

BIBLIOTECA
de la
DIRECCION GENERAL AGUAS

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA

CURSO DE ENTRENAMIENTO PARA HIDROMENSORES

CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS

Raúl Merino Besoain
Ing. Jefe Secc. Calidad de Aguas
Rosa Sandoval Lena
Jefe Laboratorio Hidrológico

SANTIAGO, Julio de 1982

ENTRENAMIENTO PARA LA VIGILANCIA DE LA
CALIDAD DEL AGUA

1.- INTRODUCCION

La Dirección General de Aguas es el organismo que, dentro de la administración central del Estado y bajo la dependencia del Ministerio de Obras Públicas, ejerce las funciones de estudio, investigación, planificación, asignación y ejercicio de los controles administrativos y legales relativos al recurso agua y sus usos.

Dentro de este marco, la calidad del agua, junto con la evaluación de todos los otros parámetros que involucran al ciclo hidrológico, alcanza mayor relevancia por la importancia que tiene en sus distintos usos, siendo los más importantes: agua para consumo humano, agua para bebida de animales, riego, recreación, estética y vida acuática. La hidroelectricidad no se incluye porque es uno de los usos que no degrada la calidad.

La relación entre los usos se puede apreciar al observar la fig. 1; "Desarrollo de una Cuenca de Uso Múltiple".

2.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS AGUAS CONTINENTALES EN SUS FUENTES
NATURALES.

Las aguas superficiales de Chile se caracterizan por el aumento de su salinidad desde las fuentes ubicadas en la Región Sur a las que están en el Norte del país. La variación del contenido salino, medido como sólidos totales disueltos (STD), ocurre de cordillera a mar. Como ejemplo, se incluyen cualigramas de STD y SO₄ del Río Maipo (fig. N° 2). Este fenómeno también se manifiesta en el agua subterránea, cuya calidad es muy dependiente de la que tiene el agua que recarga el acuífero. Esta dependencia se hace evidente en el agua subterránea de Santiago, cuya dureza es menor si la recarga la hace el Río Mapocho o es mayor si ella es del Río Maipo, lo que se indica en la fig. N° 3: Dureza en las Aguas Subterráneas, Región Metropolitana.

La calidad del agua de embalses, lagos y lagunas, obviamente que está determinada por las fuentes de alimentación que pueden ser ríos, esteros, aguas lluvias con arrastre de sólidos y disolución de sales de los terrenos lavados por ellas. En estos depósitos de agua se presentan dos fenómenos que pueden alterar la calidad del agua y así, limitar su uso. Uno, es la llamada eutroficación que es una exagerada proliferación de algas que terminan por descomponerse. Su origen puede estar en la entrada de nutrientes, fósforo, nitrógeno, contenidos en las aguas servidas de las poblaciones ribereñas o provenientes de abonos aplicados a terrenos agrícolas. El otro fenómeno, incontrolable, es la estratificación térmica debida a cambios estacionales de temperatura, a diversas profundidades.

DESARROLLO DE UNA CUENCA DE USO MULTIPLE

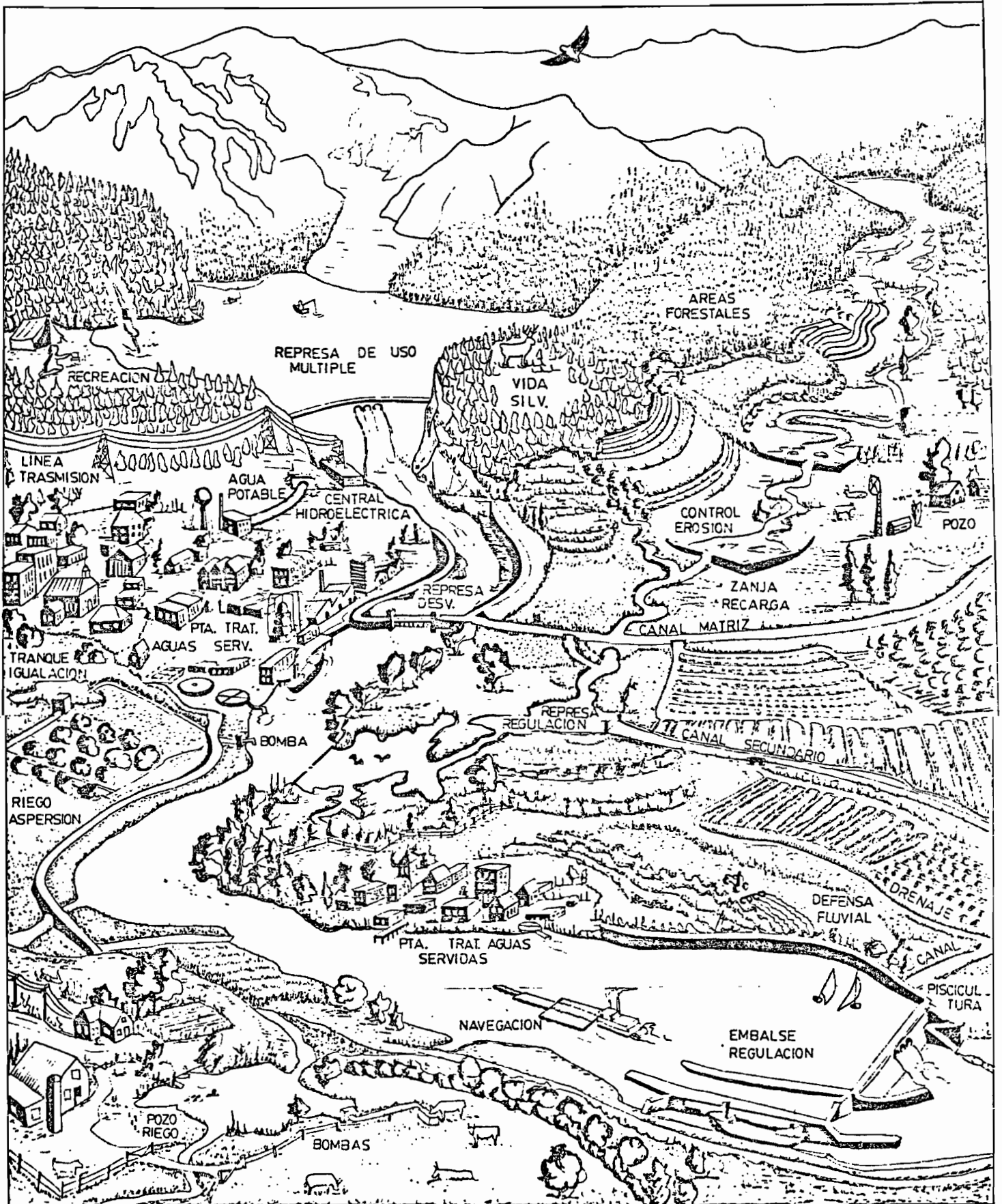


FIGURA N° 1

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
 DEPTO. DE HIDROLOGIA
 LABORATORIO HIDROLOGICO
 SECCION CALIDAD DE AGUAS

RIO MAIPO
 EN 191 Km
 Quiograma de Solidos Totales Disueltos (mg/l)
 Valores medios anuales en cinco estaciones

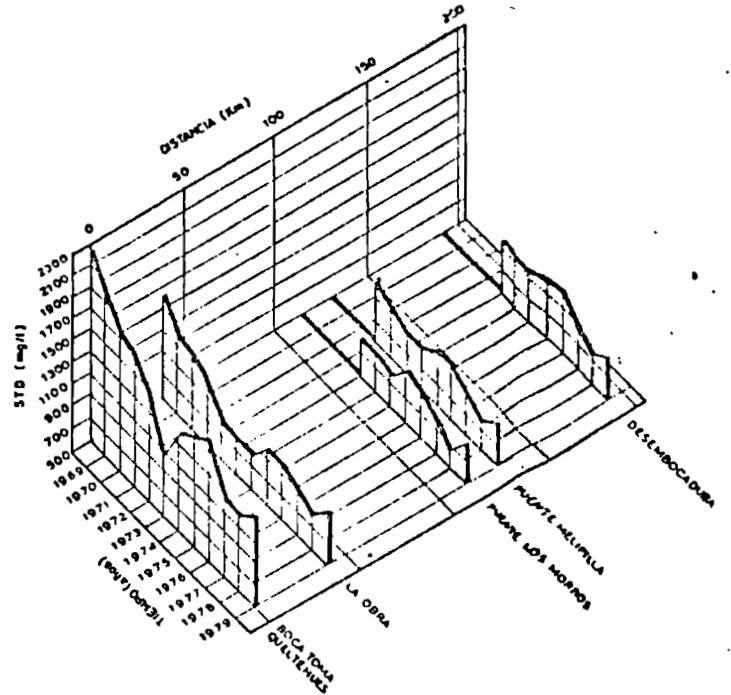
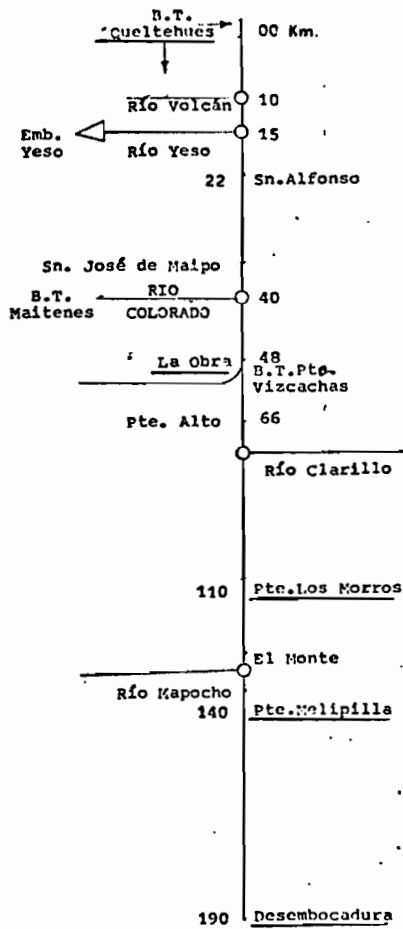


FIG Nº 2 ESQUEMA HOYA RIO MAIPO



RIO MAIPO
 EN 191 Km.
 Quiograma de Sulfatos (mg/l)
 Valores medios anuales en cinco estaciones

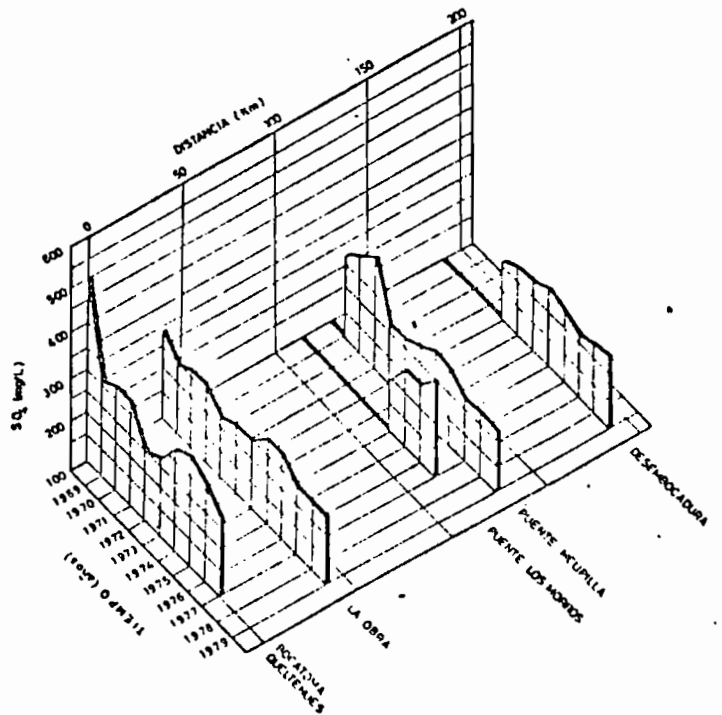
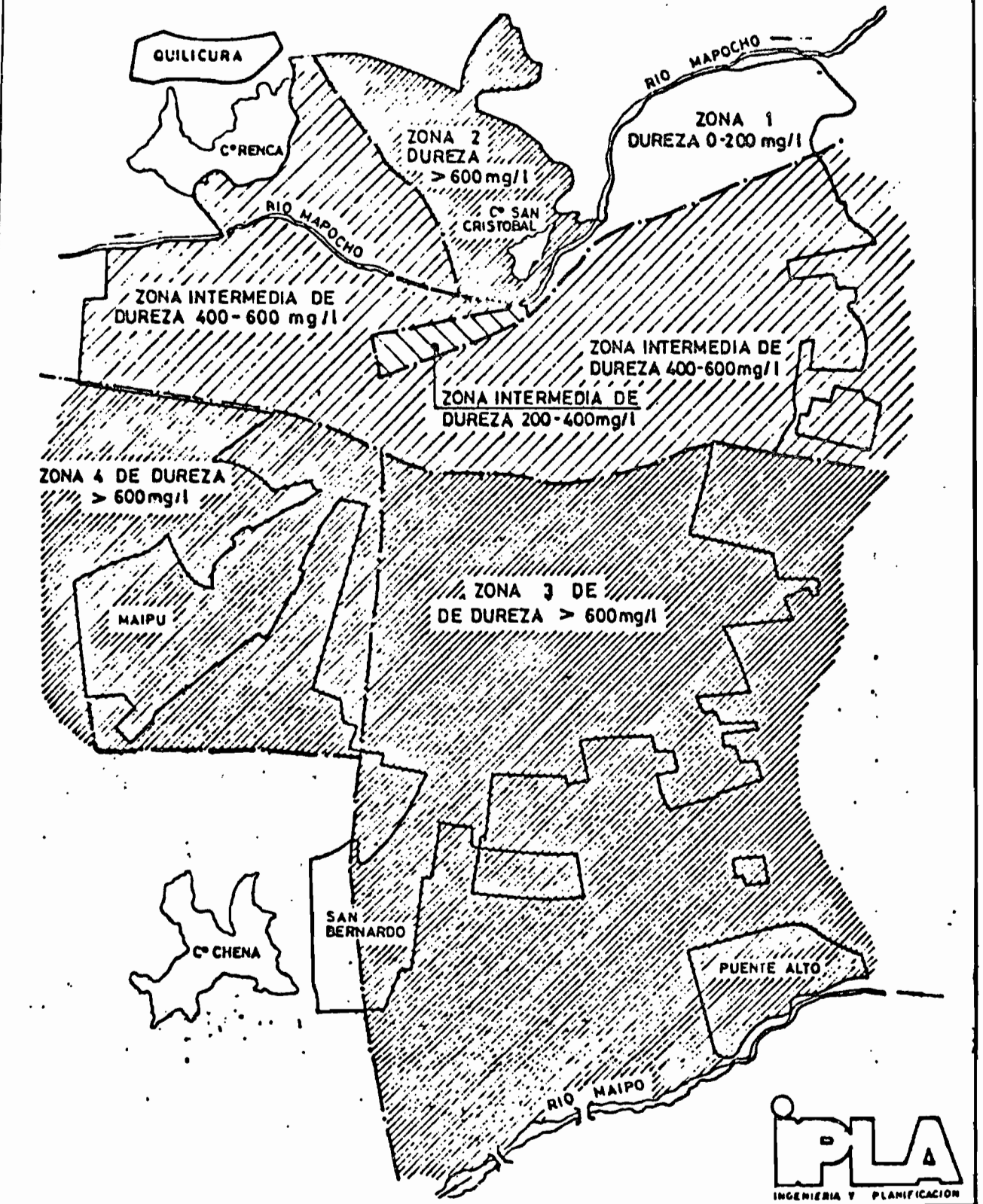


FIGURA Nº 2

FIGURA 3

DUREZA EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS
mg/l CaCO_3



3.- REQUISITOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

La Dirección General de Aguas siempre le ha conferido al agua de riego una significativa importancia, por cuya razón se ha incluido en estos apuntes algunos aspectos relacionados con su calidad.

No es posible fijar incondicionales requisitos de calidad de aguas destinadas al riego, debido a que existen otros diversos factores que inciden en los rendimientos agrícolas, tales como porosidad y características químicas del suelo, condiciones climáticas, proporción entre el agua de lluvia respecto al agua de riego, drenaje natural y artificial, tolerancia de las diferentes plantas a algunos componentes del agua.

Una de las más importantes consideraciones que se deben hacer, respecto al agua de riego, es el efecto de la salinidad. El aumento de la concentración de sales en la zona en que se encuentran las raíces, tiene un efecto adverso en el desarrollo de las plantas. La salinidad puede evaluarse por medio de la medición de la conductancia específica (C.E.), (véase punto 6.1).

Las altas concentraciones de sodio en el agua de riego, afectan la estructura del suelo y las tasas de infiltración y permeabilidad.

Es conveniente mantener una adecuada estructura del suelo y permeabilidad para obtener un buen drenaje. Se presentan condiciones desfavorables al movimiento del agua y al desarrollo de las plantas cuando los suelos tienen alto porcentaje de sodio.

Este porcentaje de sodio se refiere a la proporción que existe entre él y los elementos Ca y Mg., todos presentes en sales disueltas en una determinada agua de riego. Esa proporción está definida por una expresión denominada SAR (Sodium adsorción rate) o sea, tasa de adsorción del sodio y que, relacionada con la conductancia específica del agua en estudio, ha dado origen a un diagrama, que se incluye como anexo, en el que es posible diferenciar aguas de calidad que presentan bajo peligro de salinización de los suelos regados, clases C1-S1; C1-S2; C1-S3; C1-S4 y, aguas de muy alto peligro de salinización: C4-S1; C4-S2; C4-S3; C4-S4,. Entre estos extremos existen clases intermedias.

Dada la naturaleza de este curso, no se profundiza más sobre esta materia, pudiendo señalarse que sólo se pretende informar que existe este sistema para calificar el agua, en que se realza la necesidad de conocer el contenido salino (C S) y la proporción de NA, respecto a Ca y Mg, asunto que requiere los correspondientes análisis físicos y químicos y, la debida interpretación de los datos, con asistencia técnica especializada.

4.- PROTECCION DE LA CALIDAD DEL AGUA

Esta protección se refiere a la prevención del daño que pudiera experimentar la calidad del agua, por el uso que hace el hombre de ella, o a causas naturales, respecto a:

<u>Universo</u>	Aguas Superficiales	Ríos Embalses Lagos
	Aguas Subterráneas	Recarga Artificial Intrusión Salina Aguas Termales
	Agua de Mar	Playas Estuarios Pesquerías
Estudios ya realizados en el país aconsejan prestar atención a:		
Fuentes de Contaminación	Residuos Industriales líquidos	Celulosa y Papel Azúcar de Remolacha Petróleo Conservas Siderurgia
	Relaves (beneficio de minerales de Cu)	
	Aguas Servidas	
	Deshielos y Lluvias	
	Características geoquímicas del acuífero	As Fe Cu B

En Chile se dispone de antecedentes que permiten apreciar cuantitativamente la tendencia de la contaminación en algunas masas o cursos de agua, especialmente cuando ella se debe a descargas de aguas servidas y a la disposición de los relaves de los más grandes y medianos establecimientos de beneficio de minerales de cobre.

La rotura de canaletas que transportan los relaves desde la Planta de Lixiviación o de Concentración, hacia el tranque, o la perforación de los ductos que a veces están ubicados bajo el mismo tranque, pueden ocasionar descargas de relaves y de reactivos químicos a ríos o esteros que resultan inutilizados para el riego.

5.- VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA

La caracterización de la calidad de las aguas, incluyendo la concentración de sus componentes se realiza por medio de determinaciones analíticas. Los datos obtenidos deben ser confiables y de utilidad y, con la mayor economía de los recursos empleados. En la primera etapa de planificación del sistema de vigilancia de calidad de las aguas, se debe individualizar los datos que sean necesarios

de obtener y su probable utilización. Las estaciones de muestreo se deben elegir con el criterio de alcanzar la información esencial que permita:

- a) Determinar el efecto de las actividades del hombre sobre la calidad del agua y su aptitud para los usos requeridos, según las normas vigentes (Norma Inditecnor N° 1333 NCH, incluida en anexos).
- b) Determinar la calidad del agua en su estado natural a fin de prever su posible aprovechamiento.
- c) Evaluar cuantitativamente los cambios en la calidad del agua a través del tiempo.

El primer objetivo se alcanza con el establecimiento de estaciones de impacto, el segundo con estaciones de base y, el tercero, con estaciones de impacto o de base dependiendo de si la sustancia peligrosa es de origen natural o artificial.

Las estaciones de base o de línea son aquellas que están ubicadas donde la calidad del agua aún no está siendo alterada por la presencia del hombre. En cambio, las estaciones de impacto están ubicadas donde la calidad del agua, ya está alterada por esa misma causa.

5.1 Elección de las Estaciones de Muestreo

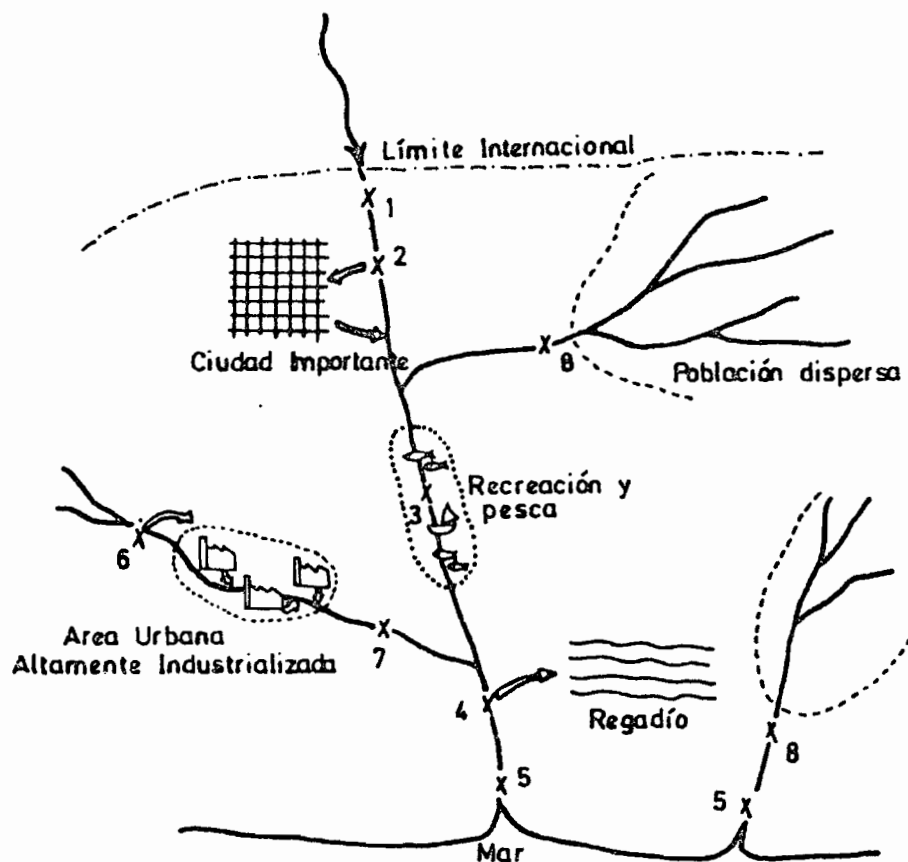
La elección de las estaciones de muestreo conviene que esté incluida en la planificación general de los estudios de los recursos hídricos. La calidad del agua, junto a los caudales y demás variables del ciclo hidrológico, deben ser considerados en forma global.

Los puntos de captación, los distintos usos del agua, las fuentes de contaminación, incluyendo su riesgo accidental por uso y manejo de productos químicos usados en la agricultura y en la minería, son factores decisivos en la elección de las estaciones de muestreo.

En las figuras 4, 5 y 6 adjuntas, se dan ejemplos de ubicación de estaciones de muestreo, con sus correspondientes fundamentos.

5.2 Elección de Parámetros a Analizar

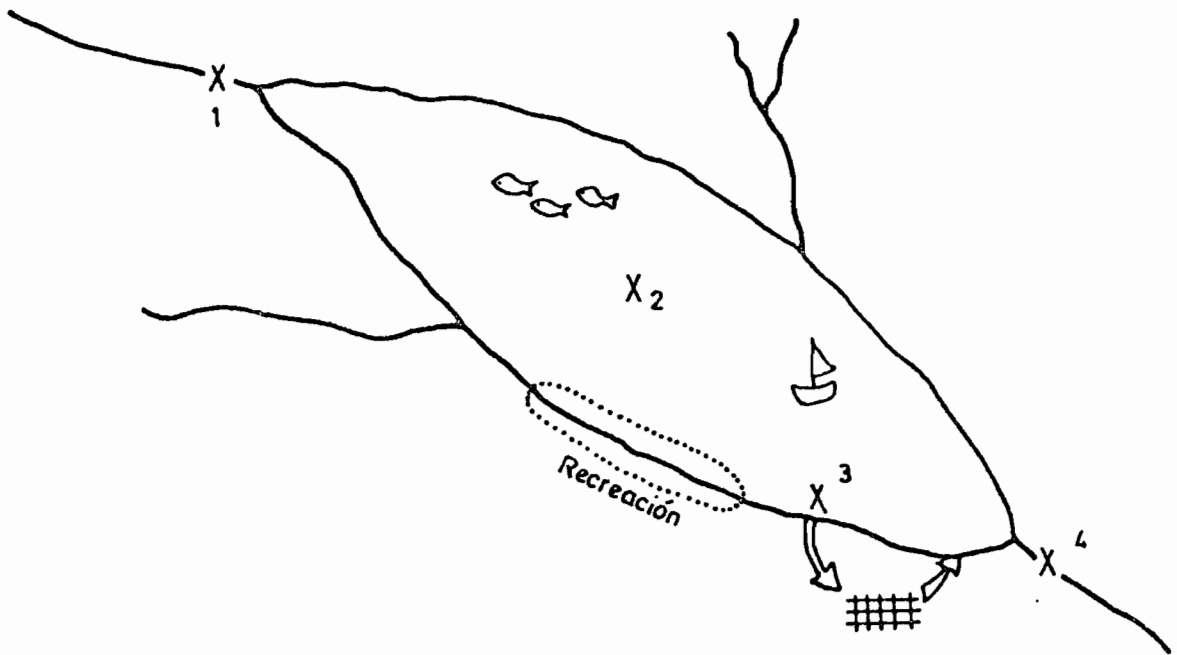
Para caracterizar el agua y establecer su aptitud para los usos convenidos resultaría difícil analizar todos sus componentes. De ahí, que sólo se determinen rutinariamente aquellos más relevantes y que están prefijados en programas de laboratorio. Los componentes químicos que se determinan comúnmente son los macrocomponentes, llamados así por su mayor abundancia. Ellos son Na, K, Ca, Mg, Cl, SO₄, (HCO₃ + CO₃). Los microcomponentes, As, B, Cu, Fe, Mn, Se₄, son analizados en determinadas aguas que pueden, por su presencia, quedar limitadas en algunos usos: riego y abastecimiento de agua potable, especialmente. En el punto 7: Normas de calidad de Agua, se amplía esta información.



RIOS . SELECCION DE ESTACIONES DE MUESTREO

Figura Nº 4

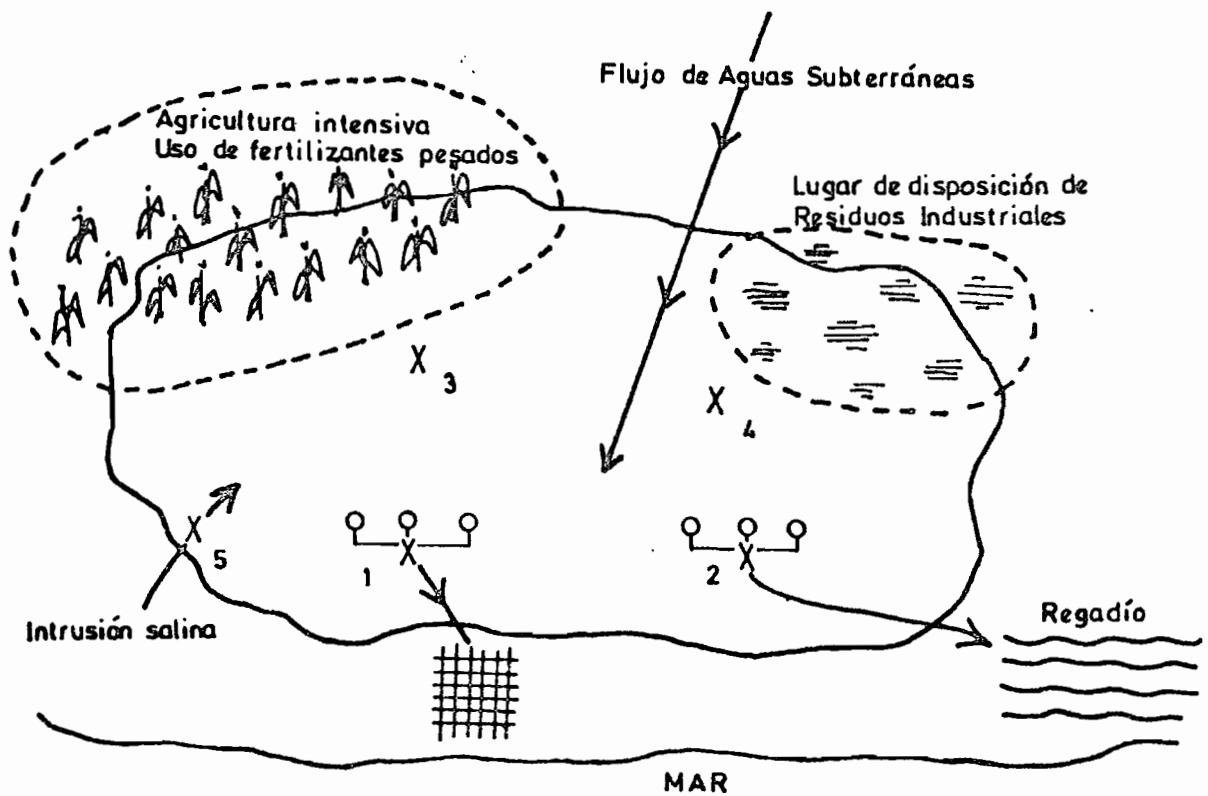
<u>Estación</u>	<u>Ubicación de las Estaciones</u>
1	Inmediatamente aguas abajo de una frontera internacional.
2	Abastecimiento de agua para gran ciudad.
3	Zona importante de pesca, recreación y entretenimiento.
4	Toma para zona agrícola, riego de gran importancia.
5	Límite de marea de agua dulce de río importante.
6	Toma para abastecimiento industrial importante.
7	Aguas abajo de descarga de afluente industrial y tributario importante.
8	Estación de línea base, agua en estado natural.



LAGOS. SELECCION DE ESTACIONES DE MUESTREO

Figura Nº 5

Estación	<u>Ubicación de las Estaciones</u>
1	Principal tributario alimentador.
2	Calidad general del agua del lago.
3	Abastecimiento de agua para ciudad importante.
4	Agua que sale del lago.



AGUAS SUBTERRANEAS . SELECCION DE ESTACIONES DE MUESTREO
 Figura N° 6

Estación	<u>Ubicación de la estación</u>
1	Abastecimiento de agua a una gran ciudad amenazado por residuos de fertilizantes e intrusión salina.
2	Agua para riego en gran escala amenazada por lixiviado de RIL.
3,4,5,	Pozos de observación de impacto al futuro.

5.3 Muestreo de las Aguas en sus Fuentes Naturales

El muestreo es la etapa preliminar a todo análisis de agua y debe hacerse con el mayor cuidado. Un muestreo mal hecho invalida el más preciso y exacto trabajo analítico. La representatividad de la muestra, respecto al cuerpo de agua en estudio, es de la mayor importancia.

Algunas de las características imperantes en el ecosistema al que pertenece el cuerpo de agua en estudio, deben ser anotadas en una bitácora: condiciones meteorológicas, ojalá tomando los datos de la propia estación, si existiese; ubicación exacta del lugar de muestreo, el día y hora.

5.3.1 Envases

Los envases de plástico de 1/2 l. de capacidad son útiles para trabajos de rutina. Deben estar debidamente identificados y lavados, en lo posible con detergente, salvo si es ésta la sustancia que se va a determinar, que sería un caso muy particular. La cantidad de envases la fija el laboratorio o el profesional que ha planificado el estudio. El laboratorio Central proporciona cajas de madera que contienen 20 envases plásticos de $\frac{1}{2}$ litro, enumerado, cuyo uso facilita el transporte de las muestras, que se debe hacer tan pronto sea posible, sin esperar que todos estén llenos, ojalá haciéndolo coincidir con el término de una corrida de aforos o, de mediciones de niveles de pozos. Los envases deben ser usados manteniendo la correlación de su numeración.

5.3.2 Muestreo de Aguas Superficiales

En masas o cursos de agua, las muestras se deben recoger en puntos alejados de la orilla, en sistemas homogéneos, lo que se puede estimar por apreciación visual: color, turbiedad y estado de circulación o de reposo de los cuerpos de agua. Si es posible, tomar las muestras desde un puente o desde el carro de aforo. El envase se maneja introduciéndolo en un canastillo metálico que facilita su inmersión en el agua, suspendido de una cuerda.

Para estudios especiales, los volúmenes de agua se toman a intervalos regulares y en proporción al caudal del curso a fin de formar "muestras compuestas" que son más representativas que las muestras ocasionales.

Cuando la muestra está destinada a un análisis físico y químico, el envase debe ser ambientado (enjuagado) con el agua, antes de obtener la propia muestra. Esto no se hace cuando se trata de muestras para sedimentos. En este caso, la muestra, cuyo volumen debe estar comprendido entre 250 y 450 ml., se debe recoger de una sola vez. Si ello no se consigue, se repite el muestreo. Cuando el muestreo se hace directamente con la mano, se sumerge el envase con su boca dirigida contra la corriente. Las muestras deben ser remitidas al Laboratorio Central, tal como fueron obtenidas, o bien ser filtradas en la Oficina Regional y enviar el filtro que ha retenido los SS, en un sobre, debidamente identificado, al mismo laboratorio.

5.3.3 Muestreo de Aguas Subterráneas

Para tomar muestras de agua subterránea, en pozos que están en explotación, basta tomar una porción de 1/2 litro, desde la descarga de la bomba. Si la bomba estuvo detenida hacerla funcionar por unos 15 minutos o hasta que la conductancia específica quede constante, lo que se prueba con medidas consecutivas.

5.4 Preservación de las Muestras

Otro aspecto importante es la preservación de muestras hasta el momento de su análisis en el laboratorio, para retardar los cambios químicos y biológicos que inevitablemente continúan después de la toma de la muestra.

La preservación de la muestra es difícil porque casi todos los agentes preservantes interfieren con algunos de los ensayos. El ideal es el análisis inmediato. El almacenar a baja temperatura (4° C) es tal vez el mejor método de preservar las muestras hasta el día siguiente. Los métodos de preservación son relativamente limitados y se usan generalmente para retardar la acción biológica, hidrólisis de compuestos químicos y reducir volatibilidad.

Los métodos de preservación se limitan a control de pH, adición de compuestos químicos, refrigeración y congelamiento.

TABLA N° 2. AGENTES PRESERVANTES USADOS EN MUESTREO DE AGUAS

Preservante	Acción	Aplicable a
Acido (HNO3)	Solución de metales, <u>pre</u> viene precipitación.	Metales (Fe, Cu)
Acido (H2 SO4)	Inhibidor bacteriano.	Muestras orgánicas (COT, DQO, grasas y aceites, N-NH3, N-NO3. N-Orgánico).
Alcali (NaOH)	Formación de sales con compuestos volátiles.	Cianuro
Refrigeración	Inhibidor bacteriano.	Acidez, Alcalinidad, color, olor, microorganismos, DBO, Conductividad.
Congelamiento a -20° C	Inhibidor bacteriano y de reacciones.	N-NO2, NO2 + NO3

Las Oficinas Regionales adicionarán los preservantes sólo en casos muy especiales, indicados por el Laboratorio Central.

5.5 ANALISIS EN TERRENO

El análisis en terreno es necesario cuando cambian, significativamente, durante el tiempo de envase o almacenamiento, las condiciones de la muestra respecto a la situación original.

Esto es, principalmente válido, para las determinaciones de cloro residual, oxígeno disuelto, pH, temperatura, conductancia específica, sabor, olor.

En la mayoría de los estudios de calidad sólo se determinan los cinco primeros parámetros.

Para uso regional, se están distribuyendo medidores de pH, conductivímetro, incluidos, termómetros.

6. INSTRUMENTOS PARA HACER ANALISIS EN TERRENO

6.1 Instrucciones para usar el conductivímetro MHO-Meter

6.1.1 Preparación del frasco-celda

Lavar el frasco-celda con solución de detergente, sacando el tapón plástico que tiene al fondo y frotar con la escobilla que está adosada a la tapa de la caja del instrumento, sólo cada vez que se encuentre sucia la celda (opaca).

6.1.2 Enjuagar con agua corriente o potable y por último, si se dispone de ella, con agua destilada.

6.1.3 Reponer el tapón plástico. Nunca tocar el interior de la celda.

6.2 Calibración del instrumento.

6.2.1 Conectar la celda al instrumento.

6.2.2 Colocar el dial superior en posición "TEST" y presionar el botón negro "ON".

6.2.3 Suavemente mover la manilla inferior, hasta que la aguja roja en la ventanilla central se ubique aproximadamente al medio, esa es la posición cero.

6.3 Obtención de la muestra (véase 4.3)

6.4 Operación.

6.4.1 Separar la celda del instrumento y enjuagar su depósito con la muestra de agua, cuidando de llenarla solo un poco más arriba de la parte cilíndrica; nunca más abajo.

6.4.2 Con el termómetro que está atornillado en la parte superior del instrumento, tomar la temperatura de la muestra y agitar suavemente en el interior de la celda. Anotar la temperatura y sacar termómetro.

6.5 Lectura de la conductancia específica.

6.5.1 Colocar el dial en posición "x 1" y la manilla inferior en posición 100. Presionar botón "ON", mover manilla en sentido contrario a los punteros del reloj hasta que la línea roja de la ventanilla quede centrada. Si no se consigue, pasar dial a posición "x 100", repitiendo la operación anterior. Podría ser necesario hacer lo mismo con el dial en posición "x 1000"

6.5.2 El valor de la conductancia específica se alcanza cuando se consigue centrar la línea roja en la ventanilla. Es el producto entre el factor del dial y la lectura en el limbo de la manilla inferior, multiplicado por el factor f, (corrección por temperatura), según se explica en seguida:

Ej.,: "x 100"; 25. El valor de la CE = $25 \times 100 = 2500$
(umhos/cm/25° C)

Nota: Si la muestra tiene otra temperatura distinta a 25° C, el valor de la C.E. debe corregirse, multiplicando: CE x f
f, se obtiene de la tabla adjunta.

Un ejemplo de aplicación de la conductancia específica se encuentra en fig. 6: Hoya del río Loa.

6.2 Medición del pH. Instrucciones de Uso del Instrumento Orión Modelo 201

6.2.1 Colocar instrumento sobre una superficie horizontal.

6.2.2 Conectar cable del electrodo en el orificio central inferior del instrumento, girándolo para sujetarlo.

6.2.3 Medir con termómetro (el del conductivímetro) la temperatura del buffer con el que se calibra el equipo.

6.2.4 Girar la perilla (Temp. °C) hasta hacer coincidir su marca con la de la temperatura del buffer.

6.2.5 Sacar funda protectora del extremo del electrodo.

6.2.6 Calibrar el instrumento introduciendo 1/3 del electrodo en el frasquito que contiene agua destilada, para lavarlo. Secarlo con papel confort o toalla nova y luego introducirlo en el frasco que contiene la solución buffer de pH = 7.00 Mover suavemente.

Tabla copiada de: MÉTODOS DE ANALISIS PARA SUELOS, PLANTAS Y AGUAS/
 Holmer D. Chapman. Parker F. Prat. Editorial Trillas. Mexico. 1976.

TABLA 1.2.
 Factores de temperatura (f_t) para corregir los datos de resistencia y conductividad de extractos
 a la temperatura estándar de 25° C.

$$CE_{25} = CE_t \times f_t; CE_{25} = (k/R_t) \times f_t; R_{25} = R_t/f_t$$

°C	°F	f_t	°C	°F	f_t	°C	°F	f_t
3.0	37.4	1.709	22.0	71.6	1.064	29.0	84.2	0.925
4.0	39.2	1.660	22.2	72.0	1.060	29.2	84.6	0.921
5.0	41.0	1.613	22.4	72.3	1.055	29.4	84.9	0.918
6.0	42.8	1.569	22.6	72.7	1.051	29.6	85.3	0.914
7.0	44.6	1.528	22.8	73.0	1.047	29.8	85.6	0.911
8.0	46.4	1.488	23.0	73.4	1.043	30.0	86.0	0.907
9.0	48.2	1.448	23.2	73.8	1.038	30.2	86.4	0.904
10.0	50.0	1.411	23.4	74.1	1.034	30.4	86.7	0.901
11.0	51.8	1.375	23.6	74.5	1.029	30.6	87.1	0.897
12.0	53.6	1.341	23.8	74.8	1.025	30.8	87.4	0.894
13.0	55.4	1.309	24.0	75.2	1.020	31.0	87.8	0.890
14.0	57.2	1.277	24.2	75.6	1.016	31.2	88.2	0.887
15.0	59.0	1.247	24.4	75.9	1.012	31.4	88.5	0.884
16.0	60.8	1.218	24.6	76.3	1.008	31.6	88.9	0.880
17.0	62.6	1.189	24.8	76.6	1.004	31.8	89.2	0.877
18.0	64.4	1.163	25.0	77.0	1.000	32.0	89.6	0.873
18.2	64.8	1.157	25.2	77.4	0.996	32.2	90.0	0.870
18.4	65.1	1.152	25.4	77.7	0.992	32.4	90.3	0.867
18.6	65.5	1.147	25.6	78.1	0.988	32.6	90.7	0.864
18.8	65.8	1.142	25.8	78.5	0.983	32.8	91.0	0.861
19.0	66.2	1.136	26.0	78.8	0.979	33.0	91.4	0.858
19.2	66.6	1.131	26.2	79.2	0.975	34.0	93.2	0.843
19.4	66.9	1.127	26.4	79.5	0.971	35.0	95.0	0.829
19.6	67.3	1.122	26.6	79.9	0.967	36.0	96.8	0.815
19.8	67.6	1.117	26.8	80.2	0.964	37.0	98.6	0.801
20.0	68.0	1.112	27.0	80.6	0.960	38.0	100.2	0.788
20.2	68.4	1.107	27.2	81.0	0.956	39.0	102.2	0.775
20.4	68.7	1.102	27.4	81.3	0.953	40.0	104.0	0.763
20.6	69.1	1.097	27.6	81.7	0.950	41.0	105.8	0.750
20.8	69.4	1.092	27.8	82.0	0.947	42.0	107.6	0.739
21.0	69.8	1.087	28.0	82.4	0.943	43.0	109.4	0.727
21.2	70.2	1.082	28.2	82.8	0.940	44.0	111.2	0.716
21.4	70.5	1.078	28.4	83.1	0.936	45.0	113.0	0.705
21.6	70.9	1.073	28.6	83.5	0.932	46.0	114.8	0.694
21.8	71.2	1.068	28.8	83.8	0.929	47.0	116.6	0.683

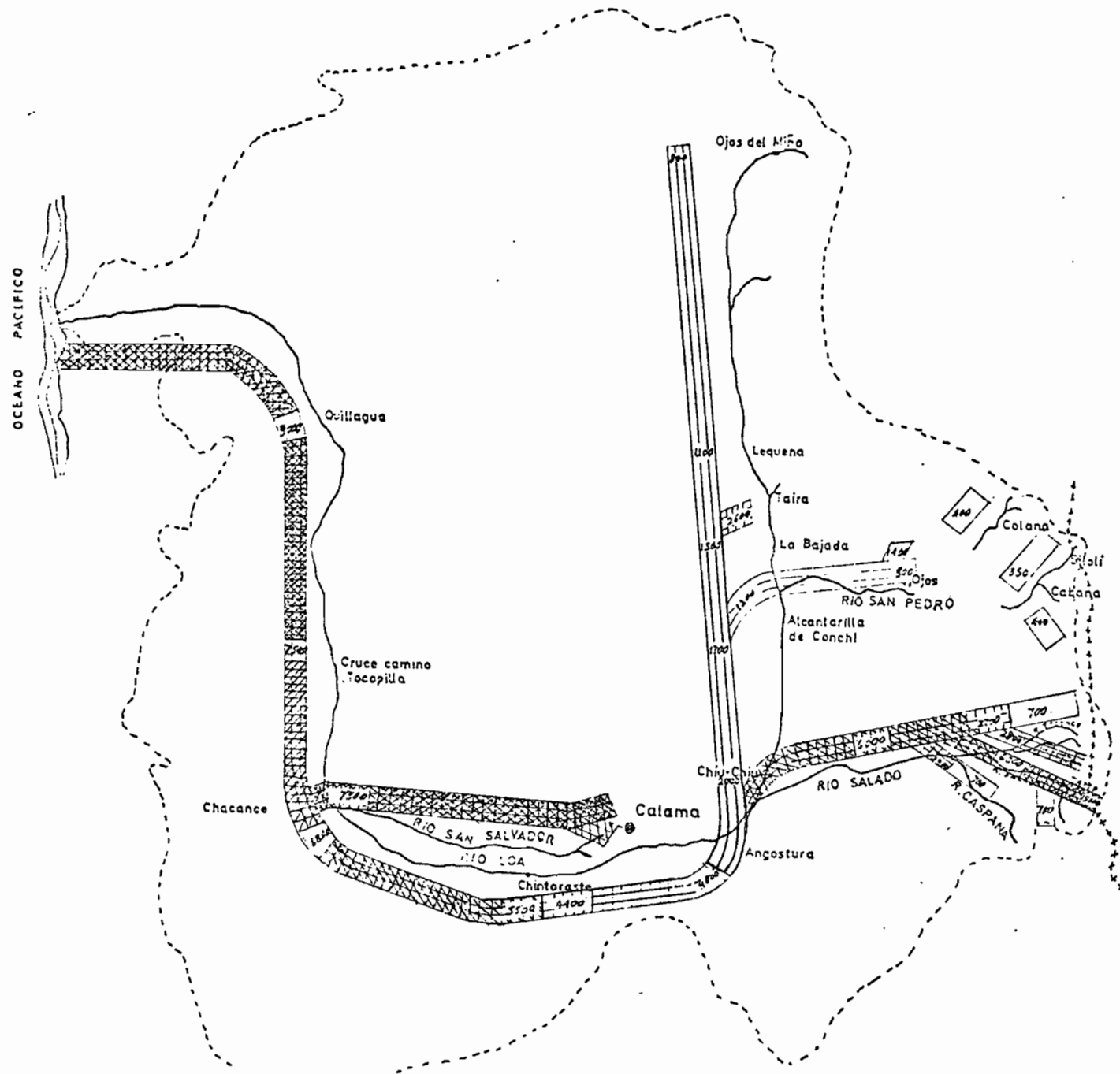


FIG. 7
 HOYA DEL RIO LOA
 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA
 MICROMHOS / CM 25°C 1968

SIGNOS CONVENCIONALES
 - - - - LIMITE DE HOYA
 * * * * LIMITE INTERNACIONAL
 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

[White box]	0 A 750
[Horizontal lines]	750 A 2.250
[Vertical lines]	2.250 A 5.000
[Cross-hatch]	5.000 A 7.500
[Dense cross-hatch]	7.500 A 10.000

LABORATORIO
 MICROLOGICO D. G. A.
 1980

- 6.2.7 Pulsar botón color naranja y mover la perilla de calibración hasta que en el tablero se pueda leer pH= 7.00
- 6.2.8 Sacar el electrodo desde el frasquito indicado en 6, lavarlo con la misma agua que se está analizando.
- 6.2.9 Una porción de esa agua se toma en un frasco pequeño, de capacidad suficiente para introducir el electrodo a su 1/3 inferior. Agitar suavemente y leer pH de la muestra en el tablero.
- 6.2.10 Guardar el instrumento en su caja.

Notas: a) Las calibraciones indicadas en 6 deben hacerse antes de cada medición en pH.

b) Si las medidas se hacen en una serie de muestras ya tomadas, úsese la barra que se atornilla al lado derecho del instrumento en posición vertical. En la pinza se adosa el electrodo. Si hay línea de corriente eléctrica (220 v. 50 c), úsese el adaptador, conservando así la vida de las baterías.

6.3 Temperatura

Aunque es obvio, por formalidad, se indica que la temperatura se mide con un termómetro, en lo posible de escala 0 a 50° C con divisiones de grado en grado. Basta con anotar valores sin decimales. Ej.: 15° C, 18° C. Es conveniente que el termómetro esté en una vaina metálica.

7. NORMAS DE CALIDAD DE AGUAS

Las normas de calidad de aguas se refieren a reglas ampliamente aplicables que solo pueden ser modificadas en la medida que se encuentren fundamentos científicos para ello. Establecen límites máximos y mínimo, permisibles o aceptables de algunas características físicas, químicas y biológicas del agua, a fin de que ellas sean compatibles con los usos que se le desee dar.

En Chile, están vigentes tres normas relativas a esta materia. Todas ellas, preparadas por el Instituto Nacional de Normalización con la participación de expertos de diversos servicios públicos, incluyendo las Universidades.

i.- Norma NCH 409 of. 70 Agua Potable. Requisitos

Esta norma establece los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos que debe cumplir el agua potable.

ii) Norma NCH 777 of. 70. Agua potable fuentes de abastecimientos y obras de captación terminológica. Calsificación y requisitos generales.

Esta norma establece una clasificación para las fuentes de abastecimiento de agua según su origen y tipo de obra, la terminología generalmente usada en el ramo y los requisitos generales que deben cumplir las obras de captación de agua en estas fuentes.

iii.- Norma NCH 1333. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos.

Esta norma establece los requisitos de calidad del agua de acuerdo a sus usos:

- a) Agua para consumo humano, cita a la norma NCH 409, of. 70. Agua Potable (punto i)
- b) Agua para bebida de animales.
- c) Riego
- d) Recreación y estética.
- e) Vida acuática.

Dado que esta norma tiene el mayor alcance y que se identifica con algunas funciones que le son muy propias a la Dirección General de Aguas, en su carácter de organismo planificador, se entrega el texto completo de ella (anexo).

B I B L I O G R A F I A

DGA/IPLA (1976) Calidad de las Aguas en la Cuenca de Santiago. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas.

Sandoval Rosa, Astudillo Freddy. 1982. Estadísticas de Calidad Química de Aguas V Región.

Cordano Ana María, Castillo Gabriela, 1973. Contaminación por Enterobacterias en el Río Mapocho y Canal Las Mercedes. Boletín Instituto Bacteriológico de Chile. Vol. 15, N° 2.

Sancha Ana María, 1982. Monitoreo, Preservación y Análisis en Terreno de Aguas, La Contaminación del Agua y su Control. Universidad de Chile, Sección Ingeniería Sanitaria.

Sancha Ana María, Castillo Jorge, 1980. Programa de Desarrollo de las Riberas del Río Mapocho y el Zanjón de la Aguada. Factibilidad e Impacto Ambiental. Universidad de Chile. SEcción Ingeniería Sanitaria. Publ. 0-11.

Merino B. Raúl, et. al 1974. Estudio de la Calidad del Agua del Río Mapocho. Universidad de Chile, Corfo, Oficina Sanitaria Panamericana.

Merino B. Raúl, 1978. Riego con Aguas Contaminadas en la Región Metropolitana. XV Convención UPADI, Santiago de Chile.

Merino B. Raúl, 1979. Anteproyecto de Norma de Protección de los Cuerpos Receptores de Aguas Servidas y de Residuos Industriales Líquidos. Corfo.

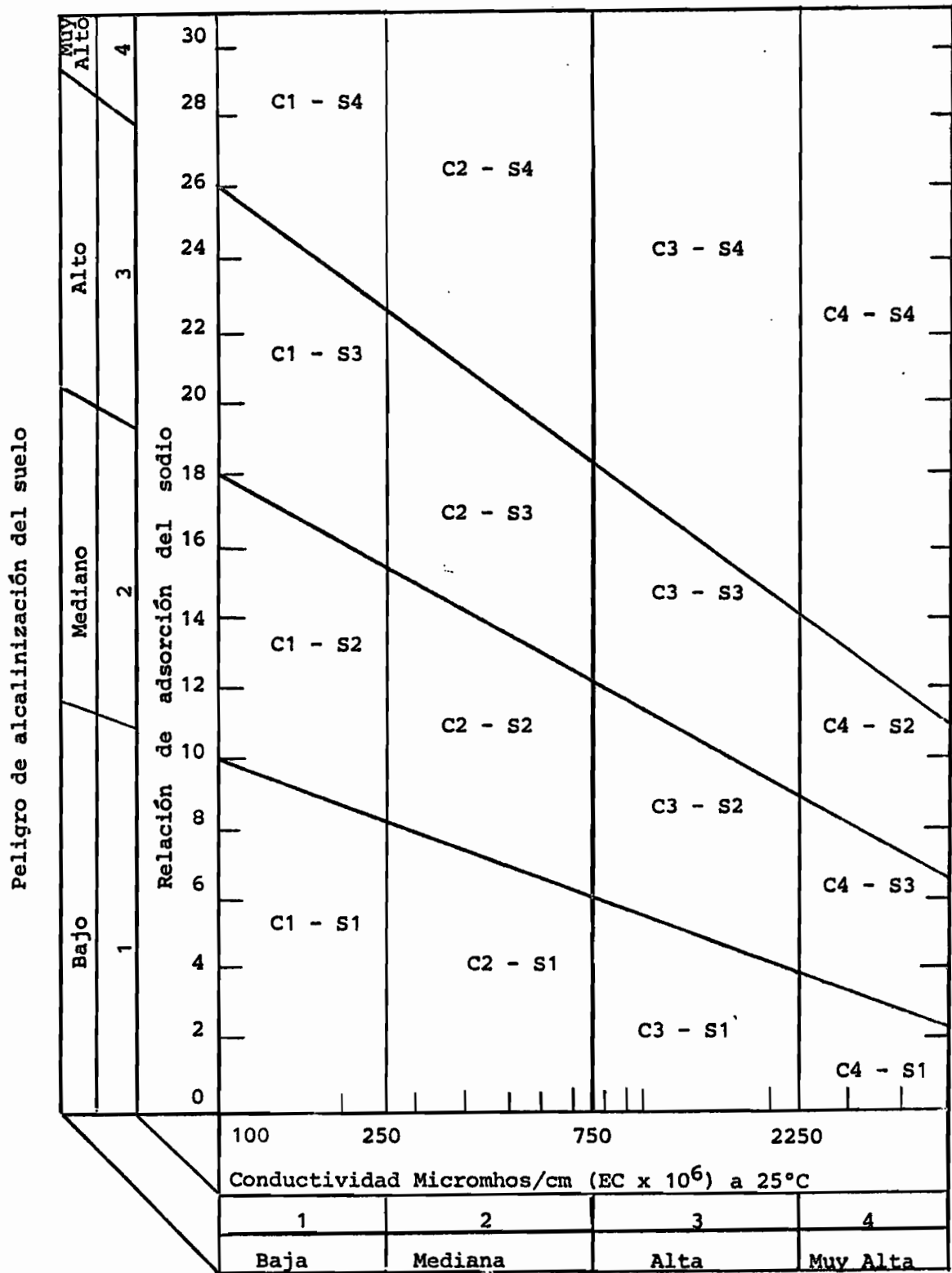
World Health Organization, 1978. Global Environmental Monitoring System GEMS/WATER OPERATIONAL GUIDE Geneva (Suiza)

UNESCO, WHO, 1978. Water Quality Surveys, Geneva, (Suiza)

The Hydrologic Engineer Center. Corps of Engineers, U.S. Army Davis California. WATER QUALITY DETERMINATIONS. July 1972.

Fig. 8

Diagrama para la Clasificación del Agua de Riego.



Riesgos que ofrece la salinidad

ANALISIS DE AGUA

Secuencias de análisis.

El desarrollo de un análisis físico-químico rutinario debe hacerse siguiendo un orden que permita ir sacando deducciones que faciliten las operaciones posteriores , principalmente elección de alicuotas para las diferentes determinaciones , grado de dilución etc. . Por este se recomienda comenzar el análisis determinando pH , conductancia y temperatura.

Análisis físico.

Describiremos en grandes rasgos las propiedades físicas de una muestra. Muchas de las determinaciones incluidas aquí, tales como color, conductividad y turbiedad , están en esta categoría sin lugar a dudas.

Sin embargo , las propiedades físicas no pueden separarse enteramente de la composición química y algunas de las técnicas de esta sección miden propiedades resultantes de la presencia de numerosos constituyentes. También se incluyeron aquí el olor y sabor , que tradicionalmente se han clasificado entre las propiedades físicas , aunque el punto puede ser discutido.

1.- Color.

El color en el agua puede provenir de la presencia de iones metálicos naturales (Fe , Mn) , humus , turba , plancton, hierbas y residuos industriales.

Se considera como color verdadero el producido sólo por las materias en solución. Si no se remueven las materias

en suspensión se tiene color aparente.

La determinación de color puede hacerse en forma simple , por comparación con estandares.

2.- Olor.

Tiene causas muy complejas , principalmente , materias orgánicas naturales o sintéticas.

Con la excepción de los compuestos de sulfuro , la mayoría de los compuestos inorgánicos son inodoros.

Las temperaturas elevadas estimulan el desarrollo de organismos que producen olor. Es importante prevenir e impedir que se produzca olor , puesto que su remoción resulta de alto costo.

En el caso de embalses , puede hacerse una acción preventiva con la adición de sulfato de cobre.

El olor del agua puede ser absorbido por peces y además afectar notoriamente el valor estético del agua.

3.- Sabor.

Sus causas son muy complejas: principalmente materias orgánicas naturales y sintéticas. Se relaciona fisiologicamente con el olor.

Muchas de las sales minerales, naturalmente presentes en el agua producen sabor

La temperatura estimula el desarrollo de organismos productores de sabor.

Al igual que el olor se hace descriptivo y si se dispone de implementación se determina el NSI (número de sabor incipiente).

El sabor del agua puede ser absorbido por peces y mariscos.

4.- Turbiedad.

Tiene su origen en las materias en suspensión , desde dispersiones coloidales finas hasta gruesas dependiendo del grado de turbulencia del agua. En el caso de lagos se debe a coloides y dispersiones extremadamente finas , en el caso de ríos , en condiciones de crecida , la mayor parte es dispersión gruesa.

La turbiedad es una medida de la interferencia al paso de luz presentada por la materia en suspensión. No hay una relación directa entre la concentración en peso de la materia suspendida y turbiedad , ya que ésta última depende de: tamaño, número , forma , textura superficial e índice de refracción de las partículas y longitud de onda de la luz.

La turbiedad es un parámetro muy importante para todos los usos del agua:

a.- En el agua potable puesto que muchas de las sustancias que la producen pueden absorber o contener microorganismos y los desinfectantes resultarán incapaces de destruirlos debido a la protección que les proporcionan.

Las normas internacionales sobre calidad de agua potable indican que la turbiedad de ésta no debe exceder 1 UNT (unidades nefelométricas de turbiedad). Un nivel más alto de 5 UNT se permite sólo cuando se conoce, luego de los estudios pertinentes , que ésta no interfiere con la desinfección.

b.- En la vida acuática la turbiedad puede provocar dismi-

nución de fotosíntesis al restringir la trasmisión de la luz, afectar la temperatura produciendo bajas en las profundidades, resultar letal para peces ya que se deposita en sus agallas e impide que éstos encuentren su alimento. Además retarda la autopurificación de las aguas , limitando así la vida acuática

c.- En el caso de riego , puede producir costras en los suelos que dificultan la emergencia de las semillas, reducen la aeración del suelo y producen impermeabilización por disminución de porosidad. Puede acumularse en hojas produciendo disminución de la fotosíntesis. Puede obstruir boquillas usadas en el riego por aspersión.

d.- En el uso recreacional y estético , la turbiedad produce una disminución del agrado del baño y embancamientos en cursos de navegación.

Determinación de la turbiedad.

Turbidímetro de aguja.

Turbidímetro vela Jackson mide turbiedades mayores de 25 UJT.

Turbidímetro nefelométrico: es el más sensible, permite leer turbiedades bajas. Usa como estándar la formazina y sus lecturas se informan como unidades nefelométricos o de formazina.

El método se basa en una comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra , bajo condiciones definidas , con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión estándar de referencia , bajo las mismas condiciones (formazina).

5.- Temperatura.

Las lecturas de temperatura se usan en el cálculo de varias formas de alcalinidad, en estudios de saturación y estabilidad con respecto al carbonato de calcio, en el cálculo de salinidad y en operaciones generales de laboratorio.

Actualmente se habla mucho de la temperatura como contaminante. La temperatura del agua generalmente es poco variable. Su variación tiene por consecuencia problemas difíciles de prever y evaluar.

Las variaciones de temperatura puede tener causas naturales o ser producto de la actividad industrial.

En agua potable una temperatura de 10°C es deseable, mayor de 20°C , objetable, porque conducen al crecimiento de algas y bacterias.

En vida acuática las temperaturas altas del agua disminuyen el nivel de oxígeno disuelto, el metabolismo de los peces aumenta. La toxicidad de muchas sustancias crece a temperaturas elevadas, en general podemos decir que la elevación de la temperatura del agua puede producir un impacto ecológico significativo.

La temperatura del agua debe medirse en terreno. Puede hacerse con cualquier termómetro de mercurio graduado en grados Celsius. Como mínimo esta graduación debe ser de $0,1^{\circ}\text{C}$. Los resultados se informan al décimo de grado.

6.- Conductividad.

Conductividad es una expresión numérica de la capacidad de un agua de transportar corriente eléctrica. Este número depende de la concentración total de sustancias ionizadas

disueltas en el agua y de la temperatura a la que se realiza la medición.

La medida de la conductividad tiene varias aplicaciones prácticas :

a.- La conductividad es tan buen criterio del grado de mineralización , como el comunmente usado sólidos disueltos totales.

b.- La pureza del agua destilada y desionizada puede controlarse por determinación de conductividad.

c.- La variaciones tanto estacionales como diarias , en la concentración de sales minerales disueltas en aguas , pueden advertirse rapidamente usando conductividad.

d.- La medida de conductividad permite una estimación del volumen de muestra a tomar en cada análisis químico. También ofrece un medio de chequear los resultados del análisis químico, $CE \times 10^{-2} = \text{miliequivalentes (meq.)}$.

e.- Puede estimarse la concentración del material disuelto , multiplicando la conductividad (en umhos/cm.) por un factor empírico. Este factor puede variar de 0,55 a 0,90 dependiendo de los compuestos solubles del agua y de la temperatura de medida. Para aguas muy salinas se aplican factores altos.

$CE \times \text{factor} - \text{sólidos disueltos (mg./lt.)}$

f.- Una aproximación de los meq./lt de aniones y cationes puede obtenerse multiplicando la conductividad en umhos/cm. x 0,01.

g.- Se usa como parámetro de calidad en aguas de riego con fines de diagnóstico y de clasificación.

La conductividad se mide con una celda y un puente de Wheatstone . La conductividad aumenta con la temperatura,

aproximadamente 2 % por cada grado Celsius. La conductividad debe informarse a 25°C.

Determinación de la Conductividad.

Para el uso del medidor de conductancia se recomienda seguir cuidadosamente las instrucciones del fabricante , chequeándolo , por comparación del resultado instrumental , con la conductancia teórica de soluciones de KCl como estándares.

Cada celda tiene su propia constante dependiendo de su forma posición y tamaño de los electrodos.

Esta constante puede ser determinada usando una solución estándar de KCl. Ej. Disolver 745,6 mg. de KCl anhidro en agua destilada y diluido a 1000 ml. a 25° C. Esta es la solución de referencia estándar que a 25°C tiene una conductividad específica de 1413 umhos/cm.

La constante de la celda se obtiene dividiendo la verdadera conductividad del KCl a 25°C por la conductividad medida en la solución preparada.

Antes de medir la conductividad se debe enjuagar la celda con una o más porciones a analizar.

Lea la lectura del instrumento y registre la temperatura.

Calculo.

El resultado final se obtiene multiplicando la conductividad observada por la constante de la celda y por el factor de temperatura.

7.- Residuo.

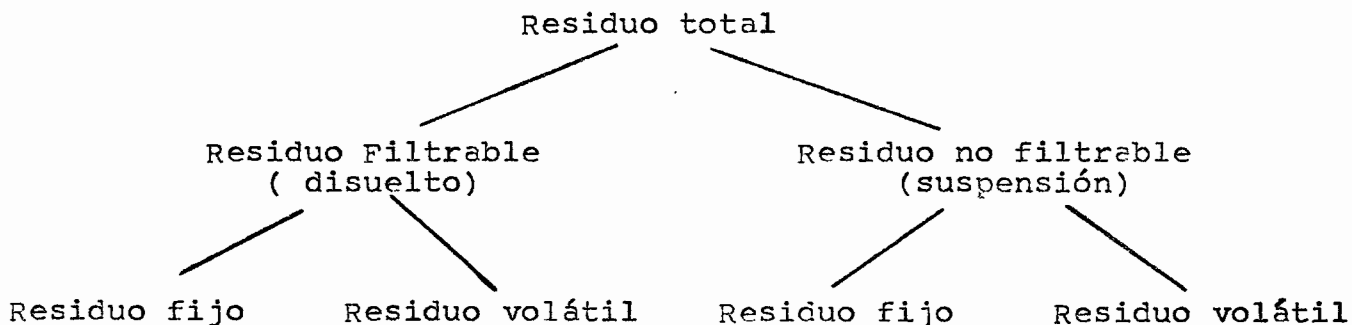
El término residuo se refiere a la materia sólida , suspendida o disuelta en el agua. Es aquel material que que-

da en cápsula o filtro después de evaporar el agua y secar en estufa a temperatura determinada.

Los ensayos no determinan sustancias específicas, sólo clasifican materiales con similitud de propiedades físicas y comportamiento frente a la ignición. Se miden en mg./lt.

Para obtener resultados confiables se requiere especial atención y constancia en la temperatura, tiempo de ignición, secado y características del filtro.

Los residuos de un agua se clasifican de la siguiente forma:



Residuo Total.

Es el término aplicado al material que queda en la cápsula después de evaporar una muestra y su subsiguiente secado en una estufa a temperatura definida.

Residuo no filtrable.

Es la porción del residuo total retenido por un filtro. (suspensión, término antiguo).

Residuo total filtrable.

Es la porción del residuo total que pasa por un filtro. (disuelto, término antiguo)

La naturaleza química y física del material en suspensión, el tamaño del poro del filtro, el área y grosor del

filtro , la cantidad y estado físico de los materiales depositados en el son los principales factores que afectan la separación del residuo filtrable del no filtrable.

El solo conocimiento del residuo total en un agua tiene un interés reducido. Lo importante es conocer su desdoblamiento en disuelto y suspendido ,fijo y volátil.

La temperatura de secado del residuo depende del tipo de agua , 180°C para aguas con poco contenido de materia orgánica y 105°C para aguas con alto contenido de materia orgánica.

Los residuos volátiles dan una estimación del contenido de materia orgánica y los residuos fijos de la inorgánica. Esto no es exacto pero como aproximación sirve.

Métodos de análisis.

Los métodos para la determinación de residuo son gravimétricos o análisis cuantitativo por pesada.

Residuo total.

Una muestra homogénea se evapora en una cápsula tarada y se seca hasta peso constante en un horno a 105 o 180°C. El aumento en peso de la tara representa el residuo total.

Residuo total no filtrable.

Es el material retenido en un filtro estandar , después de la filtración de una muestra de agua bien agitada.El residuo se seca a 105°C. (materia suspendida total)

Residuo no filtrable fijo.

El material retenido en el filtro se lleva a un horno mufla a una temperatura de 650°C por el tiempo de una hora.

El residuo fijo , no hace distinción precisamente entre residuos orgánico e inorgánico debido a que las pérdidas

por ignición no se debe sólo a material orgánico, sino incluyen pérdidas debidas a descomposición o volatilización de ciertas sales minerales.

Residuo total filtrable.

El filtrado del residuo total no filtrable puede usarse en la determinación del residuo total filtrable. (total de sólidos disueltos.)

Calculos.

$$\text{Residuos mg./lt.} = \frac{(A - B) \times 1000}{C \text{ alicuota}}$$

A = peso cápsula + residuo

B = peso cápsula

C = ml. de alicuota usada

$$\text{Residuo fijo no filtrable mg./lt.} = \frac{\text{mg.} \times 1000}{\text{Alicuota usada}} = \text{mg./lt. de residuo fijo}$$

Análisis químico.

pH.

El pH es un término usado internacionalmente para expresar la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución.

El pH, por definición, es el logaritmo negativo de la concentración activa de iones hidrógeno $[H^+]$, expresada en moles/litro.

$$pH = - \log [H^+]$$

El valor de pH = 7 corresponde a neutralidad.

Los valores de pH inferiores a 7 corresponden al cam-

po de la acidez , en cambio los valores sobre 7 corresponden a la basidez.

Origen del pH en las aguas.

- 1.- El ácido carbónico disuelto como consecuencia de la absorción del CO_2 de la atmósfera o el que se encuentra en el suelo por la acción de organismos vivos.
- 2.- Acido sulfúrico que se encuentra en aguas naturales que atraviesan terrenos de piritas o rocas volcánicas.
- 3.- Acidos orgánicos que también contribuyen , su fuente son los suelos vegetales.
- 4.- La hidrólisis de sales que pueden producir reacción básica o ácida. Entre los componentes básicos está el carbonato de calcio que condiciona el pH del agua , porque es capaz de reaccionar con el CO_2 disuelto para formar bicarbonato de calcio soluble , produciendo un sistema tampón o amortiguador.

Importancia del pH.

Los valores de pH son decisivos para el cálculo de la concentración de iones carbonatos y bicarbonatos.

Es también un índice de corrosión y del funcionamiento de cualquier proceso de control químico en el tratamiento del agua. Los peces de agua dulce pueden sobrevivir entre pH 4,7 y 8,7.

Varía con la actividad bacteriana , con la temperatura y las transformaciones químicas que puede sufrir el agua por el transcurso del tiempo. Por esto debe ser medido en el mismo terreno. Para ello puede usarse papel indicador , método colorimétrico o método potenciométrico.

Métodos.

- a.- Papel de pH , no es muy exacto.

b.- Método colorimétricos se basan en el cambio de color a diferentes pH. Cada indicador tiene un pH de viraje específico. Estos métodos colorimétricos se ven interferidos por el contenido de color y turbiedad de la muestra.

c.- El método potenciométrico emplea como electrodo de medición el electrodo de vidrio y como potencial de referencia el electrodo saturado de calomelano.

Oxígeno disuelto.(OD)

La presencia de oxígeno disuelto es una condición fundamental para el desarrollo de vida acuática y la descomposición aeróbica de las materias orgánicas que llegan a ella a través de efluentes residuales.

La solubilidad del oxígeno en el agua depende de varios factores , particularmente temperatura , presión y salinidad.

Las fuentes de OD son la aeración natural y la fotosíntesis. El nivel de OD disminuye por respiración de organismos y demanda de materias orgánicas e inorgánicas.

La baja solubilidad del oxígeno es el principal factor que limita la capacidad de autopurificación de las aguas.

Una concentración de OD inferior a 2 mg/lt. puede tener serios efectos en la vida acuática superior. Para abastecimiento de aguas se recomienda que la fuente tenga como mínimo 5 mg/lt. . Esta concentración previene problemas de olor y sabor.

La posibilidad de retener OD en el agua disminuye con el incremento de temperatura.

0°C14,7 mg/lt.

10°C 11,3 mg/lt.

50°C 4,8 mg/lt.

El OD cambia de acuerdo a la elevación. La presión parcial del oxígeno cambia de acuerdo a la presión total.

En general hay un 1 % de disminución en la solubilidad por un aumento de 300 mt. de elevación.

0 mt.	760 mm Hg	9,17 mg/lt. ..	18°C
300 mt.	732 mm Hg	8,83 mg/lt. ..	18°C
1.725 mt.	626 mm Hg	7,55 mg/lt. ..	18°C

La solubilidad de oxígeno en lagos o embalses decrece rápidamente con la profundidad.

0 mt. 5,3 mg/lt.

1 mt. 3,5 mg/lt.

Un aumento en sólidos disueltos provoca una disminución del OD.

Agua fresca 0°C 10,27 mg/lt.

Agua salada 0°C 8,08 mg/lt.

Métodos de análisis.

Existen 2 métodos para el análisis de OD :

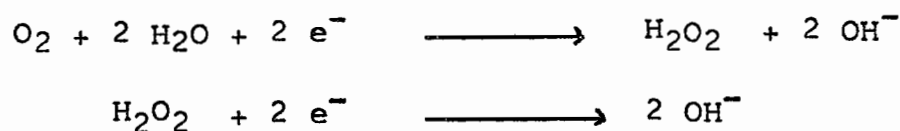
a.- Método yodométrico o Winkler , método clásico usado desde 1888 y sus modificaciones posteriores. Este método es un procedimiento volumétrico basado en las propiedades oxidantes del OD.

b.- El método del electrodo de membrana, se basa en la velocidad de difusión del oxígeno molecular a través de la membrana. A través de la membrana pasa oxígeno a una tasa proporcional a la diferencia de presión. El oxígeno que ha pasa -

do por la membrana reacciona en el cátodo , causando un flujo de corriente.

Si la presión del oxígeno aumenta más oxígeno difunde a través de la membrana.

La medición depende de un cambio en la corriente eléctrica causado por la liberación de electrones durante la reducción del oxígeno.



Elementos más comunes en el agua. (macroelementos)

Bicarbonatos. (HCO_3^-)

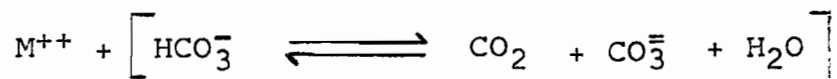
Se encuentra en las aguas por la acción del CO_2 , del agua, sobre los materiales básicos del suelo (piedra caliza CaCO_3 y MgCO_3)



El CO_2 del agua puede provenir de la atmósfera , a través de las aguas de lluvia , de respiración de organismos, de disolución de carbonatos del suelo o de descomposición aeróbica de hidratos de carbonos.

Carbonatos. ($\text{CO}_3^{=}$)

El carbonato se encuentra en las aguas naturales cuando en ellas existen condiciones especiales, como por ejemplo presencia de algas. Las algas consumen el CO_2 libre y combinado del agua para su fotosíntesis. Con la ausencia del CO_2 , se produce una elevación de pH a 9 - 10.



El CO_2 de este equilibrio es consumido por las algas. Para conservar el equilibrio aumenta con la concentración del carbonato.

Tanto los carbonatos como los bicarbonatos representan la forma principal de alcalinidad en las aguas.

Cloruros. (Cl^-)

Su presencia en agua puede ser de origen natural o por contaminación marina , aguas servidas , residuos industria del papel , etc. En aguas de consumo humano es el más importante la fuente que la concentración.

Produce , de acuerdo a la dureza del agua , efectos corrosivos sobre el hormigón y el fierro.

Sulfatos. (SO_4^-)

Están ampliamente distribuidos en la naturaleza y en aguas naturales están presentes en concentraciones variables.

El sulfato en grandes cantidades (1000 mg/lt.) puede producir desintegración del hormigón y según el pH corrosión de metales.

Cuando el ión sulfato acompaña al magnesio puede producir efectos laxantes en usuarios sensibles , o no acostumbrados.

Calcio. (Ca)

Llega al agua por disolución de piedra caliza por acción del CO_2 .

El calcio es uno de los cationes responsables de la dureza del agua.

Magnesio. (Mg)

Llega al agua por disolución de carbonatos por la ac-

ción del CO₂.

El magnesio se encuentra en las aguas dulces , generalmente , en concentraciones más bajas que el calcio , no así en el agua de mar en que es el segundo catión en importancia de concentración después del sodio.

Potasio. (K)

Sobre este elemento no se tienen muchos antecedentes, se conoce sí que es esencial en nutrición de plantas.

Respecto a efectos fisiológicos no hay información , este elemento no aparece en las normas internacionales de agua potable , tampoco en las nacionales.

Sodio.(Na)

En aguas dulce la concentración de sodio es mayor que la del potasio.

Aumento en la concentración de sodio puede indicar contaminación con aguas servidas o intrusión salina.

Fisiologicamente el sodio tiene un rol importante en el balance acuoso y equilibrio salino.

En el uso agrícola el sodio tiene un rol muy importante , puesto que aumenta la salinidad y afecta la estructura del suelo. El U.S Salinity Laboratory ha propuesto el parámetro RAS (relación de adsorción de sodio) para medir el grado en que el suelo adsorberá al sodio. El RAS se usa para clasificar las aguas de riego.

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}}{2}}} \quad (\text{iones expresados en mili-equivalentes.})$$

Microelementos.

Arsénico. (AS)

Su presencia en aguas se debe a disolución de minerales , aplicación de insecticidas y descargas industriales.

Su toxicidad depende del estado de valencia en que se presente , el arsénico trivalente es más tóxico que el pentavalente.

La experiencia mundial sobre arsénico en aguas es muy limitada. Se conoce su presencia en Chile , Argentina , Perú , México y Taiwán .

Cobre. (Cu)

El cobre se encuentra en forma natural en aguas superficiales sólo en pequeñas cantidades de aproximadamente 0,05 mg/lit. , luego su presencia, en general , es el resultado de una contaminación.

El cobre , como el boro , es tóxico en cantidades ligeramente mayores de lo que requiere la planta.

Las algas y los hongos son mucho más sensibles al cobre que las plantas superiores. Por eso se emplean compuestos de cobre como fungicidas y para destruir algas de los estanques.

Para los seres humanos no se consideran tóxicas pequeñas cantidades de cobre , aunque su consumo prolongado puede dar lugar a daños hepáticos.

La toxicidad del cobre en organismos acuáticos varía no solamente con las especies con las características físicas y químicas del agua , como por ej. temperatura, turbiedad y contenido de CO₂.

Fierro. (Fe)

Son principalmente las aguas de un pH ácido (ricas en CO₂) las que disuelven el fierro de las areniscas ferruginosas. En otros casos el fierro esta disuelto en el agua a expensas de materia orgánica. También puede provenir de contaminación industrial.

En aguas subterráneas el contenido de fierro es muy superior al de las aguas superficiales.

El fierro es un constituyente normal del organismo (formando parte de la hemoglobina)y sus sales no son tóxicas en pequeñas cantidades.

Boro. (B)

El boro se encuentra como borato de sodio (borax) o como borato de calcio en depósitos naturales y en aguas superficiales.

El boro en el agua , no se considera , generalmente un peligro para la salud.

Su importancia está en el agua que se usará en riego.

Nitratos. (NO₃⁻)

A pesar de sus numerosas fuentes , los nitratos son raramente abundantes en aguas superficiales naturales, porque sirven como fertilizante esencial para todo tipo de plantas.

Los criterios de calidad recomiendan un límite de 45 mg/lt. de nitratos. Se recomienda que aguas que contengan más de 45 mg/lt. de nitrato no debieran ser usadas por los niños pequeños. Los nitratos por la acción bacteriana o química , pasan a nitritos. Los nitritos producen en los niños meta-hemoglobinemia , una condición en la cual parte de la hemoglo-

bina de la sangre se oxida , reduciendose así su capacidad trasportadora de oxígeno. Cuando esta oxidación es intensa puede provocar la muerte.

También el nitrito en el estómago de niños y adultos, reacciona a pH ácido con las aminas secundarias o terciarias , para formar nitrosaminas . Existen varios estudios epidemiológicos que indican que estas nitrosaminas contribuirían significativamente a la aparición de cáncer gástrico.

En aguas subterráneas , a menudo se encuentran concentraciones altas de nitratos.

Nitritos. (NO_2^-)

Su presencia indica contaminación de origen orgánico y ambiente anaeróbico . Es de alta toxicidad como se explicó anteriormente.

Amoniaco. (NH_3)

Su presencia en aguas subterráneas es bastante usual como resultado de los procesos naturales de reducción.

En aguas superficiales se encuentra en muy bajas concentraciones , a menos que el contenido orgánico del agua sea tal que origine condiciones anaeróbicas.

Expresión de resultados.

Los resultados de los macroelementos están expresados en miliequivalentes por litro. Esta unidad es muy adecuada para el chequeo del análisis por el método del balance iónico.

Los miliequivalentes por litro pueden fácilmente convertirse en mg/lt. y vice versa.

Factores de conversión.

	meq./lt. = mg./lt. x f	mg/lt. = meq/lt. x f
Carbonatos	0,0333	30,00
Bicarbonatos	0,0164	61,02
Cloruros	0,0282	35,45
Sulfatos	0,0208	48,03
Calcio	0,0499	20,04
Magnesio	0,0364	12,16
Potasio	0,0256	39,10
Sodio	0,0435	23,00

Un informe deberá presentar sólo aquellas cifras significativas que estén justificadas por la exactitud del método, por esto es usual hacer redondeo.

El redondeo se hace eliminando los dígitos que no son significativos. Si el dígito 6, 7, 8 o 9 se elimina entonces aumenta en una unidad el dígito precedente. Si el dígito 0, 1, 2, 3 o 4 no se altera el dígito precedente. Si el dígito a eliminar es 5, redondear el dígito precedente al par más cercano, por ej. 2,25 se redondea a 2,2 y 2,35 a 2,4

NORMA CHILENA OFICIAL

NCh1333

REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA
PARA DIFERENTES USOS

*Water quality requirements for
different uses*

Primera edición: 1978

CDU 628.1

Ref. N° NCh1333-1978

Descriptores: agua.

Copyright © 1979; Inscripción N° 49.092 por Instituto Nacional
de Normalización, INN, Matías Cousiño N° 64,
6° Piso, Santiago.
Prohibida su reproducción y venta.

PREAMBULO

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

La norma NCh1333 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización y en su estudio participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

Comisión Metropolitana de Descontaminación Ambiental
Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, CONICYT
Comisión Nacional de Riego
Dirección General de Deportes y Recreación, DIGEDER
Empresa de Agua Potable de Santiago, EAPS

Empresa Nacional del Petróleo, ENAP
Empresa Nacional de Minería, ENAMI
Instituto de Fomento Pesquero, IFOP
Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA

Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales, IREN

Instituto de Investigaciones y Control, Ejército de Chile, IDIC
Instituto de Investigaciones y Ensayos Farmacológicos, IDIEF

Instituto Nacional de Normalización, INN
Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Sanitarias, DOS

Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Riego
Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, DGA
Ministerio de Salud, Depto. Salud e Higiene Ambiental

MN Ingenieros
Oficina Sanitaria Panamericana, Organización Mundial de la Salud, OPS/OMS
Servicio Agrícola y Ganadero, División Protección Pecuaria, SAG

José Avendaño P.

Manuel Pinochet S.
Jorge Tondreau

Jorge Ehlers T.

Luis Ugarte I.
Antonio Tagle M.

Humberto Cancino R.
Jorge Ronda M.
Arturo Ried S.

José Araos F.
Joaquín García E.

Enrique Junemann M.
Ximena Trepiana P.

Manuel Méndez C.

Sonia Avendaño V.
Sara Benado T.

Leonor Ceruti M.

Oscar González A.
Carlos Latorre O.
Luis Torres N.

Domingo Lara Z.

Raúl Merino B.

Germán Corey O.
Raúl Salinas M.
Carlos Canto I.

Marcelo Moreno

Raúl Duarte L.

Servicio Agrícola y Ganadero, División Protección Pesquera, SAG

Servicio Agrícola y Ganadero, División Protección Recursos Naturales, SAG—DIPROREN

Universidad Católica de Chile,
Depto. Química Analítica
Universidad Católica de Valparaíso,
Escuela de Ingeniería, Depto. Ingeniería Civil Industrial
Universidad de Concepción, Escuela de Ingeniería, Depto. Ingeniería Civil Química
Universidad de Chile, Facultad de Agronomía
Universidad de Chile, Facultad de Ingeniería, Sección Ingeniería Sanitaria, SIS

Universidad Técnica Federico Santa María, Facultad de Ingeniería Civil

Victorino Garrido N.
Rosa Urbá M.

Elena Bartícevic D.
Antonio Rivas B.

Guido Concha G.

Cristián Beyer

Ricardo Cañete V.

Matilde López M.

Gabriela Castillo
Ana María Sancha

Santiago Bipper
Raúl Galindo U.

Esta norma se estudió para fijar criterios de calidad del agua de acuerdo a su uso contribuyendo así a proteger y preservar la calidad de las aguas de contaminaciones con residuos de cualquier tipo.

El anexo no forma parte de la norma.

Esta norma ha sido aprobada por el H. Consejo del Instituto Nacional de Normalización en sesión efectuada el 7 de Abril de 1978.

Esta norma ha sido declarada Oficial de la República de Chile por Decreto N° 867 de fecha 15 de Junio de 1978 del Ministerio de Obras Públicas.

REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA DIFERENTES USOS

0 INTRODUCCION

Esta norma fija un criterio de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado.

Estos criterios tienen por objeto proteger y preservar la calidad de las aguas que se destinen a usos específicos, de la degradación producida por contaminación con residuos de cualquier tipo u origen.

El vaciamiento de residuos contaminantes a masas o cursos de agua deberá ajustarse a los requerimientos de calidad especificados para cada uso, teniendo en cuenta la capacidad de autopurificación y dilución del cuerpo receptor, de acuerdo a estudios que efectúe la autoridad competente en cada caso particular.

1 ALCANCE Y CAMPO DE APLICACION

1.1 Esta norma establece los requisitos de calidad del agua de acuerdo a su uso.

1.2 Esta norma se debe aplicar a las aguas destinadas a los usos siguientes:

- a) agua para consumo humano;
- b) agua para la bebida de animales;
- c) riego;
- d) recreación y estética:

- d.1) estética;
- d.2) recreación con contacto directo; y
- d.3) recreación sin contacto directo; y
- e) vida acuática.

2 REFERENCIAS

- NCh409.Of Agua potable.
- NCh410.Of Agua para fines industriales - Terminología.

3 TERMINOLOGIA

3.1 autopurificación: proceso natural de purificación de un agua contaminada mediante el cual se logra la estabilización de la materia orgánica, disuelta o suspendida, por acción del oxígeno disuelto en el agua, que proviene de la atmósfera o de fenómenos de fotosíntesis ocurridos con ayuda de bacterias y otros vegetales acuáticos.

3.2 autoridad competente: la designada por las leyes y reglamentos vigentes para estos efectos.

3.3 claridad: penetrabilidad de las radiaciones luminosas en el agua.

3.4 dilución: procedimiento de disponer las aguas servidas de un curso receptor con el propósito de disminuir la concentración de contaminantes.

3.5 factor de seguridad: es el que se aplica a la LTm96 obtenida en el bioensayo correspondiente para que la concentración del efluente en un cuerpo de agua sea compatible con la vida acuática expuesta en forma permanente a su acción.

3.6 LTm96 = mediana del límite de tolerancia: concentración del material en ensayo en un diluyente adecuado, en la cual sobrevive el 50% de los organismos acuáticos de prueba al cabo de un período de exposición de 96 h.

3.7 razón de adsorción de sodio (RAS): medida del efecto del sodio dada por la relación entre las concentraciones de iones sodio, calcio y magnesio, expresadas en miliequivalentes por litro, de acuerdo con la expresión siguiente:

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

3.8 sodio porcentual: relación entre la concentración del ion sodio y la suma de las concentraciones de los iones sodio, calcio, magnesio y potasio, expresadas en miliequivalentes por litro, de acuerdo con la expresión siguiente:

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

3.9 Los demás términos empleados en esta norma se encuentran definidos en las normas NCh409 y NCh410.

4 REQUISITOS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

4.1 Debe cumplir con la norma NCh409.

5 REQUISITOS DEL AGUA PARA LA BEBIDA DE ANIMALES

5.1 Debe cumplir con la norma NCh409. La autoridad competente debe determinar casos especiales.

6 REQUISITOS DEL AGUA PARA RIEGO

6.1 Requisitos químicos.

6.1.1 pH.

El agua para riego debe tener un pH comprendido entre 5,5 y 9,0 (ver A.1).

6.1.2 Elementos químicos.

En la tabla 1 se dan los valores máximos permisibles de algunos elementos químicos en agua de riego (ver A.1).

TABLA 1 - Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego.

ELEMENTO	UNIDAD	LIMITE MAXIMO
Aluminio (Al)	mg/l	5,00
Arsénico (As)	mg/l	0,10
Bario (Ba)	mg/l	4,00
Berilio (Be)	mg/l	0,10
Boro (B)	mg/l	0,75
Cadmio (Cd)	mg/l	0,010
Cianuro (CN ⁻)	mg/l	0,20
Cloruro (Cl ⁻)	mg/l	200,00
Cobalto (Co)	mg/l	0,050
Cobre (Cu)	mg/l	0,20
Cromo (Cr)	mg/l	0,10

TABLA 1 - (conclusión)

ELEMENTO		UNIDAD	LIMITE MAXIMO
Fluoruro	(F ⁻)	mg/l	1,00
Hierro	(Fe)	mg/l	5,00
Litio	(Li)	mg/l	2,50
Litio (cítricos)	(Li)	mg/l	0,075
Manganeso	(Mn)	mg/l	0,20
Mercurio	(Hg)	mg/l	0,001
Molibdeno	(Mo)	mg/l	0,010
Níquel	(Ni)	mg/l	0,20
Plata	(Ag)	mg/l	0,20
Plomo	(Pb)	mg/l	5,00
Selenio	(Se)	mg/l	0,020
Sodio porcentual	(Na)	%	35,00
Sulfato	(SO ₄ ⁼)	mg/l	250,00
Vanadio	(V)	mg/l	0,10
Zinc	(Zn)	mg/l	2,00

La autoridad competente debe calificar cualquier incremento de los valores naturales de un curso o masa de agua, según su incidencia en suelos y cultivos.

6.1.3 Razón de adsorción de sodio (RAS).

La autoridad competente debe establecerla en cada caso específico. (Ver A.2 y A.3).

6.1.4 Conductividad específica y sólidos disueltos totales.

En la tabla 2 se da una clasificación de aguas para riego de acuerdo a sus condiciones de salinidad, en base a las características de conductividad específica y concentración de sólidos disueltos totales. (Ver A.4).

TABLA 2 - Clasificación de aguas para riego según su salinidad.

CLASIFICACION	CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA μ , umhos/cm a 25°C	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES s , mg/l a 105°C
Agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales.	$c \leq 750$	$s \leq 500$
Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles.	$750 < c \leq 1500$	$500 < s \leq 1000$
Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos.	$1500 < c \leq 3000$	$1000 < s \leq 2000$
Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos.	$3000 < c \leq 7500$	$2000 < s \leq 5000$

Los valores de conductividad específica de un curso o masa de agua en particular no deben ser incrementados más allá de los límites que la autoridad competente determine, de acuerdo con el tipo de cultivo, manejo del agua y calidad excepcional del suelo.

6.1.5 Pesticidas.

6.1.5.1 Herbicidas.

La autoridad competente se debe pronunciar en cada caso específico. (Ver A.2 y A.5).

6.1.5.2 Insecticidas.

No se considera que tengan efectos perniciosos en aguas para riego. (Ver A.2).

6.2 Requisitos bacteriológicos.

El contenido de coliformes fecales en aguas de riego destinadas al cultivo de verduras y frutas que se desarrollen a ras de suelo y que habitualmente se consumen en estado crudo, debe ser menor o igual a 1000 coliformes fecales / 100 ml. (Ver A.2).

7 REQUISITOS PARA AGUA DESTINADA A RECREACION Y ESTETICA

7.1 Estética.

El agua destinada a usos estéticos debe estar exenta de las siguientes sustancias atribuibles a descarga o vaciamiento de residuos: (ver A.4).

- a) materias que sedimenten formando depósitos objetables;
- b) desechos flotantes, aceite, espuma y otros sólidos;
- c) sustancias que produzcan color, olor, sabor o turbiedad obje
table;
- d) materias, incluyendo radionucleidos, en concentraciones o combinaciones que sean tóxicas o que produzcan reacciones fisiológicas indeseables en seres humanos, peces, otros animales y plantas; y
- e) sustancias y condiciones, o combinaciones de éstas, en concentraciones que produzcan vida acuática indeseable.

7.2 Recreación con contacto directo.

7.2.1 El agua destinada a recreación con contacto directo (natación, buceo, esquí acuático) debe cumplir como mínimo con los requisitos que se indican en tabla 3. (Ver A.2 y A.6)

TABLA 3 - Requisitos del agua para recreación con contacto directo

CARACTERISTICA	REQUISITO
pH	6,5 a 8,3 excepto si las condiciones naturales de las aguas muestren valores diferentes, pero en ningún caso menor de 5,0 o mayor de 9,0.
Temperatura, °C, máximo	30
Claridad, mínimo (*)	Visualización de discos Secchi a 1,20 m de profundidad.
Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales	Ausentes
Aceites flotantes y grasas, mg/l, máximo (*)	5
Aceites y grasas emulsificadas, mg/l, máximo (*)	10
Color, unidades Escala Pt-Co, máximo (*)	100
	Ausencia de colorantes artificiales
Turbiedad, unidades Escala Sílice, máximo (*)	50
Coliformes fecales/100 ml, máximo (*)	1000
Substancias que produzcan olor o sabor inconvenientes	Ausentes

(*) Estos valores podrán ser modificados en caso de que la autoridad competente así lo determine.

7.3 Recreación sin contacto directo.

El agua destinada a recreación sin contacto directo debe cumplir los mismos requisitos que se indican para recreación con contacto directo, en las características siguientes:

- a) sólidos flotantes visibles y espumas no naturales;
- b) aceites flotantes y grasas;
- c) aceites y grasas emulsificadas; y
- d) sustancias que produzcan olor o sabor inconvenientes.

8 REQUISITOS PARA AGUAS DESTINADAS A VIDA ACUÁTICA

8.1 Aguas dulces.

8.1.1 Requisitos generales.

Las aguas dulces destinadas a ser usadas para vida acuática deben cumplir con los requisitos generales que se indican en la tabla 4. (Ver A.4, A.7 y A.8).

TABLA 4 - Requisitos generales de aguas destinadas a vida acuática.

CARACTERÍSTICA	REQUISITO
Oxígeno disuelto, mg/l	5 mínimo
pH	6,0 a 9,0
Alcalinidad total, mg/l de CaCO ₃ .	20 mínimo
Turbiedad debido a descarga, unidades Escala Sílice	No debe aumentar el valor natural en más de 30 unidades
Temperatura	En flujos de agua corriente, no debe aumentar el valor natural en más de 3°C
Color	Ausencia de colorantes artificiales.
Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales	Ausentes
Sólidos sedimentables	No deben exceder del valor natural
Petróleo o cualquier tipo de hidrocarburo	No debe haber detección visual. No debe haber cubrimiento de fondo, orilla o ribera. No debe haber olor perceptible.

8.1.2 Quistes, protozoos o huevos.

La autoridad competente se debe pronunciar en cada caso específico.

8.1.3 Sustancias tóxicas.

El límite máximo de sustancias tóxicas debe estudiarse mediante bio-ensayo para cada caso específico. El valor obtenido se expresa en L_{Tm}96, debiendo aplicarse los factores de seguridad que se indican en la tabla 5, según el tipo de tóxico. (Ver A.4, A.7 y A.8).

TABLA 5 - Factores de seguridad para diferentes tóxicos.

TOXICO	FACTOR DE SEGURIDAD
Pesticidas	1/100 de la L _{Tm96}
Metales pesados	1/100 de la L _{Tm96}
Cianuros	1/10 de la L _{Tm96}
Tóxico no acumulativo	1/10 de la L _{Tm96}
Tóxico acumulativo y persistente	1/100 de la L _{Tm96}
Detergentes	1/10 de la L _{Tm96}

8.1.4 Nutrientes (N y P).

La autoridad competente se debe pronunciar en cada caso específico. (Ver A.2).

8.2 Cultivo de organismos filtradores.

El agua destinada al cultivo de organismos filtradores debe cumplir en la parte bacteriológica, con lo que establece el Reglamento Sanitario de los Alimentos en lo que se refiere a crianza, recolección y purificación de ostras y organismos filtradores. (Ver A.9).

ANEXO - Bibliografía

A.1 Committee on Water Criteria of the Environmental Protection Agency; U.S.A.

A.2 Castagnino, Walter. Curso sobre Desarrollo de Recursos Hídricos, Tema N° 12 B "Criterio de Calidad de Aguas (Preliminar y Tentativo)". En : Planificación de Recursos Hidráulicos en Chile - Instituto de Ingenieros de Chile. 1972.

A.3 Diagnóstico de rehabilitación de suelos salinos y sódicos; Manual de Agricultura N° 60; Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica; Agencia para el Desarrollo Internacional.

A.4 Water Analyity Criteria, Report of the National Technical Advisory Committee to the Secretary of the Interior; Washington D.C.; Federal Water Pollution Control Administration; 1968.

A.5 Water Quality in Irrigated Water Sheds; Journal of Environmental Quality, Vol. 4 N° 1, 1975, pág. 35.

A.6 Galindo, Raúl y col. Estudio de Factibilidad Técnico-económica para uso múltiple de recursos hídricos de la cuenca del Marga-Marga y saneamiento integral de la misma. Comisión Metropolitana de desagüe de Viña del Mar. 1974.

A.7 Vivert, R; Lagler, R.F., Pêches Continentales. París. Dunod Ed. 1961.

A.8 APHA, AWWA, WLCF. Aguas y aguas de desecho. 11ava ed. Editorial Interamericana. 1963.

A.9 Servicio Nacional de Salud, Reglamento Sanitario de los Alimentos, aprobado por Decreto N° 377 del 12 de Agosto de 1960, Santiago - Chile; 1961.

CENTRO DE INFORMACION DE RECURSOS HIDRICOS



3 5617 00001 2005