ²					
Sílice (SiO ₂)	30	10	0.7	0.01	50	25	50	25
Aluminio (Al)	5	0.1	0.01	0.01	(2)	(2)	0.1	0.1
Hierro (Fe)	1	0.3	0.05	0.01	(2)	(2)	0.5	0.5
Manganeso (Mn)	0.3	0.1	0.01	(4)	(2)	(2)	0.5	0.02
Calcio (Ca)	(2)	(3)	(3)	(4)	200	420	50	420
Magnesio (Mg)	(2)	(3)	(3)	(4)	(2)	(2)	(2)	(2)
Amonio (NH ₄)	0.1	0.1	0.1	0.7	(2)	(2)	(2)	(2)
Bicarbonatos (HCO ₃)	170	120	48	(4)	600	140	24	140
Sulfatos (SO ₄)	(2)	(2)	(2)	(4)	680	2,700	200	2,700
Cloruros (Cl)	(2)	(2)	(2)	(4)	600	19,000	500	19,000
Sólidos Disueltos	700	500	200	0.5	1,000	35,000	500	35,000
Cobre (Cu)	0.5	0.05	0.05	0.01	(2)	(2)	(2)	(2)
Zinc (Zn)	(2)	(3)	(3)	(4)	(2)	(2)	(2)	(2)
Dureza (CaCO ₃)	20	(2)	(3)	(3)	850	6,250	130	6,250
Acidez Mineral libre (CaCO ₃)	(2)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
Alcalinidad (CaCO ₃)	140	100	40	(3)	500	115	20	115
pH, unidades	8.0-10.0	8.2-10.0	8.2-9.0	8.8-9.2	5.0-8.3	6.0-8.3	(2)	(2)
Color, unidades	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Orgánicos								
Sustancias activas al azul de metileno	1	1	0.5	(3)	(2)	(2)	1	1
Extracto tetracloruro de carbono	1	1	0.5	(3)	(5)	(5)	1	2
Demanda química de oxígeno (O ₂)	5	5	0.5	(3)	75	75	75	75
Oxígeno disuelto (O ₂)	2.5	0.007	0.007	0.007	(2)	(2)	(2)	(2)
Temperatura, F	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Sólidos suspendidos	10	5	(3)	(3)	5,000	2,500	100	100

- 1 - Agua salobre: por convención la que tiene más de 1000 ppm de sólidos disueltos.
- 2 - Estas concentraciones nunca han sido problema.
- 3 - Cero, o no detectable
- 4 - Controlado por tratamiento de otros constituyentes
- 5 - Ningún aceite flotante.

(1) Principalmente extraídos de la publicación (1)

4.b-2 Textiles (Valores que no deben excederse)

<u>Parámetro</u>	<u>Suspensión de Apresto</u>	<u>Desengra- sado</u>	<u>Blanqueo</u>	<u>Teñido</u>
Hierro	0.3	0.1	0.1	0.1
Manganeso	0.05	0.01	0.01	0.01
Cobre	0.05	0.01	0.01	0.01
Sól. Disueltos	100	100	100	100
Sól. Suspendidos	5	5	5	5
Dureza	25	25	25	25
pH: Algodón	6.5-10	9.0-10.5	2.5-10.5	7.5-10.0
Sintéticos	6.5-10	3.0-10.5		6.5-10.0
Lana	6.5-10	3.0-5.0	2.5-5.0	3.5-6.0
Color	5	5	5	5

4.b-3 Papel y pulpa de papel (Valores que no deben excederse)

<u>Parámetro</u>	<u>Pulpa Mecánica</u>	<u>Pulpa Química y Papel</u>	
		<u>No blanqueada</u>	<u>Blanqueada</u>
Sílice (SiO ₂)	-	50	50
Hierro (Fe)	0.3	1.0	0.1
Manganeso (Mn)	0.1	0.5	0.05
Calcio (Ca)	-	20	20
Magnésio (Mg)	-	12	12
Cloruros (Cl)	1000	200	200
Sol. suspendidos	-	10	10
Dureza	-	100	100
pH	6-10	6-10	6-10
Color	30	30	10
Temperatura	-	-	35°C

4.b-4 Productos químicos (Valores que no deben ser excedidos)

	<u>Alcalis y</u> <u>Cloro</u>	<u>Prod. quím.</u> <u>orgánicos</u>	<u>Coma</u> <u>Sintét.</u>	<u>Prod. quím.</u> <u>de la</u> <u>madera</u>
Sílice (SiO_2)	-	-	-	50
Hierro (Fe)	0.1	0.1	0.1	0.3
Manganeso (Mn)	0.1	0.1	0.1	0.2
Calcio (Ca)	-	68	80	100
Magnesio (Mg)	-	19	36	50
Bicarbonato (HCO_3)	-	128	-	250
Sulfato (SO_4)	-	-	-	100
Cloruro (Cl)	-	-	-	500
Nitrato (NO_3)	-	-	-	5
Sólidos Totales	-	-	-	1000
Dureza (CaCO_3)	-	250	350	900
pH	-	6.5-8.7	6.2-8.3	6.5-8.0
Color	-	-	20	20
Sólidos suspendidos	-	-	5	30
Olor	-	-	-	-
DBO 5 días (O_2)	-	-	-	-
DQO (O_2)	-	-	-	-
Oxígeno dis. (O_2)	-	-	-	-
Alcalinidad (CaCO_3)	-	125	150	200

4.b-5 Refinerías de petróleo (Valores no deben ser excedidos)

<u>Parámetro</u>	<u>Concentración</u>	<u>Parámetro</u>	<u>Concentración</u>
Sílice (SiO_2)	Cualquiera	Dureza (CaCO_3)	350
Hierro (Fe)	1	Dureza no car-	
Calcio (Ca)	75	bonatada (CaCO_3)	70
Magnesio (Mg)	30	pH	6.0-9.0
Cloruros (Cl)	300	Nitratos, Sodio	
Sólidos Dis.	1000	Potasio, Bicarbonatos	
Sólidos Susp.	10	Sulfatos y Color	Cualquiera

4.b-6 Industrias del hierro y acero (Valores no deben ser excedidos)

Parámetro	Templado, Laminado Caliente, limpiado a gas	Laminado en frío	Aguas de enjuague	
			Ablandada	Demineralizada
Sólidos Sedimentables mg/l _t	100	y	y	y
Sólidos Suspendidos mg/l _t	x	10	y	y
Sólidos Disueltos mg/l _t	x	x	x	y
Alcalinidad (CaCO ₃)	-	-	-	y
Dureza (CaCO ₃)	-	-	100	y
pH	5-9	5-9	6-9	W
Cloruros (Cl)	x	x	x	y
Oxígeno disuelto (O ₂)	Z	Z	Z	Z
Temperatura °C	36	36	36	36
Aceites	x	y	y	y
Material flotante	x	y	y	y

x - Sin problemas a cualquier concentración

y - No detectable

Z - Mínimo para mantener condiciones aeróbicas

W - No conocido

4.b-7 Alimenticios enlatados - Frutas y verduras secas o congeladas (Valores no debe ser excedidos)

Parámetro	Concentración	Parámetro	Concentración
Alcalinidad (CaCO ₃)	250	Hierro (Fe)	0.2
Acidez *H ₂ SO ₄)	0	Manganeso (Mn)	0.2
pH	6.5-8.5	Fluoruros (F)	1
Dureza (CaCO ₃)	250	Sílice (SiO ₂)	50
Calcio (Ca)	100	Fenoles	(No detectable)
Sulfatos (SO ₄)	250	Nitratos	10 (Ver agua potable)
Cloruros (Cl)	250	Nitritos	(No detectable)
Sólidos disueltos	500	Tetracloruro	
" suspendidos	10	carbónico	0.2
Color	5		

La cloración se practica excepto para jarabes. Debe tenerse extremo cuidado con los fenoles.

Las aguas usadas en enfriamiento de latas esterilizadas por calor deben tener baja cuenta total bacteriana; igualmente aquellas que entran en contacto con alimentos congelados. La cuenta de coliformes debe ser sujeta a las normas de agua potable en toda agua de proceso para estas industrias.

4.b-8 Bebidas carbonatadas y dulces (Valores no deben ser excedidos)

<u>Parámetro</u>	<u>Concentración</u>	<u>Parámetro</u>	<u>Concentración</u>
Alcalinidad (CaCO_3)	85	Fluoruros (F)	x
Cloruros (Cl)	500	Coliformes/100 ml	x
Sulfatos (SO_4)	500	Color	10
Hierro (Fe)	0.3	Gusto y olor	y
Manganeso (Mn)	0.05	Orgánicos (ECC)	0.2 (y)

x - De acuerdo a normas de agua potable

y - Generalmente la industria trata las aguas de abastecimiento público con coagulación, cloración, filtración y carbón activado. Por tanto, no debería haber gusto ni olor en el agua en el punto de uso.

4.b-9 Curtiembres (Valores no deben ser excedidos)

<u>Parámetro</u>	<u>Proceso de curtido</u>	<u>Procesos de terminación</u>	<u>Tinturas</u>
Alcalinidad (CaCO_3)	x	x	x
pH (unidades)	6.0-8.0	6.0-8.0	6.0-8.0
Dureza (CaCO_3)	150	y	Z.W.
Calcio (Ca)	60	y	Z.W.
Cloruros (Cl)	250	250	V ₂
Sulfatos (SO_4)	250	250	V ₂
Hierro (Fe)	50	0.3	0.1
Manganeso (Mn)	V ₂	0.2	0.01
Orgánicos: (E.C.C.)	V ₂	0.2	Z
Color (unidades)	5	5	5
Turbiedad	Z	Z	Z
Coliformes	V ₁	V ₁	V ₂

x - Nunca ha sido problema

y - Agua ablandada

z - No detectable.

W - Agua demineralizada o destilada

V₁ - Valores de normas de agua potable

V₂ - Concentración no conocida

//..