

**MINISTERIO DE AGUA AMBIENTE Y
SERVICIOS PÚBLICOS**

ANEXO

**NORMAS PROVINCIALES DE
CALIDAD Y CONTROL DE AGUAS
PARA BEBIDA**

174

- 2016 -



PRESENTACIÓN

Este documento fue elaborado en la Secretaria de Recursos Hídricos y Coordinación del Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos de la Provincia de Córdoba.

Está destinado a todas aquellas personas o entidades que tienen como objetivo controlar la calidad del agua de bebida en suministros públicos dentro de la Provincia de Córdoba.

Se trata de la revisión y actualización de los parámetros ya existentes de la norma aprobada por Resolución 608/93 para verificar sus valores límites establecidos y agregar nuevos parámetros correspondientes a sustancias que se han incorporado a las actividades que hoy desarrolla la población, para lo cual se ha realizado una recopilación de normas, procedimientos e instructivos vigentes y también aportes propios de los suscriptos.

Quienes han estado a cargo de la elaboración de este documento agradecen a todos los que colaboraron y a nuestros superiores por la confianza depositada.


También se solicita a quienes lo utilicen nos hagan llegar toda sugerencia que crean conveniente a los efectos de mejorar ésta publicación en futuras ediciones.

AÑO CIII - TOMO DCXX - N° 155
CORDOBA, (R.A.), MIERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

CONTENIDO

Introducción	12
SECCION 1	14
ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AGUA PARA BEBIDAS.....	14
1.1 Criterios de normalización	14
1.2 Características físicas y químicas que pueden afectar la aceptabilidad o estética Fundamentos.....	16
Tabla 1.2.1 Parámetros que afectan la aceptabilidad o estética.....	16
Tabla 1.2.2 Valores a alcanzar en un plazo de 5 años.....	16
1.2.1 Aluminio.....	17
1.2.2 Cloruros	17
1.2.3 Cobre	17
1.2.4 Color.....	18
1.2.5 Detergentes	18
1.2.6 Dureza Total	18
1.2.7 Hierro Total.....	19
1.2.8 Manganeso.....	19
1.2.9 pH.....	19
1.2.10 Sabor y Olor	20
Tabla 1.2.3 Compuestos que generan sabores y olores en el agua de consumo.....	20
1.2.10.1 Geosmina.....	21
1.2.10.2 2-Metilisoborneol.....	21
1.2.10.3 Cloro.....	21
1.2.10.4 Cloraminas.....	21
1.2.10.5 Sulfato de hidrógeno.....	22
1.2.10.6 Clorofenoles	22
1.2.11 Sólidos Disueltos Totales	22
1.2.12 Sulfatos.....	23
1.2.13 Turbiedad.....	23
1.2.14 Zinc.....	23
1.3 Componentes inorgánicos de acción directa para la salud - Fundamentos	25
Tabla 1.3.1 Parámetros inorgánicos	25
41.3.1 Arsénico.....	26
1.3.2 Cadmio	27
1.3.3 Cianuro	28
1.3.4 Cromo.....	28

AÑO CILITOMDCXX - N° 155
CORPORACIÓN (S.A.), MIÉRCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016



1.3.5 Fluoruro	29
1.3.6 Mercurio	30
1.3.7 Nitrato y Nitrito	31
1.3.8 Plomo.....	32
1.3.9 Selenio	33
1.3.10 Plata	34
1.3.11 Boro	34
1.3.12 Vanadio.....	35
1.3.13 Uranio	36
1.4 Componentes orgánicos de acción sobre la salud	37
Tabla 1.4.1 Límites Máximos para Contaminantes Orgánicos que afectan a la Salud	39
1.4.1 Alcanos Clorados.....	40
1.4.1.1 1,2–dicloroetano	40
1.4.1.2 Tetracloruro de Carbono	40
1.4.2 Alquenos Clorados	40
1.4.2.1 Tricloroeteno	40
1.4.2.2 Tetracloroeteno	41
1.4.2.3 Cloruro de Vinilo	41
1.4.2.4 1,2 Dicloroeteno	41
1.4.3 Hidrocarburos aromáticos Polinucleares (HAP)	41
1.4.3.1 Benzo[a]pireno	42
1.4.4 Plaguicidas.....	42
1.4.4.1 Plaguicidas Organoclorados	42
1.4.4.1.1 DDT (total isómeros).....	42
1.4.4.1.2 Aldrín y Dieldrín.....	43
1.4.4.1.3 Clordano	43
1.4.4.1.4 Hexaclorobenceno	44
1.4.4.1.5 Heptacloro y Heptacloroepóxido.....	44
1.4.4.1.6 Gamma-HCH (lindano)	45
1.4.4.1.7 Metoxicloro	45
1.4.4.2 Clorofenoxiácidos.....	46
1.4.4.2.1 2,4 D.....	46
1.4.4.3 Organofosforados	47
1.4.4.3.1 Malatión.....	47
1.4.4.3.2 Metil Paratión	48
1.4.4.3.3 Paratión.....	48
1.4.4.4 Nuevos plaguicidas incorporados.....	48

AÑO CILINDRICO DCXX - No 155 - MERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

1.4.4.4.1 Atrazina.....	49
1.4.4.4.2 Carbofurán	49
1.4.4.4.3 Clorpirifós.....	49
1.4.4.4.3 Dimetoato	50
1.4.4.4.4 2,4 DB.....	50
1.4.4.4.5 Metolacloro	50
1.4.4.4.6 Dicamba.....	51
1.4.4.4.7 Endosulfán	51
1.4.4.4.8 Glifosato.....	52
1.4.4.4.9 Paracuat.....	53
1.4.4.4.10 Lambda cialotrina	53
1.4.4.4.11 Cipermetrina	53
1.4.4.5 Clorobencenos	54
1.4.4.5.1 Monoclorobenceno.....	54
1.4.4.5.2 1,2 diclorobenceno y 1,4 diclorobenceno	54
1.4.4.6 Clorofenoles.....	55
1.4.4.6.1 2,4,6 triclorofenol	55
1.4.4.6.2 Pentaclorofenol.....	55
1.4.4.7 Benceno y Aquilbenceno (<i>en revisión</i>)	55
1.4.4.8 Trihalometanos	56
1.4.4.8.1 Cloroformo	56
1.4.4.8.2 Bromoformo	56
1.4.4.8.3 Dibromoclorometano (DBCM)	57
1.4.4.8.4 Bromodichlorometano (BDCM)	57
1.5 Compuestos Orgánicos que se recomienda su monitoreo	58
Tabla 1.5.1 Compuestos Orgánicos.....	58
1.5.1 Hidrocarburos Totales	58
1.5.2 Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP) Totales	58
1.5.3 Hidrocarburos Bencénicos.....	59
1.5.3.1 Tolueno.....	59
1.5.3.2 Xileno	59
1.5.3.3 Etilbenceno	59
1.5.3.4 Estireno.....	59
1.6 Parámetros microbiológicos	61
Tabla 1.6.1 Parámetros Microbiológicos Básicos	61
Tabla 1.6.2 Parámetros Microbiológicos Complementarios	62
1.6.1 Fundamentos de normatización de parámetros microbiológicos.	62

AÑO CILINDRO DCXX - No 155
CORPOBA (RAM) - MERCORES 10 DE AGOSTO DE 2016

1.6.1.1 Calidad Microbiológica para Aguas Tratadas	62
1.6.1.2 Bacterias Coliformes Totales.....	62
1.6.1.2.1 Metodología de determinación	62
1.6.1.3 Escherichia coli.....	63
1.6.1.4 Enterococos	63
1.6.1.5 Clostridium perfringens	63
1.6.1.6 Bacterias aerobias heterotróficas	64
1.6.1.7 Pseudomonas aeruginosas	64
1.6.1.8 Giardia Lambia	65
1.6.1.9 Fitoplancton y zooplancton	65
1.6.1.10 Microcistina L-R	65
1.6.1.10.1 Efectos para la salud humana	66
1.6.1.10.2 Antecedentes Locales	66
Tabla 1.6.3. Concentración mínima de cloro residual.....	67
1.7 Número de muestras y frecuencia mínima de muestreo en relación a la población servida	68
Tabla 1.7 Número de muestras y frecuencia mínima de muestreo en relación a la población servida.....	68
tabla 1.7 (Continuación).....	69
SECCIÓN 2	72
TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS.....	72
2.1 Introducción.....	72
2.2 Diseño de un Programa de Muestreo.....	72
2.2.1 Agua No Sometida a Tratamiento Completo y Sin Sistema de Distribución.....	73
2.2.3 Agua Tratada Antes de Entrar en Sistema de Distribución.....	73
2.2.4 Agua Tratada en el Sistema de Distribución	73
2.3 Toma de Muestras	74
2.3.1 Instrucciones.....	74
2.3.2 Análisis Químicos	74
2.3.3 Análisis Microbiológicos.....	75
2.3.3.1 Extracción de Muestras	75
2.3.4 Requerimientos Especiales de Muestreos y Conservación.....	75
Tabla 2.3.4 Requerimientos Especiales de Muestreos y Conservación	76
SECCIÓN 3	81
MÉTODOS ANALÍTICOS	81
3.1 Ejemplos de métodos analíticos	82
Tabla 3.1.1 Métodos analíticos para sustancias inorgánicas	82

3.2 Clasificación de métodos analíticos para sustancias orgánicas en función de su complejidad	82
Tabla 3.2.1 Métodos analíticos para sustancias orgánicas	82
3.3 Capacidad de detección analítica de sustancias inorgánicas para las que se han establecido valores de referencia.....	83
Tabla 3.3.1 Capacidad de detección analítica de sustancias inorgánicas	83
3.4 Capacidad de detección analítica de sustancias orgánicas para las que Se han establecido valores de referencia.....	84
Tabla 3.4.1 Capacidad de detección analítica de sustancias orgánicas	84
3.5 Métodos analíticos.....	85
3.5.1 Métodos Espectrofotométricos, Volumétricos y de Coloración Visual.....	87
3.6 Interferentes	89
SECCIÓN 4	92
INFRAESTRUCTURA DEL LABORATORIO	92
4.1 Aspectos Edilicios	92
4.2 Equipos e instrumentos.....	92
4.2.1 Equipos: uso, mantenimiento y revisiones	93
4.3 Materiales, Drogas y Reactivos.....	93
4.4 Movilidad.....	93
4.5 Personal (mínimo indispensable).....	93
SECCIÓN 5	95
APARATOS, MATERIALES Y REACTIVOS.....	95
5.1 Recipientes.....	95
5.2 Agua Destilada.....	95
Tabla 5.1 Parámetros de calidad de agua destilada	95
5.3 Reactivos y patrones.....	96
5.3.1 Características de los reactivos.....	96
5.4 Material volumétrico de vidrio	97
SECCIÓN 6	99
CONTROL DE CALIDAD INTRA-LABORATORIAL	99
6.1 Precisión y exactitud.....	99
6.2 Aproximación estadística	99
6.2.1 Desviación Estándar	99
6.2.1.1 Aplicación de la Desviación Estándar:.....	100
6.3 Rango (R)	101
6.4 Rechazo de Datos Experimentales	101
6.5 Evaluación de métodos	101

6.6 Representación Gráfica de Datos.....	102
SECCIÓN 7	106
HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL LABORATORIO	106
7.1 Discusión General	106
7.2 Organización.....	106
7.3 Equipos de Seguridad para el Laboratorio	106
7.3.1 Extintores.....	107
7.3.1.1 Clase de extintores.....	107
7.3.1.2 Tipos de extintores.....	108
7.4 Elementos de protección general.....	108
7.5 Elementos de Protección Individual (EPI)	110
7.6 Riesgos del laboratorio.....	111
7.6.1 Productos químicos	112
7.7 Actuación en casos de emergencias.....	113
7.7.1 Ácidos inorgánicos	114
7.7.2 Metales y Compuestos Inorgánicos.....	115
7.7.3 Reactivos y solventes orgánicos.....	115
7.7.4 Riesgos Biológicos	117
7.7.5 Radiaciones.....	118
7.7.6 Riesgos de carácter físico	118
7.7.6.1 Eléctricos	118
7.7.6.2 Mecánicos.....	118
7.7.6.3 Gases.....	119
7.8 Monitoreo	119
7.8.1 Consideraciones generales.....	119
7.9 Disposiciones de desperdicios.....	119
7.9.1 Consideraciones Generales.....	119
7.9.2 Métodos de disposición de desechos:.....	119
7.9.2.1 Desechos Químicos	120
7.9.2.2 Desechos biológicos	120
7.9.2.2 Desechos radioquímicos	120
SECCION 8	122
COMPENDIO DE TABLAS DE LÍMITES.....	122
Tabla 1.2.1 Parámetros que afectan la aceptabilidad o estética.....	122
Tabla 1.6.3. Concentración mínima de cloro residual.....	122
Tabla 1.2.2 Valores a alcanzar en un plazo de 5 años.....	122
Tabla 1.2.3 Compuestos que generan sabores y olores en el agua de consumo.....	123

Tabla 1.3.1	Parámetros inorgánicos	123
Tabla 1.4	Límites Máximos para Contaminantes Orgánicos que afectan a la Salud	124
Tabla 1.5	Compuestos Orgánicos.....	125
Tabla 1.6.1	Parámetros Microbiológicos Básicos	125
Tabla 1.6.2	Parámetros Microbiológicos Complementarios	125
Tabla 1.7	Número de muestras y frecuencia mínima de muestreo en relación a la población servida.....	126
Tabla 2.3.4.	Requerimientos Especiales de Muestreos y Conservación	128
Tabla 3.1.1	Métodos analíticos para sustancias inorgánicas	131
Tabla 3.2.1	Métodos analíticos para sustancias orgánicas	132
Tabla 3.3.1	Capacidad de detección analítica de sustancias inorgánicas	132
Tabla 3.4.1	Capacidad de detección analítica de sustancias orgánicas	133
Tabla 5.1	Parámetros de calidad de agua destilada	134
PARTICIPANTES		136
BIBLIOGRAFIA		142

AÑO CIII - TOMO DCXX - N° 155
CORDOBA, (R.A.), MIERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

PARTICIPANTES

MINISTERIO DE AGUA, AMBIENTE Y SERVICIOS PÚBLICOS

SECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS

Sr. Director Estudios y Proyectos en Secretaría de Recursos Hídricos Ing. Bresciano, Juan Dante; Ing. Núñez, Viviana Raquel; Ing. Montachini, Gladys; Mgs. Ing. O'Mill, Patricia; Ing. Bernasconi, Inés, Tec. López, Claudia; López Salvia, Ma. Carolina

ERSeP - ENTE REGULADOR DE SERVICIOS PÚBLICOS

Ing. Fedeli, Susana Norma; Ing., Gómez, Silvina del Valle

SECRETARÍA DE SERVICIOS PUBLICOS

Ab. Rodríguez, Patricia

MINISTERIO DE SALUD

HOSPITAL DE NIÑOS DE LA SANTISIMA TRINIDAD

Dc. Gait, Nilda; Mgs. Biologo Pierotto, Marcelo; Dc. Giunta Sandra

HOSPITAL SAN ROQUE

Dc. Goldaracena, Verónica

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTOS

SECRETARÍA DE AGRICULTURA

Ing. Riera, Jorge; Ing. Díaz Yofre, Felipe

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

CEQUIMAC - Facultad de Ciencias Químicas

Lic. Llinares Analía; Lic. Roque Pablo Andrés

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Mgs. Ing. Bracamonte, Enzo

SUBSECRETARIA DE RECURSOS HIDRICOS DE LA NACION

INA-CIRSA (ÁREA DE LIMNOLOGÍA APLICADA Y CALIDAD DE AGUA).

Dc. Halac, Silvana Raquel, Mgs. Biologa Rodríguez, María Inés, Mgs. Bioquímica Ruibal Conti, Ana Laura, Mgs. Bioquímica Ruiz, Marcia Andrea, Ing. Seleme, Macarena.

**MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO, MINERÍA Y DESARROLLO CIENTIFICO TECNOLOGICO
CEPROCOR**

Ing. Corpora, Roxana María; Lic. Gómez, Sandra Inés; Bioquímica Lucero, Patricia Antonia; Lic. Cañas, Irene; Bioquímica Crema, Natalia; Lic. Miralles Soledad Andrea.

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA
FACULTAD DE MEDICINA**

Dc Lerda, Daniel

LABORATORIO CENTRAL

Mgs. Bioquímica Grumelli, Yanina

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
CIQA**

Ing. Pepino Minetti, Roberto

AGUAS CORDOBESAS S.A.

Ing. Girbal, Alberto; Tec. Bonfanti, Enzo; Bioquímica Manger, Sandra Janine

FORO AMBIENTAL CÓRDOBA

Dc. Tosco, Cristián

**MUNICIPALIDAD DE CORDOBA
HOSPITAL INFANTIL MUNICIPAL**

Dc. Ricardo Fernandez

AÑO CIII - TOMO DCXX - N° 155 - MIÉRCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016
CORDOBA, (R.A.),



Introducción

El acceso al agua potable es fundamental para la salud, uno de los derechos humanos básicos y un componente de las políticas eficaces de protección de la salud.

La experiencia ha demostrado que la exposición al agua contaminada con bacterias continúa siendo la principal preocupación. Sin embargo se dispone de medidas para garantizar la inocuidad microbiana.

En este documento, se actualizó la información sobre numerosas sustancias químicas.

Actualmente, está más estudiado y aceptado que la exposición de la población a través del agua de consumo a algunas sustancias como, Flúor, Arsénico, Nitrato, Plomo, algunos Plaguicidas, etc., produce efectos nocivos sobre la salud. Es por esto que, en esta revisión, se puso hincapié en el estudio de estos parámetros.

Este documento contiene en sus páginas el cuerpo normativo destinado a establecer:

- a) La **calidad** de agua de bebida que debe suministrarse a la población en los servicios de abastecimiento público y
- b) El **control** sanitario que debe efectuarse sobre dicha agua.

Para normatizar la **calidad** y el **control** sanitario del agua para bebida en el ámbito provincial, se han adoptado los criterios y recomendaciones a que arribaran luego de un pormenorizado trabajo, de Profesionales del Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos, Secretaria de Recursos Hídricos, Secretaria de Servicios Públicos, Ersep, Ministerio de Salud Pública, Ceprocór, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos, Secretaria de Agricultura, Universidad Nacional de Córdoba, Cequimac, Universidad Católica de Córdoba, Laboratorio central de la UCC, Universidad Tecnológica de Córdoba, Facultad de ciencias Agropecuarias, Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, Aguas Cordobesas S.A. y la ONG “Foro del Ambiente”.

Puesto que el control de calidad del agua destinada a la bebida humana es una tarea que requiere de laboratorios de análisis específicamente equipados y con personal técnico-profesional entrenado idóneamente, en este documento también se establecen las condiciones técnicas mínimas que debe reunir y cumplimentar certificadamente un laboratorio para poder participar del sistema provincial de control de calidad de agua de bebida, y como laboratorio controlador de la prestación de los servicios públicos en una comunidad.

En las distintas secciones se incluyen: Estándares (Valores Límites) de Calidad, Métodos Analíticos y Procedimientos Técnicos-Administrativos para el Control de Calidad de Agua de Bebida.

Además, se establecen condiciones que hacen a la infraestructura edilicia, a la dotación de personal, al instrumental y materiales de la calidad y control de la tarea y a la seguridad e higiene de un laboratorio de análisis de aguas, conformando el conjunto la **Norma Provincial de Calidad y Control de Aguas para Bebida**.

La actualización de las presentes *Guías para la calidad del agua potable* incluye una revisión en profundidad de los métodos utilizados para garantizar la inocuidad microbiológica y la calidad físico-química. Esta revisión tiene en cuenta importantes novedades en la evaluación de los riesgos microbiológicos y el modo en que afectan a la gestión de los riesgos, como también de los compuestos inorgánicos, orgánicos que pudieran afectar la salud humana.

La WHO, a través de sus Normas Guías de Calidad nos sugieren la actualización permanente en cuanto a los valores límites que se van mejorando y actualizando para no afectar la salud humana.

Si existiera un parámetro no contemplado dentro de la presente Norma, se establecen como **Norma de referencia a las Nacionales (CAA Artículo 982 - Resolución Conjunta SPRyRS y SAGPyA N° 68/2007 y N° 196/2007 y su modificatoria Resolución Conjunta SPReI N° 34/2012 y SAGyP N° 50/201)**.

SECCION 1

ESTANDARES DE CALIDAD DE AGUAS PARA LA BEBIDA

AÑO CIII - TOMO DXXX - Nº 155
CORDOBA, (R.A.), MIÉRCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

SECCION 1

ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AGUA PARA BEBIDAS

1.1 Criterios de normalización

Los valores correspondientes a cada parámetro han sido determinados tratando de conciliar:

- a) Los requerimientos de salud.
- b) Las características de los recursos hídricos de la provincia.
- c) Los requisitos para la protección y mantenimientos de los Sistemas de Provisión de Agua, sistemas de distribución e instalaciones domiciliarias.
- d) La aceptabilidad por parte de la mayoría de los usuarios, en base a las características organolépticas del agua.
- e) A las condiciones socio económicas, geografías, geológicas de la provincia.

Los valores propuestos se fundamentan dentro de estos lineamientos, de modo de contribuir a la formación de criterio de los profesionales vinculados con el tema. En los casos en que no se dispuso de antecedentes suficientes, los valores se fijaron con carácter “provisorio” susceptibles a modificación.

Se han establecido dos valores: uno llamado “Valor aconsejable” y otro “Limite Tolerable”.

Valor Aconsejable: Es la concentración máxima de un componente que no significa peligro para la salud. Esto significa en realidad, el valor hacia el cual se debe tender en los suministros públicos. Es el objetivo a alcanzar.

Limite Tolerable: Es la concentración de un componente que no debe superarse, por significar un posible riesgo para la salud.

Sin embargo, no deben entenderse estos valores como absolutamente rígidos, sino que deben ser cuidadosamente considerados dentro del contexto nacional y aun local, pues es imposible cubrir todas las situaciones que se pueden presentar en sistemas de agua potable que difieren en aspectos económicos, geográficos, culturales y sociales. Por ello, los valores que superan concentraciones límites deben indicarse y prevenir a la población sobre los riesgos que pueden derivarse de la ingesta de agua y en el caso en que no exista otro suministro de agua, la “Autoridad de Salud” debe expedirse. **El Limite Tolerable es la meta actual y el Valor Aconsejable es la meta a alcanzar.**

A lo largo de éste documento se tiene en cuenta la evaluación de la carcinogenia potencial de las *sustancias químicas* en las personas que suele basarse en estudios a largo plazo con animales. En ocasiones, se dispone de datos sobre carcinogenia en personas, generalmente de la exposición.

Basándose en las pruebas disponibles, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC del inglés *International Agency for Research on Cancer*) clasifica las sustancias químicas en función de su riesgo cancerígeno potencial en los grupos siguientes:

- Grupo 1: el agente es cancerígeno para los seres humanos.
- Grupo 2A: el agente probablemente es cancerígeno para los seres humanos.
- Grupo 2B: el agente posiblemente es cancerígeno para los seres humanos.
- Grupo 3: el agente no puede clasificarse con respecto a su capacidad cancerígena para los seres humanos.
- Grupo 4: el agente probablemente no es cancerígeno para los seres humanos.

AÑO CIII - TOMO DCXX - N° 155
CORDOBA, (R.A.), MIERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

Al establecer valores de referencia para el agua de consumo, se tiene en cuenta, si existe, la evaluación del IARC de compuestos cancerígenos.

En general, puede decirse que las “*características físicas*” reflejan la calidad de un proceso de tratamiento, o si se ha producido un desmejoramiento en el Sistema de Distribución.

Para las “*características químicas*” se ha efectuado una separación entre los parámetros que tienen influencia directa sobre la salud y aquellos otros cuyo valor se fundamenta en razones de orden económico, estético o de aceptación.

Este temperamento es válido tanto para el responsable del suministro, como para quienes fiscalizan la calidad del agua, o para las autoridades encargadas de facilitar los medios para su mejoramiento.

AÑO CIII - TOMO DCXX - N° 155
CORDOBA, (R.A.), MIERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016



1.2 Características físicas y químicas que pueden afectar la aceptabilidad o estética – Fundamentos

Tabla 1.2.1 Parámetros que afectan la aceptabilidad o estética

Parámetro	Unidades de Medida	Valor Aconsejable	Limite Tolerable
Aluminio (Al)	mg.L ⁻¹	0,10	0,20
Cloruros (Cl)	mg.L ⁻¹	250	400*
Cobre (Cu)	mg.L ⁻¹	-	1
Color	U.C.	6	15*
Detergentes	mg.L ⁻¹	-	0,2
Dureza (CO ₃ Ca)	mg.L ⁻¹	80-200	500*
Hierro (Fe)	mg.L ⁻¹	0,10	0,20
Manganeso (Mn)	mg.L ⁻¹	0,05	0,10
pH	mg.L ⁻¹	6,5-8,5	6,5-8,5
Sabor y Olor	-	<i>No ofensivo para la mayoría de los usuarios</i>	<i>Ver tabla</i>
Sólidos Disueltos	mg.L ⁻¹	50-1000	2000*
Sulfato (SO ₄ ⁻)	mg.L ⁻¹	250	400
Turbiedad	UNT	1	2
Zinc (Zn)	mg.L ⁻¹	-	3

***Tabla 1.2.2 Valores a alcanzar en un plazo de 5 años**

Parámetro	Unidades de Medida	Valor Aconsejable	Limite Tolerable a alcanzar
Cloruros (Cl)	mg.L ⁻¹	250	350
Dureza (CO ₃ Ca)	mg.L ⁻¹	80-200	400
Sólidos Disueltos	mg.L ⁻¹	50-1000	1500
Color	U.C.	6	10

1.2.1 Aluminio

Las fuentes más comunes de aluminio en el agua de consumo son el aluminio de origen natural y las sales de aluminio utilizadas como coagulante en el tratamiento de agua (WHO, 2011).

Si bien la ingesta de aluminio se asoció directamente con la enfermedad de alzhéimer, recientes investigaciones determinaron que existen otros factores ambientales y genéticos que contribuyen al riesgo de contraer dicha enfermedad (J. Campdelacreu, 2014).

Está muy difundido el empleo de compuestos de aluminio para el tratamiento del agua. Cuando en el agua distribuida persisten concentraciones superiores a $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, se observa coloración. Como solución intermedia se ha propuesto un límite tolerable de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$. La presencia de aluminio puede aumentar la coloración del agua, cuando está, también, contiene hierro y puede conferir turbidez no deseable.

La contribución del agua de consumo a la exposición total por vía oral al aluminio suele ser menor que el 5% de la ingesta total (WHO, 2011).

El límite asignado para este elemento es de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$.

1.2.2 Cloruros

La presencia de cloruros en aguas de bebida no es perjudicial, a menos que alcancen concentraciones muy elevadas, en cuyo caso influyen marcadamente sobre el sabor, posibilitan su acción corrosiva y además pueden resultar nocivos a personas que sufren enfermedades cardíacas o renales. Por esta razón, las aguas de provisión deben tender a cumplir el valor aconsejable ($< 250 \text{ mg L}^{-1}$), pues se admite que con valores superiores a 300 mg.L^{-1} comienza la agresividad al hierro desnudo.

Los valores fijados se refieren principalmente a requerimientos de sabor, más que a efectos perjudiciales para la salud. El valor de sabor umbral para el ión cloruro oscila entre 200 mg.L^{-1} y 300 mg.L^{-1} , variando según predominan los cationes de calcio, potasio o sodio.

La tolerancia a los cloruros por los seres humanos varía con el clima y los esfuerzos físicos, pues los cloruros eliminados por la transpiración deben ser compensados por los cloruros ingeridos con los alimentos o con el agua. Hay referencias de que en regiones muy cálidas, concentraciones del orden de 900 a 1000 mg.L^{-1} no resultan perjudiciales.

De acuerdo a un estudio realizado en todas las perforaciones de la provincia de Córdoba, se detectaron concentraciones de cloruro desde 100 mg.L^{-1} hasta 1150 mg.L^{-1} (Blarasin, et. al., 2014).

Considerando que la presencia de éste ión en el agua, puede conferirle un sabor perceptible y que en concentraciones no muy altas, no es un elemento de riesgo para la salud, se propuso elevar el límite tolerable de 400 a 500 mg.L^{-1} . Hay que agregar que gran parte de la provincia de Córdoba se abastece de perforaciones donde los habitantes están habituados al consumo del agua mineralizada con sabor “salado”.

El límite asignado para este elemento es de 400 mg.L^{-1} .

El prestador del servicio tendrá un plazo de cinco años a partir de la publicación de la presente Norma, para adecuar su valor a 350 mg.L^{-1} .

1.2.3 Cobre

Las sales de cobre pueden presentarse naturalmente en aguas superficiales en concentraciones de hasta $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$. El aumento de su concentración en agua de bebida es generalmente resultado de la acción corrosiva del agua sobre el cobre, bronce o latones de cañerías de distribución, la contaminación por descargas industriales o el uso de sulfato de cobre para control de crecimiento de organismos planctónicos.

El cobre es generalmente considerado como no tóxico a las concentraciones en que se halla en agua de bebida.

Los problemas que generan valores superiores al límite, son el sabor amargo que proporcionan al agua, el manchado de ropa y artefactos sanitarios y efectos corrosivos. La concentración umbral de sabor es de 1 a 2 mg.L⁻¹.

El cobre es un elemento esencial para la nutrición; un adulto requiere hasta 3 mg /día y un niño 2 mg/día; en estos su deficiencia produce anemia nutricional. No existe evidencia de envenenamiento como resultado del consumo de agua con alto contenido de cobre. La mayor parte del cobre ingerido es excretado.

El límite tolerable para éste metal es de 1 mg.L⁻¹.

1.2.4 Color

El color natural de un agua puede ser de origen mineral, debido a compuestos de hierro y/o manganeso; o de origen orgánico, producto de la descomposición de materia orgánicas materias húmicas, algas, plantas acuáticas y protozoarios.

El color de las aguas también, puede ser originado por residuos solubles orgánicos e inorgánicos producidos por las industrias, en cuyo caso, constituye un peligro.

Colores de hasta seis (6) unidades no son perceptibles por la mayor parte de los usuarios, cuando se observan volúmenes de agua más o menos pequeños, como un vaso o jarra de uso doméstico.

Colores de quince (15) unidades no son objetables, pero podrían ser percibidos por los usuarios y además evidenciar deficiencias en el tratamiento o desmejoramiento de la calidad en la red de distribución.

Valores superiores al límite tolerable, no justifican de por si el rechazo del agua para la provisión, si su origen, cuidadosamente investigado, no provoca sospechas respecto de su inocuidad. Un nivel alto de color también puede indicar una gran propensión a la generación de subproductos en los procesos de desinfección.

De acuerdo a la experiencia, se sabe que los consumidores pueden acudir a fuentes alternativas, quizás inseguras, cuando el agua muestra altos niveles de color. Por lo cual se asigna un límite tolerable de 15 UC.

El prestador del servicio tendrá un plazo de cinco años a partir de la publicación de la presente Norma, para adecuar su valor a 10 UC.

1.2.5 Detergentes

En muchos países, los detergentes aniónicos persistentes se han sustituido por otros que se biodegradan con más facilidad y, por tanto, las concentraciones detectadas en fuentes de agua han disminuido sustancialmente.

No se debe permitir que la concentración de detergentes en el agua de consumo alcance niveles que ocasionen la formación de espuma o problemas de sabor. La presencia de cualquier detergente puede indicar la contaminación del agua de origen con aguas residuales (WHO, 2011).

El límite tolerable para éste parámetro es de 0,2 mg L⁻¹.

1.2.6 Dureza Total

La dureza de las aguas está relacionada principalmente por la presencia de los cationes de Calcio y Magnesio. Otros cationes tales como, Aluminio, Manganeso, Hierro, Zinc, etc. en cantidades significativas, también producen dureza. Las aguas con valores de “dureza total” aún superiores a los consignados en tablas, no parecen tener efectos perjudiciales para la salud.

Los inconvenientes ocasionados por durezas elevadas, son particularmente de carácter económico, en el ámbito doméstico e industrial. Ejemplo de ello son, elevado consumo de jabón en el

lavado, endurecimiento de los vegetales en la cocción, formación de incrustaciones en calderas, artefactos de calentamiento de aguas y en cañerías, aún a temperatura ambiente.

Por otra parte, la dureza del agua está relacionada con su capacidad de formación de una capa protectora en el interior de las cañerías; por lo tanto se fija un mínimo de 80 mg.L^{-1} que tiene por finalidad de prevenir el desmejoramiento de la calidad del agua por posibles problemas de corrosión.

El valor del umbral gustativo del ión calcio se encuentra entre 100 y 300 mg.L^{-1} , dependiendo del anión asociado, mientras que el del magnesio es probablemente menor que el del calcio. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 500 mg.L^{-1} (Guías para la Calidad de Agua Potable, WHO 2011).

El límite tolerable para dureza es de 500 mg.L^{-1} .

El prestador del servicio tendrá un plazo de cinco años a partir de la publicación de la presente Norma, para adecuar su valor a 400 mg.L^{-1} .

1.2.7 Hierro Total

El hierro es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre. Está presente en aguas dulces naturales en concentraciones de $0,5$ a 50 mg.L^{-1} .

El hierro es un elemento esencial para la nutrición humana. En concentraciones por encima de $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$, el hierro mancha la ropa lavada y los accesorios de fontanería, sin embargo en estos valores no se aprecia sabor en el agua.

La Organización Mundial de la Salud, no propone valor de referencia basado en efectos sobre la salud, de todos modos asigna una concentración de 2 mg.L^{-1} por encima de la cual no supone un riesgo para la salud (Guías para la Calidad de Agua Potable, WHO 2011).

Las aguas ferruginosas y manganosas pueden dar lugar a que se desarrollen, en zonas de poca circulación del agua o en depósitos, las llamadas “bacterias del hierro y el manganeso” confiriéndole olor fétido y color. El ion ferroso al entrar en contacto con la atmósfera, se oxida a férrico, y tiñe el agua de un color marrón rojizo no deseable.

El límite tolerable es de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$.

1.2.8 Manganeso

La presencia de Manganeso en las aguas de bebidas origina inconvenientes ya que, concentraciones superiores al límite tolerable ($0,10 \text{ mg.L}^{-1}$), pueden producir turbiedad, sabor indeseable, manchado de ropa, de artefactos sanitarios y depósitos en los sistemas de distribución. Aún a concentraciones de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$, el Manganeso puede formar una película en las conducciones que puede desprenderse como un precipitado de color negro.

El Manganeso es un elemento esencial en la alimentación para el ser humano y otros animales, su deficiencia produce alteraciones en el desarrollo, en la producción de sangre, en la formación de los huesos y en la reproducción. Tanto la carencia como la sobreexposición pueden causar efectos adversos.

Concentraciones de Manganeso que afectan la salud, están cuatro veces por encima del umbral gustativo, que es de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ (Guías para la Calidad de Agua Potable, WHO, 2011).

El límite tolerable adoptado es de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$.

1.2.9 pH

El pH a pesar de no afectar a los consumidores, es uno de los parámetros más importantes de la calidad de agua.

Para que la desinfección sea eficiente, es preferible que el pH sea menor a 8, sin embargo el agua con pH más bajos puede ser corrosiva (Guías para la Calidad de Agua Potable, WHO, 2011).

El pH del agua tiene influencia en su sabor, su acción corrosiva o incrustante, la eficiencia bactericida del Cloro y su efecto disolvente sobre los metales de las instalaciones. En consecuencia, un pH inadecuado del agua de bebida, puede ocasionar un desmejoramiento de su calidad, por aumento del color o turbiedad, o incorporar eventualmente metales como Plomo, Zinc, Hierro etc., o disminuir la eficiencia de la desinfección.

Se deben tomar todas las medidas necesarias para proteger las instalaciones del Sistema de Aprovechamiento de agua ante cambios del pH.

Su valor deberá estar comprendido entre 6,5 y 8,5 ± 0,5 unidades.

1.2.10 Sabor y Olor

Los sabores y olores en las aguas pueden ser producidos por la presencia de algas, hongos, crecimientos bacterianos y sustancias orgánicas; en la mayor parte de los casos interrelacionados.

Todas las aguas potables poseen cierto sabor y olor. No obstante, el agua debe presentar olor y sabor inobjetable para la mayoría de los usuarios. El agua de consumo debe tener un aspecto, sabor y olor aceptables para el consumidor.

Los sabores y olores del agua potable, en el marco de un servicio público, oneroso y regulado para consumo pueden ser originados por contaminantes químicos (naturales o sintéticos, orgánicos e inorgánicos), fuentes o procesos biológicos (microorganismos acuáticos, o resultado de las actividades metabólicas de las algas); o ser el resultado del funcionamiento deficiente de algún proceso durante el tratamiento o la distribución del agua.

Existe una serie de sustancias que provocan sabores y olores indeseables en el agua para bebida, en la siguiente tabla se listan dichas sustancias, su origen o fuente y los umbrales de percepción o detección sensorial.

Tabla 1.2.3 Compuestos que generan sabores y olores en el agua de consumo

Compuesto	Fuente	Sabor y Olor	Umbral de percepción
Geosmina	Actinomicetos Cianobacterias	Tierra	< 0,00001 mg.L ^{-1 a}
2-Metil Isoborneol	Actinomicetos Cianobacterias	Moho (humedad)	
n-hexanal	Algas flageladas (Ej: Ceratium Hirundinela)	Pescado	0,0008 mg.L ^{-1 b}
2-trans, 4-cis, 7-cis-decatrienal	Cianobacterias	Pescado	0,025 mg.L ^{-1 c}
Cloro	Desinfección del agua	Cloro	0,6 mg.L ^{-1 d}
Cloraminas	Desinfección del agua	Cloro	0,28 mg.L ^{-1 e}
Sulfuro de hidrógeno	Bacterias anaeróbicas	Huevo podrido	0,05 mg.L ^{-1 d}
Clorofenoles	Cloración de los fenoles	Medicinal	0,01, 0,04 y 0,3* mg.L ^{-1 d}

* Para: 2-clorofenol, el 2,4-diclorofenol y el 2,4,6-triclorofenol respectivamente

a) WHO, 1999.

b) Omur-Ozbek, et. al., 2008.

c) Fenaroli's handbook of flavor ingredients. 6 Edition.

d) WHO, 2004.

e) Khiari, D, 2002.

Se deben monitorear las sustancias indicadas y evitar su presencia por encima de los umbrales de percepción para evitar episodios de sabor y olor que provoquen alarma y queja de los consumidores.

1.2.10.1 Geosmina

La geosmina o trans-1,10-dimethyl-trans,9-decanol fue identificada a partir de cultivos de actinomicetos. Es el principal compuesto que causa problemas de calidad del agua con relación a sabores y olores ya que a menudo está presente con bajas concentraciones de células de Anabaena. Los géneros de Cianobacterias que producen geosmina son: Anabaena, Aphanizomenon, Lyngbya, Microcystis, Oscillatoria, Phormidium, Schizotrix, Plantothrix y Simploca (Leda Giannuzzi, et al., 2009). La presencia de geosmina, aunque no es tóxica, presenta un olor muy similar al que produce el insecticida organoclorado, comercialmente denominado “Gamexane”.

1.2.10.2 2-Metilisoborneol

Se han identificado como organismos productores del 2-metilisoborneol (MIB) o 2-exo1,2,7,7-tetramethyl-bicyclo-(2,2,1)-heptan-2-ol, las especies Oscillatoriatenuis, Oscillatoriasp. Uroglena americana, Pseudoanabaena y Phormidium. Dicho compuesto no es tóxico (The handbook of Environmental Chemistry, 1998), pero altera significativamente las características organolépticas del agua al generar olores y sabores desagradables (Smith L., et al., 2008). En ocasiones, al igual que la geosmina, puede causar trastornos respiratorios y digestivos en personas sensibles (Echenique R., et al., 2006).

1.2.10.3 Cloro

El cloro se produce en grandes cantidades y se utiliza habitualmente en el ámbito industrial y doméstico como un notable desinfectante y como lejía. En particular, se utiliza ampliamente para la desinfección de piscinas y es el desinfectante y oxidante más utilizado en el tratamiento del agua de consumo. El cloro reacciona con el agua formando ácido hipocloroso e hipocloritos.

La mayoría de las personas pueden detectar, mediante el olfato o el gusto, la presencia en el agua de consumo de concentraciones de cloro bastante menores que 5 mg.L^{-1} (Valor de referencia de la WHO). Si la concentración de cloro libre residual alcanza valores de 0,6 a $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$, aumenta la probabilidad de que algunos consumidores encuentren desagradable el sabor del agua (WHO, 2006).

1.2.10.4 Cloraminas

Las mono-, di- y tricloraminas se consideran subproductos de la cloración del agua de consumo y se forman cuando se añade amoníaco al agua clorada. También puede añadirse monocloramina en los sistemas de distribución de agua potable para mantener una actividad residual de desinfección. La utilización de cloraminas en lugar de cloro para la desinfección disminuye la formación de trihalometanos en las aguas de consumo, pero se ha descrito la formación de otros subproductos, como halocetonas, cloropicrina, cloruro de cianógeno, ácidos haloacéticos, haloacetónitrilos, aldehídos y clorofenoles, y la monocloramina se considera un desinfectante menos eficaz que el cloro.

La mayoría de las personas pueden detectar mediante el olfato o el gusto la presencia en el agua de consumo de monocloramina, generada por la reacción del cloro con el amoníaco, en concentraciones mucho menores que 5 mg/l , y algunas a niveles tan bajos como $0,3 \text{ mg L}^{-1}$. El umbral gustativo de la monocloramina es menor que su valor de referencia basado en efectos sobre la salud (WHO, 2006).

1.2.10.5 Sulfato de hidrógeno

Se calcula que los umbrales gustativo y olfativo del sulfuro de hidrógeno en el agua se encuentran entre 0,05 y 0,1 mg L⁻¹. El olor a «huevos podridos» del sulfuro de hidrógeno resulta especialmente perceptible en ciertas aguas subterráneas y en el agua de consumo estancada en el sistema de distribución; ello se debe al agotamiento del oxígeno y a la consiguiente reducción del sulfato por la actividad bacteriana. El sulfuro se oxida rápidamente a sulfato en aguas bien oxigenadas o cloradas, de modo que los niveles de sulfuro de hidrógeno en sistemas de abastecimiento de agua suelen ser muy bajos. Cuando el agua de consumo contiene sulfuro de hidrógeno, los consumidores lo pueden detectar con facilidad y es necesario aplicar inmediatamente medidas correctoras. No es probable que una persona pueda ingerir una dosis dañina de sulfuro de hidrógeno en el agua de consumo y, por tanto, no se ha establecido un valor de referencia basado en efectos sobre la salud para este compuesto.

1.2.10.6 Clorofenoles

La presencia de clorofenoles en el agua de consumo es resultado de la cloración de los fenoles, como subproductos de la reacción del hipoclorito con ácidos fenólicos, como biocidas o como productos de degradación de herbicidas fenoxiacidos. El 2-clorofenol, el 2,4-diclorofenol y el 2,4,6-triclorofenol son los que aparecen con mayor frecuencia en el agua de consumo como subproductos de la cloración.

Los umbrales gustativos y olfativos de los clorofenoles son generalmente muy bajos. Los umbrales gustativos en agua del 2-clorofenol, el 2,4-diclorofenol y el 2,4,6-triclorofenol son 0,1, 0,3 y 2 µg.L⁻¹, respectivamente. Los umbrales olfativos son 10, 40 y 300 µg.L⁻¹, respectivamente. Si el agua que contiene 2,4,6-triclorofenol no tiene ningún sabor, es improbable que suponga un riesgo importante para la salud. Puede haber microorganismos en los sistemas de distribución que metilen los clorofenoles y produzcan cloroanisoles, cuyo umbral olfativo es bastante más bajo (WHO, 2006).

1.2.11 Sólidos Disueltos Totales

La concentración elevada de “sólidos disueltos totales” en el agua de bebida, ocasiona una serie de inconvenientes: influencia sobre el sabor (que en conjunto guarda relación con otros parámetros como cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, sodio y potasio), precipitación durante la cocción de alimentos, depósitos en calderas y recipientes de uso doméstico, corrosión en instalación de redes de distribución como consecuencia de la mayor conductividad del agua, pudiendo con ello desmejorarse su calidad en cuanto al color, turbiedad, presencia de hierro, plomo, zinc, etc.

Las aguas que contienen entre 2000 y 4000 mg.L⁻¹ de sólidos disueltos presentan sabores desagradables, pueden no calmar satisfactoriamente la sed y resultar laxantes para personas no habituadas a su ingestión.

Para que un agua no sea excesivamente agresiva debe contener una concentración mínima de sólidos disueltos. En general se considera que la concentración salina de aguas de buena calidad no debe ser menor 50 mg.L⁻¹, ni mayor de 1000 mg.L⁻¹, siendo estos valores a los que se deben tender, salvo que no exista la posibilidad de otra fuente.

El límite fijado es de 2000 mg.L⁻¹.

El prestador del servicio tendrá un plazo de cinco años a partir de la publicación de la presente Norma, para adecuar su valor a 1500 mg.L⁻¹.

1.2.12 Sulfatos

Los Sulfatos se encuentran naturalmente en las aguas como resultado de la lixiviación del yeso y otros minerales comunes. También se producen como resultado final de la oxidación de sulfuros, sulfitos y tiosulfatos y de la materia orgánica del ciclo del azufre, que a su vez es fuente de energía para las sulfo-bacterias que transforman a los sulfuros en sulfatos; así también pueden provenir de diversas descargas industriales.

La limitación impuesta al contenido de sulfatos se basa principalmente en que, de acuerdo a su concentración puede conferir al agua sabor desagradable y ejercer acción laxante en personas no habituadas a su ingesta. (Cuando el catión que acompaña al Sulfato es el Magnesio, el efecto laxante es mayor). Sin embargo, son frecuentes en nuestro país los abastecimientos públicos con concentraciones de sulfatos superiores a 250 mg.L⁻¹ sin que se hayan observado efectos fisiológicos perjudiciales y el valor tomado de 400 mg.L⁻¹, está basado en condiciones gustativas.

En el territorio cordobés, las concentraciones de sulfato, en aguas subterráneas de algunas localidades, pueden alcanzar valores de hasta 1000 mg.L⁻¹ (Blarasin et. al, 2014).

En la última edición de las Guías para la Calidad de Agua Potable de La WHO, no se proponen valores de referencia basados en efectos sobre la salud, para este ión.

En cuanto a la influencia sobre el sabor, puede considerarse que, en términos generales los niveles umbral de sabor están comprendidos dentro de las siguientes concentraciones:

Sulfato de Sodio:.....	200 - 250 mg.L ⁻¹
Sulfato de Calcio:.....	250 - 900 mg.L ⁻¹
Sulfato de Magnesio:.....	400 - 600 mg.L ⁻¹

El valor tolerable fijado para este parámetro es de 400 mg.L⁻¹.

1.2.13 Turbiedad

El valor de turbiedad de un agua de consumo tiene significancia desde distintos puntos de vista:

- Estéticos: Los consumidores rechazan aguas, que no sean cristalinas, aunque sean de buena calidad química y bacteriológica.
- Desinfección: Altos valores de turbiedad pueden proteger a los microorganismos de la acción de los desinfectantes y estimular el crecimiento de bacterias.

Hasta el valor de una (1) unidad, la turbiedad no es perceptible para la mayoría de los usuarios. Las aguas con turbiedades comprendidas dentro del límite tolerable, no son en realidad objetables desde el punto de vista higiénico, pero pueden evidenciar una deficiencia de tratamiento o un desmejoramiento de la calidad en el sistema de distribución.

Valores ocasionales de turbiedad superiores al “límite tolerable” 2 (UNT) no justifican de por sí el rechazo del agua para la provisión si su origen, cuidadosamente evaluado no implica riesgos para la salud. Para juzgar un agua de turbiedad elevada deben tomarse simultáneamente en consideración otros parámetros, entre ellos principalmente el resultado de análisis biológicos. También la turbiedad es un parámetro operativo importante en el control de los procesos de tratamiento, y puede indicar la existencia de problemas, sobretodo en la coagulación, sedimentación, y en la filtración.

El límite fijado para este parámetro es de 2 UNT.

1.2.14 Zinc

El zinc es un elemento esencial para la nutrición. Los requerimientos diarios fluctúan entre 4 y 10 mg según edad y sexo. La ingesta de cantidades superiores a las señaladas, de manera prolongada, no provocan efectos negativos.

El valor límite que se ha establecido se basa en consideraciones organolépticas, puesto que el agua que contiene zinc en cantidades superiores a 5 mg.L⁻¹, tiene un sabor astringente, desagradable y

puede ser opalescente y producir una película grasosa cuando se la hierva. El agua potable rara vez tiene una concentración superior a $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$.

El umbral gustativo del zinc es de aproximadamente 4 mg.L^{-1} , a partir de ese valor los usuarios rechazan el agua, por lo que la Comisión Revisora decidió bajar el límite de 5 a 3 mg.L^{-1} .

El límite fijado para este parámetro es 3 mg.L^{-1} .

AÑO CIII - TOMO DCXX - N° 155
CORDOBA, (R.A.), MIERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

1.3 Componentes inorgánicos de acción directa para la salud - Fundamentos

La mayor parte de los conocimientos sobre el daño o la toxicidad que ciertos componentes del agua producen al hombre, está basada en observaciones clínicas y experimentos con animales. Los métodos convencionales para determinar el daño de toxicidad, no siempre son adecuados para evaluar los riesgos a largo plazo y sobre todo los ligados a carcinogénesis, teratogénesis, y efectos mutágenos. De hecho, en las dosis en que habitualmente se encuentran en el agua para beber, ninguno de los compuestos hallados pueden provocar un fenómeno de toxicidad aguda; esto no excluye que haya zonas en las que el agua que se ingiere pueda provocar a corto plazo un cuadro de intoxicación.

Ciertos elementos tóxicos, debido a su presencia hacen rechazar el empleo de un agua. Otros, pueden ser en general tolerados si no se sobrepasan ciertos límites. Además, debe tenerse en cuenta una especie de sinergismo de la toxicidad, que haría intervenir no solamente los aportes de cada tóxico considerado aisladamente, sino también un efecto nocivo global, superior a la suma de los efectos de los elementos tóxicos presentes.

Ciertos países imponen no sin razón, un límite a la presencia simultánea de diferentes productos, cuyas concentraciones deben satisfacer la relación:

$$\sum \frac{C_i}{CMA_i} < 1$$

Donde: C_i = Contenido del elemento en cuestión o tóxico en el agua.

CMA_i = Concentración Máxima Admisible del elemento considerado.

A continuación, se dan los cuadros donde se consignan los Límites Tolerables para componentes tóxicos de acción directa sobre la salud. Se han dividido para su ordenamiento en parámetros de naturaleza inorgánica y parámetros de naturaleza orgánica.

Tabla 1.3.1 Parámetros inorgánicos

Parámetros	Unidades de Medida	Límite Tolerable
Arsénico (As)	$\mu\text{g.L}^{-1}$	50 _{p1}
Cadmio (Cd)	$\mu\text{g.L}^{-1}$	5
Cromo (Cr)	$\mu\text{g.L}^{-1}$	50
Cianuro (CN ⁻)	mg.L^{-1}	0,10
Fluoruro (F ⁻)	mg.L^{-1}	1,7*
Mercurio (Hg)	$\mu\text{g.L}^{-1}$	1
Nitrato + Nitrito (NO ₃ ⁻)	mg.L^{-1}	45
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg.L^{-1}	0,10
Plomo (Pb)	$\mu\text{g.L}^{-1}$	10
Selenio (Se)	$\mu\text{g.L}^{-1}$	10
Plata (Ag)	$\mu\text{g.L}^{-1}$	50
Boro (B)	mg.L^{-1}	0,5
Vanadio (V)		<i>ver fundamentos</i>
Uranio (U)		<i>En revisión</i>

p₁ = Provisorio, hasta realización estudios epidemiológico

*Se deberá adecuar a 1,5 mg.L^{-1} en un plazo de cinco años.

41.3.1 Arsénico

Origen

El Arsénico puede encontrarse en el agua en forma natural y a veces en concentraciones muy altas, debido a su presencia en la corteza terrestre y por procesos de erosión o vulcanismo o debido a las descargas industriales.

En el ambiente el arsénico inorgánico se encuentra como As metálico, arsénico trivalente (III) como Trióxido de Arsénico (As_2O_3) y arsénico pentavalente (V) como pentóxido de Arsénico (As_2O_5).

En medios con alta concentración de oxígeno o alcalinos, el As se encuentra preferentemente en forma pentavalente, en tanto que en los medios con baja concentración de oxígeno o ácidos se encontrará en forma trivalente. Además el As puede encontrarse en el ambiente como mono o dimetilado, producido por el metabolismo de ciertas bacterias y algas.

Exposición y riesgo toxicológico

La exposición humana al arsénico ambiental puede ocurrir a través de los alimentos, el agua para consumo o el aire. En la población general, no ocupacionalmente expuesta, la principal vía de ingreso del arsénico al organismo es la digestiva a través del agua y de los alimentos.

Existen regiones en donde el consumo continuo y prolongado de aguas de pozo con alto contenido de arsénico, produce manifestaciones dermatológicas y viscerales que se denominan HACRE (Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico) (Bocanegra, et.al., 2002).

El (HACRE) es una enfermedad producida por el consumo de arsénico en aguas de bebida, que se caracteriza por presentar lesiones en la piel y alteraciones sistémicas cancerosas y no cancerosas, luego de un período variable de exposición a concentraciones elevadas de arsénico en agua de consumo diario (bebida y preparación de alimentos). Los efectos tóxicos del arsénico afectan a personas de todas las edades, principalmente a aquellas que viven en la pobreza y con desnutrición. De esta manera, se han identificado como grupos susceptible, niños, mujeres embarazadas y en lactancia, individuos con estado nutricional deficitario y con enfermedades preexistentes (ATSDR, 2007).

Entre los efectos crónicos carcinogénicos se observan el cáncer de hígado, piel, próstata, pulmón, riñón y vejiga; su frecuencia de aparición en la población depende de la concentración del arsénico en el agua potable y/o alimentos y de la cantidad en el consumo de estos medios contaminados.

Desde una perspectiva clínico-epidemiológica, se enfatiza que el riesgo está relacionado con varios factores, como la dosis y la duración de la exposición, la forma físico-química del compuesto arsenical, la vía de exposición, la edad y el estado nutricional de los individuos, así mismo, hay estudios que vinculan el componente genético con la capacidad de depuración del arsénico del organismo (Esparza C. et. al. 2004).

Antecedentes

El gran número de casos de HACRE en la ciudad de Belle Ville determinó que esta patología se conociera como "enfermedad de Belle Ville" hasta 1913, año en que Goyenechea y Pusso relacionaron las patologías observadas con el consumo de agua con arsénico. Esta patología fue descrita en detalle por Ayerza y la denominó "arsenicismo regional endémico" (1917).

En nuestra provincia hay suficiente evidencia de los efectos del arsénico en agua de bebida y problemas de salud en la población expuesta. Se pueden mencionar los trabajos de los siguientes autores publicados en distintas revistas: Tello, E.E., Pusso, A. Goyenechea, M., Ayerza, A. Bergoglio, R.M, Matos, E.L. Guatelli, M.A.; Gallego Gandara de Fernicola.

El *International Agency for Research on Cancer* (IARC) clasificó al arsénico inorgánico dentro del Grupo 1. Esta agencia internacional en sus reportes del año 2012, realizó una evaluación de estudios epidemiológicos provenientes de Taiwán, Chile, Córdoba (Argentina) y Bangladesh en donde concluye que: *Existe evidencia suficiente para confirmar la asociación entre la exposición a As a través del consumo de agua de bebida y el cáncer de pulmón, vejiga y piel, sin embargo, la evidencia es limitada para la asociación entre la exposición a As por agua de bebida y cáncer de hígado, riñón y próstata* (IARC, 2012).

Límite Tolerable

El límite tolerable adoptado para arsénico es de $50 \mu\text{g.L}^{-1}$, el cual es un valor provisorio.

Valor Provisorio: por falta de estudios epidemiológicos, los cuales están en curso, y por estar presente naturalmente en altas concentraciones en cursos de agua.

El criterio de los estudios se rige de acuerdo a los artículos 85 y 86, correspondiente a los planes quinquenales de salud y ambiente del capítulo 15, acciones de salud ambiental, ley 10208 de política ambiental provincial.

1.3.2 Cadmio

Origen

El cadmio es un elemento relativamente raro en la corteza terrestre. Se presenta asociado con minerales de cinc y plomo y pueden encontrarse trazas en algunos carbones minerales y petróleo. Todo tipo de terrenos y rocas incluso minerales de carbón y abonos minerales contienen algo de cadmio.

Dentro de los usos que posee este metal, se puede mencionar industria metalúrgica, plaguicidas, fertilizantes, se libera en la combustión de plantas incineradoras.

Exposición y riesgo toxicológico

El cadmio entra al aire de fuentes como la minería, industrias y al quemar carbón y desechos domésticos. Ingresa en el agua y al suelo de vertederos, de derrames, o escapes en sitios de desechos peligrosos.

Además el cadmio puede acumularse en alimentos como granos de trigo y arroz, o en vísceras.

La solubilidad del cadmio en agua, está influenciada por la naturaleza de la fuente de origen y por la acidez del agua.

Las aguas de consumo normalmente tienen bajos contenidos de cadmio, del orden de $1 \mu\text{g L}^{-1}$ o menor. Ocasionalmente los niveles pueden elevarse a $5 \mu\text{g L}^{-1}$ y en raras ocasiones pueden llegar a $10 \mu\text{g L}^{-1}$.

Es probable que los niveles de cadmio puedan ser altos en áreas abastecidas con aguas blandas de bajo pH, dado que estas tienden a ser más corrosivas para cualquier sistema de plomería que contenga cadmio. El nivel de este elemento en una muestra de agua, es probable que sea función del tiempo que dicha agua haya estado en contacto con el sistema de plomería y como consecuencia se producen variaciones en su concentración.

El cadmio, es un elemento biológicamente no esencial para el organismo y se lo reconoce como de alto potencial tóxico; tendiéndose a concentrarse en el hígado, riñón, páncreas y tiroides de los humanos y animales.

Las exposiciones gastrointestinales prolongadas al cadmio provoca daño en el funcionamiento de los túbulos renales, expresado como una elevada prevalencia de proteínas en la orina. En la población femenina multipara expuesta a condiciones extremas, provoca una alteración en el metabolismo del calcio que se manifiesta como una osteomalacia (Osteomalacia: Reblandecimiento óseo generalizado por disminución del calcio disponible, debido a interferencias en la función fijadora fosfocálcica). Con osteoporosis (Proceso de disminución de la densidad ósea, que lleva a una debilidad estructural del hueso.) (Enfermedad de Itai-Itai).

El cadmio tiene un tiempo de vida medio prolongado en el cuerpo humano (13 a 18 años), por lo tanto se acumula con la edad. El cadmio absorbido se encuentra en sangre tanto en los glóbulos rojos como en el plasma unido a proteínas ricas en grupos sulfhídricos.

Antecedentes

En un estudio realizado en el sur de Córdoba, en muestras extraídas en capas freáticas y pozos semisurgentes, se encontraron concentraciones por debajo de $5 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Pérez Carrera, et al., 2006).

El IARC, ha clasificado el cadmio y sus compuestos en el grupo 2A por inhalación, no obstante no hay pruebas que sea cancerígeno por vía oral ni pruebas concluyentes de su genotoxicidad (WHO, 2011).

Límite Tolerable

El límite fijado para el cadmio es de $5 \mu\text{g.L}^{-1}$.

1.3.3 Cianuro

Origen

El ácido hidrocianico disociado produce ión cianuro en agua. Su disociación depende del pH; la forma iónica predomina a un pH superior a 8,2. La conversión de cianuro a cianato que es una forma menos tóxica, ocurrirá a niveles de pH de 8,5 o superiores.

Exposición y riesgo toxicológico

En general en aguas crudas, su concentración es menor de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$, excepto en los casos de serias contaminaciones, principalmente descargas industriales, como procesamiento de minerales de oro, galvanoplastia y la producción de aceros y metales, (SRHN, 2003). La cloración del agua potable, bajo condiciones neutras o alcalinas, reduce la concentración de cianuro a valores muy bajos. La cloración del agua a pH 8,5 convierte los cianuros en cianatos, los cuales finalmente se descomponen en dióxido de carbono y nitrógeno. En las aguas naturales los cianuros son descompuestos por la acción de las bacterias.

El cianuro a dosis adecuadas (10 mg o menos) se transforma rápidamente en tiocianato dentro del organismo. Los efectos tóxicos letales generalmente ocurren solo cuando el mecanismo de desintoxicación se deteriora; cuando esto sucede el ácido cianhídrico es transportado hasta los tejidos inhibiendo los procesos de oxido-reducción celular, produciendo en una primera etapa vértigos y zumbidos, sensación de ahogo, palpitaciones y obnubilación; en una segunda etapa ocurre la pérdida del conocimiento con o sin convulsiones y coma; que puede o no desembocar en la muerte.

El ácido cianhídrico ocasiona lesiones nerviosas análogas a las del monóxido de carbono; atrofia muscular de los miembros, dismetría y convulsiones epileptoides.

Antecedentes

En países desarrollados el cianuro puede ser encontrado en algunos alimentos y en agua de consumo, principalmente por contaminación industrial. En la última edición de las Guías Para la Calidad de Agua Potable, de la WHO, no proponen valores guía para éste compuesto, porque consideran que es poco probable su presencia en el agua en valores que afecten la salud (WHO 2011).

En nuestro país se han detectado en los ríos, Uruguay, Paraná e Iguazú, concentraciones de cianuro en un rango de $0,002$ a $0,03 \text{ mg L}^{-1}$ de cianuro (SRHN 2003).

Límite Tolerable

El límite establecido es de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$

1.3.4 Cromo

Origen

El cromo no se presenta en la naturaleza como metal libre. Tampoco se lo encuentra en aguas naturales, su presencia se debe a efectos de la polución industrial. En la provincia de Córdoba, la fuente principalmente se debe a Curtiembres. Argentina ocupa en el mercado mundial de cuero el quinto lugar de cueros frescos bovinos. Existen 200 curtiembres, más del 80% están localizadas en la región centro, provincia de Buenos Aires, Córdoba y Santa fe (Unidad pediátrica de Tóxico Ambiental. Hospital de Niños Santísima Trinidad).

Exposición y riesgo toxicológico

Cantidades de algunos μg de cromo son consideradas como útiles para el equilibrio del metabolismo de la glucosa. Ciertos autores indican que este metal tendría un efecto protector contra la arteriosclerosis.

El cromo (VI) se absorbe fácilmente a través de las membranas celulares a nivel del retículo endoplasmático se reduce a cromo (III), que tiene la capacidad de formar complejos estables con las macromoléculas celulares. En pruebas in-vitro se ha demostrado que el cromo (VI) es mutagénico; no así el cromo (III).

La intoxicación aguda por la ingesta de cromatos solubles produce daño en el tracto gastrointestinal y shock cardiovascular. Como secuelas se observan necrosis hepática y renal y daños en el sistema hematopoyético. La dosis letal oral de cromatos solubles en humanos es de $50\text{-}70 \text{ mgkg}^{-1}$ de peso corporal.

Las aguas de distribución debido a la cloración contienen generalmente cromo de la forma hexavalente, siendo este más tóxico que el trivalente.

El IARC clasificó al cromo (VI) en el Grupo 1 y al cromo (III) en el Grupo 3.

Antecedentes

En un estudio realizado al sud oeste de la provincia de Córdoba, se detectaron concentraciones de cromo en agua superficial y subterránea menores de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$, en el cual se concluye que la presencia del mismo en el agua se debe a la existencia de una curtiembre próxima a la zona de estudio (Matteoadá E., Et al., 2009).

Límite Tolerable

El valor adoptado de $50 \mu\text{g.L}^{-1}$, es muy inferior a la dosis tóxica, pero se estima que este elemento debería estar completamente ausente del agua de bebida, por ser un indicador de contaminación de origen industrial.

1.3.5 Fluoruro

Origen

El flúor es un elemento común ampliamente distribuido en la corteza terrestre, y existe en la forma de fluoruro en numerosos minerales.

Todos los vegetales contienen algo de flúor, el que es absorbido del suelo y agua. Particularmente el té, puede contener altas concentraciones de flúor, y los niveles en té seco llegan hasta 100 mg Kg^{-1} (WHO, 2011).

El flúor, como elemento puede encontrarse en los gases volcánicos, como fluorita o presentarse como espato-flúor en las rocas sedimentarias; o en forma de criolita en las rocas ígneas. Por lo tanto, los compuestos de flúor se hallan generalmente, en cantidad mayor en aguas subterráneas que en superficiales.

Exposición y riesgo toxicológico

El flúor procedente del agua se absorbe prácticamente en su totalidad mientras que el flúor que proviene de los alimentos se absorbe entre 50-80%.

Los efectos de la ingesta de fluoruros parecen ser acumulativos durante la etapa formativa del diente. El uso inapropiado de suplementos fluorados y el uso de fórmulas para infantes han sido asociados a riesgo de fluorosis en áreas que cuentan con agua fluorada (Barbería et. al, 2005).

El Instituto Nacional de Investigación Dental de Estados Unidos considera 1 ppm (mg L^{-1}) como el nivel de flúor óptimo para prevenir la caries.

Se sabe que la ingesta de concentraciones determinadas de ión fluoruro en el agua de bebida previene parcialmente las caries dentales. Sin embargo el flúor también tiene efectos perjudiciales para la salud. Los efectos sobre el hueso se consideran los más relevantes para la evaluación de los efectos adversos de la exposición a largo plazo de los seres humanos a fluoruro. La fluorosis esquelética es una discapacidad invalidante que afecta a millones de personas en varias regiones de África, India y China (WHO, Ginebra 2002).

El flúor es el causante de la fluorosis dental, que es el manchado de los dientes que ocurre cuando el contenido de fluoruro en las aguas de consumo sobrepasa los $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$ y llega a ser notable cuando la concentración alcanza valores de 3 a 6 mg.L^{-1} .

Una investigación reciente del National Research Council (NRC 2006) concluyó que los efectos adversos del consumo de agua con altos valores de flúor podrían producir neurotoxicidad incluyendo pérdida de memoria y disminución del coeficiente intelectual (Anna L., et. al., 2012).

Antecedentes

En un estudio realizado en zonas rurales del norte y noroeste de la provincia de Córdoba, donde consumían agua con concentraciones de flúor por encima de $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$, se detectó fluorosis dental entre un 75 y 86 % de la población. Por lo que se considera esta zona como área de fluorosis endémica (Gallara V., et. al., 2011).

En el territorio cordobés se encuentran concentraciones de flúor desde $1,3 \text{ mg.L}^{-1}$ hasta 12 mg.L^{-1} , estos altos valores se dan especialmente en zonas arenosas del sur de la provincia (Blarasin, Cabrera y Matteoda, 2014).

Límite Tolerable

El valor provisorio adoptado de $1,7 \text{ mg.L}^{-1}$.

El prestador del servicio tendrá un plazo de cinco años a partir de la publicación de la presente Norma, para adecuar su valor a $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$.

1.3.6 Mercurio

Origen

El mercurio es un elemento metálico presente de manera natural en la corteza terrestre, que es transportado en el ambiente por el aire y el agua. Puede ser liberado en forma de vapor a la atmósfera por fenómenos naturales como la actividad volcánica, incendios forestales, erosión de rocas y procesos biológicos. El tiempo de residencia promedio del vapor de mercurio en la atmósfera es entre 6 días y 2 años (ATSDR, 1999).

El mercurio presenta un ciclo ambiental donde las formas inorgánicas, en ambientes acuáticos son biotransformadas por microorganismos en formas orgánicas.

El compuesto orgánico de mercurio más frecuente en la biota acuática es el metilmercurio, que se bioacumula en las cadenas alimenticias lo que puede dar lugar a altas concentraciones en peces, mariscos y mamíferos (Poulin & Gibb, 2008).

Las actividades antrópicas que aportan concentraciones ambientales significativas comprenden la minería, procesos industriales, combustión de combustibles fósiles, producción de cemento, centros de salud, incineración de residuos sanitarios, químicos y municipales (WHO, 2003).

El mercurio inorgánico presente en aguas superficiales y subterráneas no contaminadas se encuentra en forma de Hg^{2+} , en concentraciones menores a $5 \mu\text{g.L}^{-1}$, pueden darse concentraciones mayores en aguas subterráneas por la presencia de zonas de yacimientos de menas de mercurio (WHO, 2011).

Exposición y riesgo toxicológico

Su presencia basal en el agua se da en muy bajas concentraciones, pero éstas han sido incrementadas como consecuencia de aportes contaminantes generados por diversas actividades humanas (SRHN, 2003).

La toxicidad resultante de la exposición sub crónica y crónica al mercurio y sus compuestos generalmente involucra a los riñones y/o a los componentes del sistema nervioso, los órganos blancos y el efecto depende de la forma de mercurio. La exposición a altos niveles de mercurio metálico, inorgánico, u orgánico puede dañar en forma permanente a los riñones, cerebro, y feto.

Si mercurio elemental llega al estómago, menos de 0,01% del mercurio ingerido es asimilado por el tracto intestinal. Solamente en el caso de enfermedades intestinales (particularmente en caso de

úlceras), la cantidad de mercurio asimilado puede ser más alta. El mercurio no asimilado es eliminado con las heces (WHO, 2003).

Los niños pequeños son más sensibles al mercurio que los adultos. Puede acumularse en el feto y pasar al niño a través de la leche materna.

Basándose en los datos toxicológicos disponibles, la EPA ha determinado que el cloruro mercúrico y el metilmercurio son posiblemente carcinogénicos en seres humanos (ATSDR, 1999).

Antecedentes

Se encontraron valores de mercurio en aguas dulces superficiales en el territorio argentino en el rango de 1 hasta 1,1 $\mu\text{g.L}^{-1}$, en los ríos Paraná, Puerto Rosario, Santa Fé, para muestras filtradas (Niveles Guía SRHN, 2004).

Como ejemplo de intoxicación crónica por la ingesta de derivados orgánicos del mercurio, es el episodio de Minamata en Japón. La enfermedad de Minamata se denomina así porque la ciudad de Minamata, Japón fue el centro de un brote de envenenamiento por metilmercurio en la década de los años 50. En esa ocasión murieron aproximadamente 900 personas a raíz del consumo de pescados contaminados por mercurio. La responsable directa fue una industria que descargaba mercurio inorgánico en una bahía, este mercurio fue metilado por los microorganismos presentes y luego se bioconcentró a través de la cadena alimenticia acuática (Crespo-López, et. al., 2005).

Límite Tolerable

El límite tolerable para éste metal pesado es menor a 0,001 mg.L^{-1} .

1.3.7 Nitrato y Nitrito

Origen

Los nitratos aparecen en el suelo y en las aguas superficiales y profundas como el resultado de la descomposición natural por acción de microorganismos, del material nitrogenado orgánico (proteínas vegetales, animales y excretas).

Los nitritos que se encuentran en el agua se forman, generalmente, por la acción de bacterias sobre el amoníaco y el nitrógeno orgánico, proceso oxidativo, o por la reducción de los nitratos. Debido a que son fácilmente oxidados a nitratos, se encuentran presentes en concentraciones muy pequeñas en las aguas superficiales. Junto con el amoníaco, el nitrógeno orgánico y los nitratos son indicadores de polución de las aguas.

Las concentraciones de nitrato y nitrito en la naturaleza han aumentado por las actividades humanas, uso de fertilizantes, descargas de líquidos cloacales e industriales, desechos de las actividades ganaderas, la combustión y los aerosoles.

El nitrógeno contenido en aguas industriales proviene generalmente de procesos de la industria alimenticia y del petróleo. Los óxidos de nitrógeno en la atmósfera aparecen por la combustión y los procesos industriales liberándose 50 millones de Toneladas de monóxido de nitrógeno (NO) por año; gran parte fija el nitrógeno (N_2) del aire y vuelve a la superficie de la tierra como nitratos.

En Córdoba se han estimado con bases estadísticas valores de fondo natural para diversos sectores, que se encuentran en el rango de 8 a 12 mg.L^{-1} de NO_3^- , por encima de los cuales es posible suponer que los mismos proceden de contaminación (Blarasin, Adriana Cabrera y Edel Matteoda Aguas Subterráneas de la Provincia de Córdoba)

Los efectos más importantes de los nitratos sobre el medio ambiente son: la contaminación de cuerpos de agua con compuestos nitrogenados (y microorganismos), llevándolos hacia la eutroficación, la polución del aire urbano con peroxiacetilnitrato y del aire rural con sales de nitrato, y la acidificación de los suelos y el agua.

La cantidad de nitrógeno en desechos humanos se estima en 5 Kg por persona por año; debe asegurarse que con el tratamiento de los líquidos cloacales se reduzcan estos valores en un 90 a 95 % expresado en DBO.

La forma más apropiada de controlar la presencia de nitratos especialmente en aguas subterráneas, es la prevención de la contaminación. Se deberá: controlar la gestión de las prácticas

agrícolas, ubicar adecuadamente los pozos absorbentes, tratar correctamente los residuos de abono animal (feed lot, criaderos de aves de corral) (WHO, 2011).

Exposición y riesgo toxicológico

La principal preocupación deriva de la presencia de nitratos en alimentos y en agua potable por los efectos tóxicos producidos por exceso de nitrato en la dieta y por otra parte puede causar la formación endógena de N-nitrocompuestos de efectos cancerígenos (nitrosamina) estos son agentes teratogénicos, mutagénicos y probables carcinógenos altamente peligrosos para la salud humana. La principal fuente de ingesta son los vegetales siempre que el agua de bebida se mantenga en niveles aceptables

En los primeros meses de vida el estomago del bebe no produce gran cantidad de ácidos, lo que favorece el asentamiento de bacterias en el tramo superior del intestino delgado; estas bacterias transforman los nitratos ingeridos en nitritos.

Los bebes en los primeros meses de vida tienen un mayor porcentaje de Hemoglobina fetal, por lo que cuando los nitratos se oxidan pasan a nitritos formando Metahemoglobinemia que no puede transportar el oxígeno llevando a la asfixia y a la cianosis.

Antecedentes

En un estudio realizado en un gran número de perforaciones de la provincia de Córdoba, se encontraron concentraciones de nitrato de entre 30 y más de 100 $\mu\text{g.L}^{-1}$, donde los mayores valores se ubican en las planicies con bajas pendientes, a lo que además, se agrega una mayor carga contaminante en la llanura (Blarasin, Cabrera y Matteoda, 2014).

Límite Tolerable

Las concentraciones de nitrato capaces de causar enfermedad pueden ser variables, pero en general se acepta que deben ser mayores que 45 mg.L^{-1} para Nitrato y mayores de 0,10 mg.L^{-1} para Nitrito, por lo tanto los límites tolerables serán: 45 mg.L^{-1} para Nitrato y de 0,10 mg.L^{-1} para Nitrito

1.3.8 Plomo

Origen

El plomo es un constituyente natural del suelo y del polvo (0,002 % de la corteza terrestre). Es utilizado en la industria para la fabricación de pinturas, cerámica, vidrio, baterías, cañerías de agua, cables, soldaduras, naftas, medicamentos, juguetes, plomadas, artesanías, reciclado de baterías, municiones y cosméticos (algunas tinturas y kohl). Se puede encontrar en el polvo, el suelo, los alimentos y el agua.

Exposición y riesgo toxicológico

La exposición al plomo también puede resultar del consumo de agua que circula por cañerías de plomo; o del consumo de alimentos envasados en latas con soldaduras a base de plomo o cocidas en cerámicas pintadas (México y Perú). En Argentina, la nafta no contiene plomo desde el año 1996 y el contenido de plomo en pinturas al látex, se encuentra regulado en concentraciones por debajo de 0,06%. Por ello, en nuestro país, las fuentes más importantes de exposición al metal derivan de la contaminación de suelo, aire, agua o alimentos con desechos industriales o por la actividad minera y presencia de fundiciones (Fraser, S. et. al. 2006).

El agua potable puede contaminarse en la fuente misma, por el plomo del aire y del polvo. En los sistemas de distribución que usan tuberías que contienen plomo, éste puede disolverse cuando el pH del agua es ácido (por debajo de 6,5). Las descargas de efluentes industriales de fundidoras y de otras industrias que utilizan algún compuesto de plomo son la fuente de contaminación del agua.

El plomo es un elemento tóxico de carácter acumulativo, el problema no es solamente la absorción de una dosis tóxica sino la acumulación de dosis no tóxicas, ingeridas separadamente. Este elemento se fija en el esqueleto, donde se encuentra en estrecha dependencia con el metabolismo del calcio.

La *Intoxicación aguda* produce cólicos saturninos, encefalopatía, hipertensión endocraneana. La sobre exposición aguda: Dolores Abdominales con diarrea, vómitos oliguria, colapso y coma. *La Intoxicación crónica*: inapetencia, dispepsias, malestar epigástrico. Ribete de Barton. Anemias crónicas, Deficiente síntesis del HEM y Punteado basófilo en los eritrocitos, insuficiencia Renales, Nefropatía intersticial con fibrosis y atrofia, Preservación de la morfología glomerular, Reabsorción alterada de la glucosa e Hipertensión arterial, Neuropatías, Parálisis Radial, Signo del cuerno, Artralgia y Rx: líneas radiopacas a nivel del cartílago de crecimiento (final de la metafisis huesos largos). En el hombre produce impotencia y alteraciones testiculares y disminución de la movilidad de los espermatozoides; en la mujer: alteraciones menstruales y abortos, partos prematuros, esterilidad y anomalías fetales (Academia Americana de Pediatría (2005). Lead Exposure in Children: Prevention, Detection, and Management. *Pediatrics*; Vol. 116 No. 4).

El plomo no es un metal considerado esencial para la nutrición de los seres humanos y los animales.

La IARC clasifica al plomo y a sus compuestos inorgánicos en la Categoría 2 B (posible carcinógeno humano). El tetraetilplomo es ubicado por IARC en el Grupo 3 (ECDIN, Tetraethyl lead, 1998).

Antecedentes

En los ríos Iguazú, Paraná y Río de la Plata se encontraron concentraciones de Plomo de hasta $55 \mu\text{g.L}^{-1}$ (SRHN, 2003).

Límite Tolerable

La última edición de las Guías de Calidad de Agua Potable de la WHO, fijan un nivel de referencia para plomo de $0,01 \text{mg.L}^{-1}$.

La anterior edición de estas normas, fijaba un valor provisorio para el plomo de $0,05 \text{mg.L}^{-1}$, debido a la toxicidad del plomo, este valor se bajó a $0,01 \text{mg.L}^{-1}$.

Finalmente el límite tolerable para plomo es $< 0,01 \text{mg.L}^{-1}$.

1.3.9 Selenio

Origen

El selenio está presente en la corteza terrestre, a menudo en asociación con minerales que contienen azufre. Se encuentra en algunos suelos en forma de selenito básico de hierro o como selenato de calcio, o como selenio elemental y en compuestos orgánicos provenientes de la descomposición de algunos vegetales.

Los niveles de selenio en aguas subterráneas y superficiales en algunas áreas van de $0,06$ a $400 \mu\text{g L}^{-1}$. Los niveles de selenio en agua son proporcionales a los niveles de selenio en el suelo. Las concentraciones aumentan a alto y bajo pH como resultado de la conversión en compuestos de mayor solubilidad en agua. Los niveles de selenio en muestras de agua potable en el mundo son por lo general mucho menores a $10 \mu\text{g.L}^{-1}$.

La incorporación del selenio al medio acuático es una consecuencia de los procesos de meteorización de rocas y erosión de suelos, y de la actividad volcánica. Por otra parte existen diversos aportes antropogénicos, entre ellos tenemos líquidos residuales, centrales termoeléctricas, minerías y fundiciones (SRHN, 2003).

Exposición y riesgo toxicológico

Se considera al selenio, como un tóxico para el hombre. Los síntomas de intoxicación por selenio son similares a los correspondientes del arsénico. Se han observado efectos tóxicos cuando la ingesta diaria se encuentra en un rango entre los 10 a $100 \mu\text{g.L}^{-1}$ por Kg de peso.

Un envenenamiento crónico moderado de selenio ha sido observado en los seres humanos en áreas donde el suelo y sus productos son ricos en selenio.

El selenio en pequeñas trazas es considerado como un elemento esencial para los requerimientos metabólicos, en concentraciones que van desde 40 a $100 \mu\text{g}$ por Kg de alimento.

Las sales de selenio son rápidamente y totalmente absorbidas por el tracto intestinal y eliminadas por la orina. La retención es alta en el hígado y los riñones. Además se ha observado que la velocidad de formación de las caries en los dientes permanentes es mayor en áreas seleníferas.

Antecedentes

Muchas organizaciones internacionales reconocen al Selenio como un elemento esencial para el ser humano y asignan valores para las ingestas diarias recomendadas. Para infantes, se recomienda una ingesta diaria de 6 a 21 μg por día, dependiendo de la edad, y para los adultos de 26 μg por día para mujeres y 35 μg por día para hombres.

La última edición de las Guías de Calidad de Agua Potable de la WHO (2011), fija como valor provisorio de Selenio, 0,04 mg.L^{-1} .

Limite tolerable

El límite establecido para este parámetro es menor a 0,01 mg.L^{-1} .

1.3.10 Plata

Origen

La plata no es un elemento particularmente tóxico y parece que el organismo absorbe solo una fracción relativamente pequeña de la plata ingerida.

La plata se produce en el suelo, principalmente en la forma de cloruro insoluble y por lo tanto inmóvil. La plata en el agua del río se disuelve por la formación de complejos con cloruro y la materia húmica (Whitlow S. et. al., 1985).

Exposición y riesgo toxicológico

Para el hombre la ingesta promedio diaria de plata a partir del aire, los alimentos y el agua es de alrededor 20 a 80 μg , cantidad considerablemente menor que la dosis que causa efectos negativos.

El cuadro clínico único conocido de intoxicación crónica de plata es la de Argiria. Ésta es una condición en la que la plata se deposita sobre la piel, el cabello y en diversos órganos después de la exposición ocupacional o iatrogénica a plata metálica y sus compuestos o el mal uso de los preparados de plata. La pigmentación de los ojos es considerado el primer signo de Argiria generalizada. Se presenta también decoloración llamativa que se produce sobre todo en zonas de la piel expuestas a la luz, esto se atribuye a la reducción fotoquímica de plata en la plata acumulada principalmente como sulfuro de plata. La producción de melanina también ha sido estimulada en algunos casos (EPA, 1980).

Antecedentes

Las concentraciones bajas de plata en el agua de consumo, generalmente inferiores a 5 $\mu\text{g.L}^{-1}$, no afectan a la salud de las personas en lo relativo a la Argiria. Por otra parte, la utilización de sales de plata para mantener la calidad bacteriológica del agua de consumo da lugar a situaciones especiales. En tales casos, se pueden tolerar concentraciones más altas de plata, de hasta 0,1 mg.L^{-1} sin riesgo para la salud (WHO 2006).

Límite Tolerable

Según la WHO se pueden tolerar concentraciones de plata de hasta 0,1 mg.L^{-1} , sin embargo no establece un valor de referencia porque no se cuentan con suficientes datos para calcular un valor basado en efectos sobre la salud (WHO, 2011).

El límite tolerable fijado para plata es 50 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

1.3.11 Boro

Origen

El boro es un elemento no metálico frecuentemente encontrado en los minerales de la corteza terrestre. Se encuentra ampliamente distribuido en el ambiente, siendo bórax, kernite y tourmalina los tres minerales del boro. Los compuestos de borato comunes incluyen: ácido bórico, tetraborato de sodio (bórax) y óxido de boro.

Exposición y riesgo toxicológico

Los minerales que contienen borato se extraen y procesan para ser utilizados en la industria del vidrio, cerámica, en la producción de jabones, detergentes, blanqueadores, retardantes del fuego, algunos fertilizantes foliares y productos para preservar madera.

El boro entra al ambiente desde fuentes naturales (océanos, volcanes y vapores geotérmicos), y de manera antrópica a partir de las industrias.

En los seres humanos, la exposición al boro se produce principalmente a través de la ingesta de alimentos y agua potable. En solución acuosa a bajas concentraciones y pH bajo los boratos se convierten en ácido bórico; el ácido bórico puede absorberse a través de la mucosas; se distribuye en todos los compartimientos del cuerpo y se excreta en la orina. Como un elemento, el boro no se metaboliza.

El efecto del boro sobre la salud humana no está claramente definido. Aparentemente los organismos animales en general no necesitan boro para su desarrollo y funcionamiento.

Evidencia proveniente de diversos ensayos de mutagenicidad, concluyeron que el ácido bórico y el bórax no se asociarían con afectación mutagénica; evaluaciones a largo plazo, realizadas en animales de experimentación, no evidenciaron aumento en la incidencia de tumores (WHO, 2011).

Antecedentes

La concentración de boro en las aguas dulces, a nivel mundial, es baja del orden de los centésimos de miligramos por litro. En nuestro país, en la provincia de Salta, en la Puna se encuentra una de las riquezas naturales más grandes de la zona; los salares, restos de antiguos mares de alto contenido de boratos. En nuestra provincia hay pocos datos de boro en agua, en un estudio realizado en la zona rural de Marcos Juárez se hallaron valores de $0,25 \text{ mg.L}^{-1}$ de boro en agua de pozo (Lerda, 1995).

Se lo ha encontrado en el agua de bebida en concentraciones entre 6000 y 15000 $\mu\text{g.L}^{-1}$ en el norte de Argentina.

Limite tolerable

El limite tolerable fijado es de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$

1.3.12 Vanadio

Origen

El vanadio es un elemento que se encuentra distribuido naturalmente en el suelo, agua y el aire. El vanadio se encuentra en aproximadamente 65 minerales diferentes. Fuentes atmosféricas naturales de vanadio incluyen al polvo, el rocío marino y las emisiones volcánicas.

El transporte y la distribución del vanadio en el agua y el suelo dependen de muchos factores tales como la acidez del agua o del suelo y de la presencia de partículas. El vanadio puede disolverse en el agua en forma de iones o puede adsorberse a partículas. El transporte y la distribución del vanadio en el agua y el suelo dependen de muchos factores tales como la acidez del agua o del suelo y de la presencia de partículas (Lerda D., 1999).

Exposición y riesgo toxicológico

La concentración media en agua de canilla es de $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$. Asumiendo que se toman aproximadamente 2 L de agua al día, la ingesta diaria de vanadio a través del agua de canilla sería de $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ para adultos. En un estudio citogenético en individuos que consumieron agua de pozo con alto contenido de vanadio, $0,34 \text{ mg.L}^{-1}$, durante más de 10 años, no se observaron daños citogenéticos (Lerda D., 1999).

Antecedentes

Los antecedentes de vanadio en agua de pozo en la provincia de Córdoba van de 0,009 a 1,715 mg.L⁻¹ con una media de 0,449 mg.L⁻¹ (Trelles et. al., 1970 y Nicolli et.al, 1983). En agua del río Ctalamochita, que se utiliza para potabilizar, los valores hallados por Lerda y Prospero, en 1996 fue desde no detectable hasta 0,169 mg.L⁻¹ y el vanadio en agua de pozo de la zona rural de Marcos Juárez fue de 0,34 mg.L⁻¹ estos valores no produjeron respuesta altamente significativa en los estudios citogenéticos (ICH y AC) de las personas que consumían esta agua (Lerda, 1999).

Las concentraciones de vanadio en el agua de superficie pueden variar desde aproximadamente 0,04 a 220 µg.L⁻¹.

Límite Tolerable

En consecuencia si bien no es posible fijar límites debidamente fundados para el contenido de vanadio en aguas de bebidas, la consideración del parámetro tiene por finalidad llamar la atención de las autoridades sobre este hecho.

1.3.13 Uranio

Origen

El uranio es un elemento radioactivo natural que se encuentra en la mayor parte de las rocas, principalmente en granitos y otros depósitos minerales. A partir de estos depósitos puede migrar al ambiente por procesos de lixiviación. Cantidades mayores pueden ser liberadas por erupciones volcánicas.

El agua de consumo puede contener elementos radiactivos de origen natural como resultado de las series de desintegración del Torio, Uranio y Radón entre otros. Compuestos radiactivos pueden ser liberados al ambiente producto de actividades mineras, industriales, liberación de relaves, procesos tecnológicos, emisiones y desechos de instalaciones nucleares, radionúclidos manufacturados y uso de fertilizantes de fosfato que contienen uranio (WHO, 2011).

Exposición humana

Los seres humanos pueden estar expuestos a diferentes fuentes naturales de radiación como la radiación cósmica y terrestre, y la inhalación o ingesta de materiales radiactivos.

Investigaciones realizadas por el Comité Científico de Naciones Unidas ha calculado que el promedio mundial de exposición anual de las personas a fuentes naturales de radiación es de 2,4 mSv/año. La exposición a la radiación varía de un lugar a otro, en función de los niveles de radiación de fondo (UNSCEAR, 2000).

Antecedentes

En Argentina existen investigaciones sobre el monitoreo radiológico ambiental de Uranio natural y Radón en agua potable y agua envasada, realizado en 24 provincias por la Autoridad Regulatoria Nuclear Argentina (ARN).

A nivel nacional encuentran valores menores a 100 µg.L⁻¹ para Uranio natural. Para la Provincia de Córdoba se reportan valores entre 0,09-0,20 µg.L⁻¹ para muestras de agua potable proveniente de red de distribución domiciliaria y de 1,0-29 µg.L⁻¹ para agua proveniente de pozos privados.

En el ex complejo minero fabril Los Gigantes se tomaron muestras en aguas superficiales y sedimentos sobre el río Cajón y Cambuche. Complementariamente se tomaron muestras de los arroyos Vatán y Moreno, y los ríos Icho Cruz y San Antonio. Los resultados reportan solo valores antes y después del complejo de muestras tomados en el río Cajón, para uranio natural en agua se registraron valores entre 0,7-1,0 pg.L⁻¹ y para sedimentos 5,8-4,0 pg.L⁻¹. Los valores hallados para Radón son superiores a los anteriores tanto para agua y sedimentos (Quintana et. al, 2003).

1.4 Componentes orgánicos de acción sobre la salud

En los últimos años ha existido una contaminación creciente de las aguas con contaminantes orgánicos; por lo tanto, se ha tenido que considerar una gama más amplia de estos compuestos. Se han encontrado más de 2000 contaminantes químicos, de los cuales se han detectado unos 750 en el agua potable, con una acción reconocida de algunos de ellos, como carcinogénicos o mutagénicos.

Tomaremos de esta amplia gama de compuestos orgánicos solamente aquellos de los cuales existan pruebas, que causan enfermedades agudas o crónicas, que la sustancia se encuentre en concentraciones significativas, que se las encuentra con frecuencia en los sistemas de abastecimiento, que es posible controlar las concentraciones de la sustancia en el agua y/o que existan métodos analíticos para la vigilancia y control de dichos compuestos.

La determinación de los Límites Tolerables se hizo teniendo en cuenta los valores de referencia de la World Health Organization (WHO), la Ley Nacional 24051, y la Environmental Protection Agency (EPA).

Se confió en estas determinaciones, excepto en los casos en que había información nueva que justificó una nueva evaluación, pero se estimó de forma crítica la calidad de dicha información antes de utilizarla.

Un valor de referencia representa normalmente la concentración de un componente que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida.

Existen dos fuentes principales de información acerca de los efectos sobre la salud derivados de la exposición a sustancias químicas que se pueden usar para calcular valores de referencia. Los estudios sobre poblaciones humanas son la fuente primera y preferible. Sin embargo, el valor de dichos estudios para muchas sustancias es limitado. Los estudios de toxicidad que emplean animales de laboratorio son la segunda fuente de información y la utilizada más frecuentemente. Los estudios toxicológicos se ven limitados por el número relativamente pequeño de animales utilizado y las dosis relativamente altas administradas, lo que crea incertidumbre sobre la pertinencia de determinados resultados para la salud de las personas.

Para calcular los valores de referencia se utilizan dos métodos: uno para sustancias químicas con umbral de toxicidad y el otro para sustancias sin umbral de toxicidad (principalmente sustancias cancerígenas genotóxicas).

En el caso de las sustancias químicas que ocasionan efectos tóxicos, se debe calcular una ingesta diaria tolerable (IDT), como se indica a continuación, para el criterio de valoración más sensible del estudio más relevante, preferiblemente en el que la sustancia se haya administrado en el agua de consumo:

$$IDT = \frac{(NOAEL \text{ o } LOAEL)}{FI}$$

Donde:

NOAEL: dosis sin efecto adverso observado (del inglés no observed adverse effect level)

LOAEL: dosis mínima con efecto adverso observado (del inglés lowest observed adverse effect level)

FI = factor de incertidumbre

A continuación, se calcula el valor de referencia (VR) a partir de la IDT del modo siguiente:

$$VR = \frac{(IDT \cdot PC \cdot P)}{C}$$

Donde:

PC = peso corporal (véase más abajo)

P = proporción de la IDT asignada al agua de consumo

C = consumo de agua diario (véase más abajo).

La IDT es una estimación de la cantidad de una sustancia presente en los alimentos y el agua de consumo, expresada en función del peso corporal (mg.kg^{-1} o $\mu\text{g.kg}^{-1}$ de peso corporal), que se puede ingerir durante toda la vida sin riesgo apreciable para la salud.

Puesto que se considera que las IDT corresponden a ingestas tolerables durante toda la vida, no son tan precisas como para que no puedan superarse durante periodos breves. La exposición breve a niveles que superan la IDT no es motivo de preocupación, siempre que el promedio de la ingesta de la persona en cuestión durante periodos más prolongados no supere sensiblemente el nivel establecido.

Habitualmente, el agua de consumo no es la única fuente de exposición de las personas a las sustancias para las que se han establecido valores de referencia. En muchos casos, la ingesta de contaminantes químicos procedentes del agua de consumo es pequeña en comparación con la de otras fuentes, como los alimentos, el aire y productos de consumo.

Se aplican Límites de Tolerancia Provisionales en las siguientes situaciones:

- El cálculo del valor de referencia basado en efectos sobre la salud está sujeto a incertidumbres científicas significativas
- El valor de referencia calculado es menor que el límite de cuantificación práctico (el valor de referencia se establece en el límite de cuantificación alcanzable)
- El valor de referencia calculado es menor que la concentración alcanzable mediante métodos de tratamiento prácticos (WHO, 2011).

AÑO CIII - TOMO DCXX - N° 155
CORDOBA, (R.A.), MIERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

Tabla 1.4.1 Límites Máximos para Contaminantes Orgánicos que afectan a la Salud

Contaminante	Límite Tolerable (μL^{-1})
<i>Alcanos Clorados</i>	
1,2 Dicloro etano	10
Tetracloruro de Carbono	3
<i>Alquenos Clorados</i>	
1,2 Dicloroeteno	50
Tricloroeteno	20
Tetracloroeteno	10
Cloruro de Vinilo	2
<i>Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares</i>	
Benzo(α)pireno	0,01
<i>Plaguicidas</i>	
DDT (total isómeros)	1
Aldrín + Dieldrín	0,03
Clordano (total isómeros)	0,2
Hexaclorobenceno	0,01
Heptacloro y Heptacloroepóxido	0,1
γ -HCH (lindano)	2
Metoxicloro	20
2,4 D	30
Malatión	5
Metil Paratión	1,3
Paratión	0,6
Atrazina	3
Carbofurán	40
Clorpirifos	30
Dimetoato	20
2,4 DB	90
Metalocloro	50
Dicamba	120
Endosulfán	20
Glifosato	280
Paraquat	10
Lambda cialotrina	10
Cipermetrina	50
<i>Clorobencenos</i>	
Monoclorobenceno	3
1,2 Diclorobenceno	0,5
1,4 Diclorobenceno	0,4
<i>Clorofenoles</i>	
Pentaclorofenol	10
2,4,6 Triclorofenol	10
<i>Benceno y Alquibenceno</i>	
Benceno	10
<i>Trihalometanos</i>	
Trihalometanos totales	100

AÑO CIII (2016) DCXX - No 155 (10 DE AGOSTO DE 2016) MERCORES

1.4.1 Alcanos Clorados

Estos alcanos se utilizan como productos intermedios en la obtención de otros compuestos organoclorados, encontrándose en el agua potable antes y después del tratamiento. De todos los alcanos clorados, los que pueden clasificarse como con riesgo carcinogénicos son: el 1,2 Dicloroetano y el Tetracloruro de Carbono.

1.4.1.1 1,2–dicloroetano

Este compuesto actúa como un narcótico y causa efectos dañinos en el hígado, los riñones y el sistema cardiovascular. Tiene efectos carcinogénicos y comprobados efectos mutagénicos en distintas especies animales. El IARC lo clasifica en el grupo 2B.

Actualmente, el uso más común del 1,2-dicloroetano es como producto intermedio en la fabricación de cloruro de polivinilo (PVC) y como disolvente (WHO, 2011).

Límite Tolerable 10 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

1.4.1.2 Tetracloruro de Carbono

Se ha detectado su presencia tanto en el agua natural como en agua tratada en concentraciones de 1 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Tiene variados efectos tóxicos, incluyendo carcinogénesis y daño al hígado y riñones.

Se usa en la fabricación de refrigerantes, disolventes y propelentes, sin embargo, desde el establecimiento del protocolo de Montreal, referente a las sustancias que destruyen la capa de ozono, se estableció un calendario para la reducción de su fabricación y consumo (WHO, 2011).

Límite Tolerable 3 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

1.4.2 Alquenos Clorados

Se emplean en la industria como solventes, ablandadores, diluyentes de pintura, líquidos para limpieza en seco, se encuentra frecuentemente en las aguas naturales, y también en las aguas sometidas a los tratamientos de potabilización. Por ser muy volátiles sus concentraciones en cursos superficiales son menores en comparación con las encontradas en las aguas subterráneas, y varían con el tiempo de exposición y la temperatura ambiente.

Los compuestos de este grupo que producen efectos carcinogénicos son: el Cloruro de Vinilo y el 1,1 Dicloroetano. La aparición del Cloruro de Vinilo en las aguas de bebidas, es debido a la utilización de cañerías para abastecimiento de este material. Existen otros compuestos como el Tricloroetano y el Tetracloroetano que se encuentran con gran frecuencia en las aguas subterráneas contaminadas, por lo tanto, también se asignaron valores límites tolerables a estos compuestos.

1.4.2.1 Tricloroetano

Se lo encuentra en concentraciones elevadas en las aguas subterráneas (100 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), pero en las aguas superficiales su concentración es mucho menor.

Este compuesto produce tumores hepáticos en ciertos tipos de ratones, sin comprobarse los mismos efectos en otros animales.

El IARC, clasificó al tricloroetano en el grupo 2A.

Límite Tolerable 20 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

1.4.2.2 Tetracloroetano

Es un elemento abundante en el medio ambiente, se lo encuentra en altas concentraciones en las aguas subterráneas y también a veces en bajas concentraciones en las aguas de bebida.

Se usa principalmente como disolvente en la industria de la limpieza en seco y como disolvente desengrasante. En aguas subterráneas anaerobias puede degradarse y formar compuestos más tóxicos, como el cloruro de vinilo (WHO, 2011).

Este compuesto es carcinogénico para los ratones, no observándose los mismos efectos para otros animales. El IARC, clasificó al tetracloroetano en el grupo 2A.

Límite Tolerable 10 $\mu\text{g.L}^{-1}$

1.4.2.3 Cloruro de Vinilo

Se lo utiliza principalmente para la producción de resinas de cloruro de polivinilo (PVC), las que forman los plásticos de uso más difundido. El mayor empleo del PVC es en la fabricación de tuberías y conductos.

Se ha detectado el Cloruro de Vinilo en concentraciones bajas en efluentes descargados por fábricas de productos químicos y se detectó su presencia en el agua potable como resultado de la lixiviación en cañerías de PVC utilizadas en los sistemas de distribución de agua. La aparición del cloruro de vinilo en las aguas de bebida, es debido a la utilización para abastecimiento de cañerías de PVC deficientemente polimerizado (Las Normas limitan las concentraciones encontradas en agua potable varían de 1 a 10 $\mu\text{g.L}^{-1}$).

Existe suficiente evidencia en humanos y en animales de laboratorio de que la exposición al cloruro de vinilo se asocia con angiosarcoma de hígado y carcinoma hepatocelular. Además aumenta el riesgo de cirrosis hepática.

Clasificado por el IARC en el Grupo 1 (IARC, 2008)

Límite Tolerable 2 $\mu\text{g.L}^{-1}$

1.4.2.4 1,2 Dicloroetano

El 1,2-dicloroetano exhibe isómeros cis y trans, los mismos son metabolitos de otros hidrocarburos halogenados insaturados presentes en agua residuales y en aguas subterráneas anaerobias. La presencia de ellos en agua podría indicar la presencia de sustancias organocloradas tóxicas, como el cloruro de vinilo.

Hay pocos datos para sugerir que ambos isómeros pudieran tener alguna actividad genotóxica y no hay información sobre su capacidad cancerígena (WHO, 2011).

Límite Tolerable 50 $\mu\text{g.L}^{-1}$

1.4.3 Hidrocarburos aromáticos Polinucleares (HAP)

Existe gran cantidad de compuestos aromáticos polinucleares (HAP), están compuestos de dos o más anillos bencénicos. Se ha comprobado que algunos HAP son carcinogénicos para ciertos animales y el hombre, como el benzo[a]pireno, el indeno [1,2,3-cd] pireno y el benzo[b]fluoranteno.

Los HAP se encuentran con frecuencia en el medio y se los ha encontrado en los sistemas de abastecimiento de agua. Su estudio se limita solo a seis de ellos, que se detectan con gran facilidad y sirven de indicadores de todo el grupo.

La exposición del hombre a los HAP, se produce a través de los alimentos, el agua y el aire. Los alimentos contribuyen con un 99 % de toda la exposición al HAP. Por lo tanto, la contribución del

agua potable a la ingesta total de HAP es relativamente pequeña. Estas sustancias son extremadamente tóxicas, pero solo se cuenta con suficientes datos toxicológicos que justifiquen el establecimiento de un valor permisible en el caso del benzo[a]pireno.

1.4.3.1 Benzo[a]pireno

El benzo[a]pireno (BaP), se encuentra en el medio ambiente debido a emisiones a la atmósfera generadas en combustiones incompletas y otros procesos comprendidos en diversas actividades de producción industrial, además de, los vehículos automotores y los incendios forestales (SRHN, 2003).

Límite Tolerable 0,01 µg.L⁻¹

1.4.4 Plaguicidas

Un gran porcentaje del mundo, depende para su abastecimiento de cultivos vegetales y animales. Las plagas destruyen cerca de un 35% de las cosechas en todo el mundo. Incluso una vez recogidas las cosechas, microorganismos, insectos, roedores y aves ocasionan una pérdida adicional de entre un 10 % y 20 %, por lo que las pérdidas oscilan entre un 40 y 50 % (Mohammad H. B., et al., 2007). Por lo que se hace indispensable el uso de plaguicidas para el control de las plagas. Eventualmente estos compuestos pueden llegar al agua.

Debido a la persistencia de los organoclorados en el medio ambiente, y si bien se reconoce que su uso está restringido en nuestro país, se decide no eliminar de esta normativa los plaguicidas prohibidos, que se detallan en la tabla 1.4.1

1.4.4.1 Plaguicidas Organoclorados

1.4.4.1.1 DDT (total isómeros)

El DDT ó (No. CAS 50-29-3) es un plaguicida no sistémico de ingesta y contacto usado extensamente en el pasado para controlar insectos en cosechas agrícolas e insectos portadores de enfermedades. Actualmente se usa solamente en unos pocos países para controlar la malaria. El DDT de calidad técnica es un mezcla de tres formas de DDT: p,p'-DDT (85%), o,p'-DDT (15%) y de pequeñas cantidades de o,o'-DDT. El DDT de calidad técnica también puede contener DDE (diclorodifenildicloroetileno) y DDD (diclorodifenildicloroetano) como contaminantes. El DDD también se usó para matar plagas, pero su uso fue mucho menos extenso que el del DDT. Tanto el DDE como el DDD son productos de degradación del DDT (ATSDR, 2015).

El DDT está prohibido en Argentina: Sanidad Vegetal Decreto 2121 y Resolución MSN 133/91. (Químicos Prohibidos y Restringidos en Argentina Programa Nacional de Riesgos Químicos. Departamento de Salud Ambiental. Año 2014)

El DDT entró al ambiente (aire, suelo, agua) cuando se usó como plaguicida. El DDE y el DDD entran en el ambiente como contaminante o productos de degradación del DDT. El DDT, DDE, y DDD son degradados rápidamente en el aire por la luz solar. La mitad de cuanto existe en el aire se degrada en 2 días o menos. Se adhieren firmemente al suelo; la mayor parte del DDT en el suelo es degradado lentamente a DDE y DDD por microorganismos; la mitad del DDT en el suelo se degradará en 2-15 años, dependiendo del tipo de suelo. Sólo una pequeña cantidad pasará a través del suelo al agua subterránea; no se disuelven fácilmente en agua. DDT, DDE y DDD pueden ser transportados largas distancias en la atmósfera a través de ciclos de evaporación y deposición. También se bioacumulan y biomagnifican en la cadena alimentaria (ATSDR, 2015).

La población está expuesta principalmente a través del consumo de alimentos contaminados con pequeñas cantidades de estos compuestos. Aunque actualmente no es común, la exposición al DDT también puede ocurrir a través de la inhalación o absorción a través de la piel durante el manejo o la aplicación del DDT. Una vez dentro del cuerpo, el DDT puede degradarse a DDE o DDD. A su vez, el DDE y el DDD se degradan a otras sustancias químicas (llamadas metabolitos). El DDT, DDD y especialmente

el DDE, son almacenados principalmente en tejidos grasos. Cierta parte de la cantidad almacenada abandona el cuerpo muy lentamente. Los niveles de estas sustancias en los tejidos grasos pueden mantenerse relativamente constantes o pueden aumentar con la exposición continua. Sin embargo, a medida que la exposición disminuye, la cantidad de DDT en el cuerpo también disminuye. Los metabolitos del DDT abandonan el cuerpo principalmente en la orina (ATSDR, 2015).

Pertenece a la Clase II (Moderadamente peligroso) de la Clasificación de plaguicidas en base al riesgo grave para la salud humana de la Organización Mundial de la Salud (*The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification-2009*). La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) clasificó al DDT como probablemente cancerígeno para los seres humanos (Grupo 2A), basado en suficiente evidencia de que el DDT causa cáncer en animales de experimentación y pruebas limitadas de carcinogenicidad en los seres humanos. Los estudios epidemiológicos encontraron asociaciones positivas entre la exposición al DDT y el linfoma no Hodgkin, cáncer testicular y cáncer de hígado. También hubo una fuerte evidencia experimental de que el DDT puede suprimir el sistema inmunológico y alterar las hormonas sexuales. Sin embargo, en general no hubo asociación entre el cáncer de mama y los niveles de DDT medidos en muestras de sangre o grasa (IARC Press Release N° 236, 2015).

Límite Tolerable $1 \mu\text{L}^{-1}$

1.4.4.1.2 Aldrín y Dieldrín

Aldrin (No. CAS 309-00-2) y dieldrin (No. CAS 60-57-1) son los nombres comunes de dos compuestos estructuralmente similares que se usaron como insecticidas. Ambos son sustancias químicas manufacturadas y no ocurren naturalmente en el ambiente. El nombre científico del aldrin es 1,2,3,4,10,10-hexacloro - 1,2,4 α ,5,8,8 α -hexahidro 1,4-endo, exo-5,8-dimetanonaftalina. El nombre científico del dieldrin es 1,2,3,4,10,10 hexacloro-6,7-epoxi-1,4,4 α ,5,6,7,8,8 α -octahidro 1,4-endo,exo-5,8-dimetanonaftalina (ATSDR).

El dieldrin y aldrin están prohibido en Argentina: Sanidad Animal/Vegetal Ley 22.289/80 y Sanidad Vegetal Decreto 2121/90 (prohibición total). (Químicos Prohibidos y Restringidos en Argentina Programa Nacional de Riesgos Químicos. Departamento de Salud Ambiental. Año 2014)

La luz solar y las bacterias transforman el aldrín a dieldrín de manera que encontramos principalmente dieldrín en el ambiente. Se adhieren firmemente al suelo y se evaporan lentamente al aire. El dieldrín en el suelo y el agua se degrada muy lentamente. Las plantas incorporan y almacenan aldrín y dieldrín del suelo. El aldrín cambia a dieldrín en plantas y en animales. (ATSDR, 2015).

La exposición de la población general es probable que ocurra principalmente a través del consumo de alimentos contaminados con aldrin o dieldrin. Una vez dentro del cuerpo, el aldrin se transforma rápidamente a dieldrin. El dieldrin permanece largo tiempo en la grasa corporal. El dieldrin puede transformarse a otros productos. La mayor parte del dieldrin y de sus productos de degradación abandonan su cuerpo en las heces y en la orina (ATSDR, 2015).

Aldrin y dieldrin son considerados principios activos obsoletos o discontinuados en su uso como plaguicidas por la Organización Mundial de la Salud en el documento "Clasificación de plaguicidas en base al riesgo grave para la salud humana" (WHO-2009). Para la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) aldrin y dieldrin pertenecen al Grupo 3 (IARC, 2015).

Límite Tolerable $0,03 \mu\text{g.L}^{-1}$

1.4.4.1.3 Clordano

El clordano ó 1,2,4,5,6,7,8,8-octacloro-2,3,3a,4,7,7a-hexahidro-4,7-metanoindeno (No. CAS 57-74-9) es un insecticida de amplio espectro perteneciente al grupo de los hidrocarburos clorados policíclicos. El clordano técnico es una mezcla de compuestos en la que predominan los isómeros cis y trans de clordano. (WHO, 2011)

El clordano está prohibido en Argentina: Resolución SAGPyA 513/98 Disposición ANMAT/MSN 7292/98 y SPPDLN Ley 18073/69. (Químicos Prohibidos y Restringidos en Argentina Programa Nacional de Riesgos Químicos. Departamento de Salud Ambiental. Año 2014)

Es muy resistente a la degradación, presenta un alto grado de inmovilidad en el suelo y es poco probable que migre a las aguas subterráneas, donde sólo se ha encontrado ocasionalmente. Se libera a la atmósfera con facilidad. A pesar de que las concentraciones de clordano en los alimentos han ido disminuyendo, es un compuesto muy persistente y tiene un gran potencial de bioacumulación (WHO, 2011).

Pertenece a la Clase II (Moderadamente peligroso) de la Clasificación de plaguicidas en base al riesgo grave para la salud humana de la Organización Mundial de la Salud (*The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification-2009*). La IARC (International Agency for Research on Cancer) clasifica al clordano en el Grupo 2B, que comprende a los posibles carcinógenos humanos, sobre la base de considerar inadecuada la evidencia sobre carcinogenicidad humana y suficiente la concerniente a carcinogenicidad animal (IARC).

Límite Tolerable 0,2 µg.L⁻¹

1.4.4.1.4 Hexaclorobenceno

El HCB o hexaclorobenceno (No. CAS 118-74-1) ha sido utilizado como fungicida, es además un subproducto o impureza en la fabricación de disolventes clorados y otros compuestos clorados, incluidos varios plaguicidas actualmente en uso (picloram, atrazina y simazina, Toxipedia, 2015).

El HCB está prohibido en Argentina por Resolución de la SAGPyA 750/00 Químicos Prohibidos y Restringidos en Argentina Programa Nacional de Riesgos Químicos. Departamento de Salud Ambiental. Año 2014).

Se degrada muy lentamente en aire y es poco soluble en agua. Una vez en el agua, se adhiere a sedimentos y se deposita en el fondo. La mitad del hexaclorobenceno detectado en agua de superficie desaparecerá en 3–6 años. Dado que está muy ligado al suelo y es poco soluble en agua, el hexaclorobenceno no se lixivía fácilmente en agua (WHO, 2011).

La exposición al hexaclorobenceno ocurre principalmente al ingerir niveles bajos en alimentos contaminados. Otras Exposiciones pueden ocurrir al tomar agua y respirar aire contaminados con hexaclorobenceno. No parece absorberse por la piel intacta. El hexaclorobenceno tiene un comportamiento similar, en su absorción, distribución, depósito y metabolización, a otros insecticidas clorados. En casos de exposición crónica (ingesta a largo plazo) se han observado alteraciones del hígado y porfirias (ATSDR, 2013).

Pertenece a la Clase 1A (Extremadamente peligroso) de la Clasificación de plaguicidas en base al riesgo grave para la salud humana de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2009). Es cancerígeno para los animales y está clasificado por la IARC en el Grupo 2B, posible carcinógeno para el hombre (IARC, 2015).

Límite Tolerable 0,01 µg.L⁻¹

1.4.4.1.5 Heptacloro y Heptacloroepóxido

El heptacloro (No. CAS 76-44-8) es un insecticida de amplio espectro, perteneciente al grupo de los compuestos organoclorados ciclodienos; es utilizado en control de termitas, hormigas e insectos del suelo en áreas cultivadas y no cultivadas. Además se usa para tratamiento del suelo y semillas. Su uso se ha prohibido o restringido en muchos países.

El heptacloro está prohibido en Argentina: resoluciones SAGPyA 1030/92 y 27/93. (Químicos Prohibidos y Restringidos en Argentina Programa Nacional de Riesgos Químicos. Departamento de Salud Ambiental. Año 2014).

El heptacloro es muy persistente en el medio y se convierte en un metabolito más tóxico, el heptacloroepóxido, en el suelo, las plantas y los mamíferos. El epóxido de heptacloro (número CAS 1024-57-3) es muy resistente a la degradación ulterior. El heptacloro y el epóxido de heptacloro se unen a las partículas del suelo y migran muy lentamente. Se han detectado concentraciones del orden de nanogramos por litro de heptacloro y epóxido de heptacloro en el agua de consumo. Se considera que los alimentos son la principal fuente de exposición al heptacloro y heptacloro epoxi, aunque la ingesta está disminuyendo (WHO, 2011).

La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol, a través de la piel especialmente en formulaciones líquidas y por ingesta de residuos en alimentos. La exposición prolongada puede dar lugar a excitación del Sistema Nervioso Central, convulsiones tónico-clónicas y anormalidades en el electroencefalograma (ATSDR, 2007).

El heptacloro es considerado un principio activo obsoleto o discontinuado en su uso como plaguicidas por la Organización Mundial de la Salud en el documento "Clasificación de plaguicidas en base al riesgo grave para la salud humana" (WHO, 2009). Perteneció a la Grupo 2B (IARC, 2015).

Límite Tolerable 0,1 µg.L⁻¹

1.4.4.1.6 Gamma-HCH (lindano)

El γ-HCH o lindano (No. CAS 58-89-9) pertenece al grupo de hidrocarburos clorados policíclicos. Ha sido utilizado como insecticida en cultivos de frutales y hortalizas, en el tratamiento de semillas y en silvicultura. También fue utilizado como antiparasitario en personas y animales.

El lindano está prohibido en Argentina mediante Resolución SAGPyA (513/98) y Disposición ANMAT (617/11). (Químicos Prohibidos y Restringidos en Argentina Programa Nacional de Riesgos Químicos. Departamento de Salud Ambiental. Año 2014).

El lindano puede degradarse en el suelo y rara vez se filtra a las aguas subterráneas; en las aguas superficiales puede eliminarse por evaporación. Se degrada lentamente por la acción de microorganismos y puede ser isomerizado por estos, en isómeros α y β.

La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingesta. Las personas están expuestas por los alimentos, pero esta vía de exposición está disminuyendo. También puede haber exposición derivada de su utilización en la salud pública y como conservante de la madera. Se acumula en los tejidos grasos y se excreta por la leche.

Perteneció a la Clase II (Moderadamente peligroso) de la Clasificación de plaguicidas en base al riesgo grave para la salud humana de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2009). Está clasificado por la IARC en el Grupo I 2B, posible carcinógeno para el hombre (IARC).

Límite Tolerable 2 µg.L⁻¹

1.4.4.1.7 Metoxicloro

El metoxicloro (No.CAS 72-43-5) es una sustancia química manufacturada que no ocurre naturalmente en el ambiente. Es usado como insecticida en cosechas agrícolas y en el ganado y en depósitos de cereales. Algunos plaguicidas que contienen metoxicloro se usan para controlar insectos en jardines o en animales domésticos (http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts47.html).

El metoxicloro está prohibido en Argentina por la SAGPyA (Resolución 750/00) y ANMAT/MSN (Disposición 7292/98) (Químicos Prohibidos y Restringidos en Argentina Programa Nacional de Riesgos Químicos. Departamento de Salud Ambiental. Año 2014).

La mayoría del metoxicloro entra al ambiente cuando se aplica a cosechas agrícolas, bosques, ganado, se deposita en el suelo donde se adhiere firmemente a partículas. No se disuelve fácilmente en el agua. Una vez en el agua, se adhiere a sedimentos y se deposita en el fondo. El metoxicloro es degradado lentamente en el aire, agua y suelo por la luz solar y organismos microscópicos. Esto puede tardar varios meses. Algunos productos de degradación del metoxicloro pueden ser tan perjudiciales como el metoxicloro. El metoxicloro generalmente no se acumula en la cadena alimentaria (ASTDR, 2002).

La exposición a metoxicloro podría ocurrir por vía inhalatoria, oral y dermal. La ruta más probable de exposición es la ingestión de alimentos con bajo nivel de contaminación. El metoxicloro se metaboliza rápidamente en el hígado y no se bioacumula en grasa u otros tejidos. El metoxicloro ingerido y sus metabolitos se eliminan principalmente a través de las heces (ATSDR, 2015).

El metoxicloro es considerado un principio activo que no presenta riesgo agudo con el uso normal según la Organización Mundial de la Salud en el documento "Clasificación de plaguicidas en base al riesgo grave para la salud humana" (*The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification-2009*). La IARC clasifica el metoxicloro en el Grupo 3 (IARC, 2015).

Límite Tolerable 20 µg.L⁻¹

1.4.4.2 Clorofenoxiácidos

Se utilizan como herbicidas. La toxicidad del 2,4 D y del 2,4,5 T son bajas para los animales; pero se ha comprobado su efecto teratogéno en éstos; por lo tanto, se cuestiona la conveniencia de su uso.

Se descubrió que una impureza del 2,4,5 T; el TDD, que se forma como en una reacción lateral; es teratogéno y muy tóxico; es de lenta degradación; por lo tanto, es factible de bioacumulación en las cadenas tróficas (tiene el mismo comportamiento que los Hidrocarburos clorados persistentes).

Mezclas de estos clorofenoxiácidos fueron usados en la Guerra de Vietnam; como defoliante (Agente Naranja y Agente Blanco), se registró un incremento de malformaciones congénitas en los recién nacidos.

1.4.4.2.1 2,4 D

El 2,4-D o ácido 2,4-diclorofenoxiacético (No. CAS 94-75-7) es un herbicida sistémico hormonal auxínico muy común, usado en el control de malezas de hoja ancha (Guía de productos fitosanitarios de CASAFE, edición 2015).

En la provincia de Córdoba, está prohibido el uso y aplicación de los herbicidas ácido 2,4 diclorofenoxiacético en su formulación como éster y ácido 2,4 (ESTER 2,4-d) diclorofenoxibutírico en su formulación como éster (ESTER 2,4-DB) en el Departamento Calamuchita: Pedanías Reartes, Santa Rosa, Cañada de Álvarez y Río de los Sauces y en el Departamento Santa María: Pedanía Potrero de Garay (Resolución 133/14. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos. Gobierno de la provincia de Córdoba).

Puede entrar al ambiente a través de los efluentes por vertidos derivados de su fabricación y transporte. Además, a través de la aplicación directa en la agricultura como agente de control de malezas. Se elimina del ambiente principalmente por biodegradación, siendo el principal producto de degradación el 2,4-diclorofenol. La vida media de 2,4 D en el suelo es de 4-7 días en la mayoría de los tipos de suelo con un máximo de 6 semanas en los suelos ácidos. Se biodegrada rápidamente en el agua, aunque en algunos casos pueden ser degradados por fotólisis cerca de la superficie. La vida media se encuentra en el rango de una a varias semanas en condiciones aeróbicas y pueden exceder los 120 días en condiciones anaeróbicas. El 2,4 D no se acumula en los sedimentos y lodos. Salvo en algunas algas, no hay bioacumulación en organismos acuáticos o terrestres, debido a su rápida degradación.

La población en general se encontrará expuesta, en particular, a los alimentos que contengan residuo del 2,4 D, pero también a los residuos de esta sustancia en el agua (WHO, 2011).

Pertenece a la Clase II (Moderadamente peligroso) de la Clasificación de plaguicidas en base al riesgo grave para la salud humana de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2009). Se lo ha clasificado como 'posible carcinógeno' para los humanos por la IARC (Grupo 2B), basado en evidencias insuficientes en seres humanos y en evidencia limitada en animales de experimentación. Los estudios epidemiológicos proporcionan una fuerte evidencia de que el 2,4-D induce estrés oxidativo, un mecanismo que puede operar en los seres humanos, y distintas pruebas de que el 2,4-D provoca inmunosupresión, basados en estudios *in vivo* e *in vitro*. Sin embargo, los estudios epidemiológicos no encontraron un aumento importante o constante de riesgo de linfoma no Hodgkin u otros tipos de cáncer en relación con la exposición del herbicida 2,4-D (IARC *Press Release* N° 236, 2015).

En nuestra provincia hay datos sobre exposición al 2,4 D y efectos sobre la función reproductiva en aplicadores. Los mismos presentaron un significativo incremento en la incidencia de atenospermia, necrospermia y teratospermia. Esto demostró la influencia perjudicial del 2,4 D en la fertilidad masculina (Lerda y Rizzi, 1991).

1.4.4.3 Organofosforados

La intoxicación crónica por organofosforados es rara, siendo los síntomas semejantes a los de la intoxicación aguda.

Los plaguicidas organofosforados son derivados del ácido fosfórico. Afectan el sistema nervioso mediante la inhibición de la colinesterasa que regula al neurotransmisor acetilcolina. La mayoría de los organofosforados son insecticidas. Fueron desarrollados durante el siglo 19. Algunos son muy venenosos (los que se utilizaron en la Segunda Guerra Mundial como armas químicas). Sin embargo, por lo general no son persistentes en el medio ambiente.

A excepción de sus altas toxicidades para el hombre, las propiedades de los organofosforados, lo hacen más aceptables con insecticidas que los plaguicidas organoclorados. Su propiedad más importante es, su corta vida en el ambiente lo que minimiza su peligrosidad; además no pueden acumularse en los seres humanos ni en las cadenas tróficas.

1.4.4.3.1 Malatión

El malatión (No. CAS 121-75-5) es un insecticida organofosforado no sistémico, de contacto e ingestión. Se utiliza en la agricultura para controlar insectos en una variedad de cultivos. Puede utilizarse también para el control de insectos en el ganado, los establos y los productos almacenados. Es ampliamente utilizado en la salud pública, incluyendo el control de la malaria, el dengue y otras enfermedades transmitidas por vectores (WHO, 2003).

En Argentina está prohibido el uso de productos desinfectantes domisanitarios que contengan el principio activo malatión: Disposición ANMAT/MSN 2659/08. Se permite su empleo en productos de uso Exclusivo en Salud Pública: Disposición ANMAT/MSN 143/09. (Químicos Prohibidos y Restringidos en Argentina Programa Nacional de Riesgos Químicos. Departamento de Salud Ambiental. Año 2014)

El malatión entra al ambiente al ser rociado sobre las cosechas. El malatión permanece en el ambiente por días o meses, pero generalmente es degradado dentro de unas pocas semanas. Es degradado a otros compuestos químicos por el agua, la luz solar y bacterias que hay en el suelo y el agua. No tiende a adherirse al suelo y es degradado rápidamente por bacterias. Por esta razón, es improbable que el malatión pase al agua subterránea en cantidades significativas. En el agua es degradado por acción del agua y de bacterias. En el aire, el malatión es degradado a una sustancia más tóxica llamada malaoxón al reaccionar con otros compuestos formados naturalmente en el aire por la luz solar. (ASTDR, 2003).

Para la población general, la manera más probable de exposición es a través de la ingesta de alimentos o agua contaminados o a través del contacto de la piel con plantas, suelos o superficies contaminada. También puede ingresar por vía inhalatoria durante o después de que ha sido rociado por razones de salud pública. Cualquiera que sea la forma de exposición, el malatión entra al cuerpo rápidamente y pasa a la corriente sanguínea. Una vez en la corriente sanguínea, el malatión puede pasar a muchos órganos y tejidos. La mayor parte del malatión es degradado en el hígado a otras sustancias llamadas metabolitos. Uno de estos metabolitos es más dañino que el malatión, el malaoxón. El malatión y sus metabolitos no se acumulan en el cuerpo y son eliminados principalmente en la orina en unos días (ASTDR, 2003).

Pertenece a la Clase III (Ligeramente peligroso) de la Clasificación de plaguicidas en base al riesgo grave para la salud humana de la Organización Mundial de la Salud (WHO 2009). Está clasificado por la IARC en el Grupo 2A. Hay pruebas limitadas de carcinogenicidad en humanos para el cáncer de próstata y el linfoma no Hodgkin. La evidencia en humanos es de estudios sobre la exposición, en su mayoría agrícolas, en los EE.UU., Canadá y Suecia publicados desde 2001. El malatión también ha causado tumores en estudios con roedores. El malatión produjo daño cromosómico y en el ADN y se comportó como un disruptor endocrino (IARC, 2015).

Limite tolerable 5 µg.L⁻¹

1.4.4.3.2 Metil Paratión

El metil paratión (No. CAS 298-00-0) es un acaricida e insecticida no sistémico que se produce en todo el mundo y que se ha registrado para su utilización en numerosos cultivos, especialmente de algodón.

El metil paratión está prohibido en Argentina por la Resolución SAGPyA 606/93. (Químicos Prohibidos y Restringidos en Argentina Programa Nacional de Riesgos Químicos. Departamento de Salud Ambiental. Año 2014).

En el medio ambiente, se distribuye principalmente en el aire y el suelo. Su movilidad en el suelo es prácticamente nula, por lo que ni la sustancia original ni sus productos de su degradación alcanzarán las aguas subterráneas. La degradación microbiana es la vía más importante de degradación ambiental del metil paratión. El periodo de semidegradación del metil paratión en el agua es del orden de semanas a meses.

La población general puede entrar en contacto con el metil paratión por el aire, el agua o los alimentos.

Pertenece a la Clase I (Extremadamente peligroso) de la Clasificación de plaguicidas en base al riesgo grave para la salud humana de la Organización Mundial de la Salud (WHO-2009). La IARC clasifica al metil paratión en el Grupo 3.

Límite Tolerable 1,3 µg/L

1.4.4.3.3 Paratión

El paratión (No. CAS 56-38-2) es un insecticida de contacto de amplio espectro empleado en una gran variedad de cultivos (ATSDR).

El paratión está prohibido en Argentina mediante la Resolución (MSN 7/96) (Químicos Prohibidos y Restringidos en Argentina Programa Nacional de Riesgos Químicos. Departamento de Salud Ambiental. Año 2014).

El paratión que llega al aire por pulverización se degrada en presencia de luz solar y ozono. El paratión tiende a absorberse a las partículas del suelo y sedimentos; esto limita su movilidad, volatilización desde las superficies de agua, la susceptibilidad a fotólisis, biodisponibilidad y biodegradación. El paratión en el agua superficial está sujeto tanto a degradación abiótica vía hidrólisis y fotólisis como a degradación biótica por microorganismos (ATSDR, 2015).

El paratión puede ser absorbido fácilmente a través de la piel; los pulmones y el tracto gastrointestinal. Tiene gran afinidad por el tejido adiposo y el tejido hepático. Se metaboliza principalmente en el hígado. Su acción tóxica se explica por la desulfuración oxidativa vía oxidasas microsomales hepáticas, mediada por citocromos P-450, y su activación a paraoxon y otros metabolitos. Los metabolitos son eliminados mayormente por orina (ATSDR, 2015).

Pertenece a la Clase IA (Extremadamente peligroso) de la Clasificación de plaguicidas en base al riesgo grave para la salud humana de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2009) cancerígeno para el hombre (IARC, 2015).

Límite Tolerable 0,6 µg.L⁻¹

1.4.4.4 Nuevos plaguicidas incorporados

Los siguientes plaguicidas fueron agregados a esta norma, debido a que:

- Se comenzaron a usar en nuestra provincia en los últimos años,
- Se utilizan en grandes volúmenes
- Algunos son plaguicidas persistentes y con prohibición total,
- Existe una gran preocupación social.

1.4.4.4.1 Atrazina

La Atrazina, nombre con que se identifica a la 2-cloro-4-(etilamina)-6-(isopropilamina)-s-triazina) es la triazina mas utilizada en Argentina. De acción sistémica y residual es utilizada en preemergencia y postemergencia de las malezas en cultivos de maíz, sorgo y otros. La residualidad varía entre 3 a 18 meses dependiendo de la dosis y contenido de materia orgánica y arcillas (CASAFE, 2009).

La atrazina también puede ser transportada desde los lugares de aplicación por escorrentía a las aguas superficiales y por percolación a las aguas subterráneas. En aguas superficiales y subterráneas presenta una persistencia moderada con tendencia a unirse a los sedimentos. La biodegradación en el agua es lenta o nula, presentando una vida media de más de 6 meses. Su larga permanencia en el agua aumenta la posibilidad que este compuesto pase a la biota acuática. Presenta moderada a alta persistencia en el suelo (ATSDR, 2003).

En Argentina, el SENASA permite su uso sin restricciones en cultivos de cereales, plantas forrajeras, caña de azúcar y té, entre otros (SENASA, 1998).

Se detectó éste compuesto en muestras de agua subterránea en la llanura arenosa aledaña al río Popopis y en la planicie fluvio-eólica del río Ctalamochita, con valores entre 0,09 y 0,39 $\mu\text{g L}^{-1}$ que, si bien bajos, indican la persistencia del herbicida hasta la profundidad acuífera evaluada, del orden de 20 m (Bachetti *et al.* 2011, Becher Quinodoz *et al.* 2013).

El IARC clasifica a la atrazina en el Grupo 3.

Límite Tolerable 3 $\mu\text{g.L}^{-1}$

1.4.4.4.2 Carbofurán

Se usa como insecticida en multitud de cultivos en todo el mundo. Las concentraciones de residuos de carbofurán en los cultivos tratados son, por lo general, muy bajas o no detectables. Las propiedades físicas y químicas del carbofurán y los pocos datos disponibles sobre su presencia indican que es probable que la principal vía de exposición sea el agua de consumo procedente tanto de aguas superficiales como de aguas subterráneas.

El carbofurán es muy tóxico tras la administración de una dosis única por vía oral. El efecto sistémico principal de la intoxicación por carbofurán parece ser la inhibición de la colinesterasa. No se han encontrado pruebas de teratogenia en los estudios de toxicidad para la función reproductora. De acuerdo a los estudios disponibles, no parece que el carbofurán sea cancerígeno ni genotóxico (WHO, 2011).

Límite Tolerable 40 $\mu\text{g.L}^{-1}$

1.4.4.4.3 Clorpirifós

El clorpirifos (CAS. No. 2921-88-2), nombre usual con que se identifica al O,O-dietil O-(3,5,6-tricloro-2-piridinil) fosforotioato, cuya fórmula molecular es $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{Cl}_3\text{NO}_3\text{PS}$, es un insecticida organofosforado de amplio espectro (SRHN, 2003). Actúa por contacto, ingesta e inhalación, siendo eficaz contra insectos chupadores y masticadores (CASAFE, 2015).

El uso del principio activo clorpirifós está prohibido su uso en formulaciones de productos desinfectantes domisanitarios, a excepción de algunos cebos, según Disposición ANMAT 2659/2008. El clorpirifós es absorbido intensamente por el suelo, no se libera fácilmente y se degrada lentamente por la acción microbiana. Es poco soluble en agua y presenta una fuerte tendencia a separarse de la fase acuosa e incorporarse a las fases orgánicas del entorno (WHO, 2011).

La erosión del suelo provocada por las lluvias y el transporte por irrigación en áreas agrícola donde es aplicado son las posibles fuentes de contaminación de aguas superficiales (Giesy *et al.*, 1999). En los ecosistemas acuáticos, es removido de la columna de agua por hidrólisis, biodegradación, volatilización, fotodegradación y unión a los sedimentos. Los tiempos de vida medio

para la columna de agua están comprendidos entre 0,08 y 5 días y entre 0,8 y 16,3 días, para los sedimentos (Knuth y Heinis, 1992).

El clorpirifos es un inhibidor de la colinesterasa y actúa sobre el sistema nervioso de los seres humanos, interfiriendo con la transmisión normal de los impulsos nerviosos (WHO, 2011). Este compuesto no ha sido evaluado por el IARC (2014) estando su clasificación en revisión. En la última edición de la Guía de Calidad de Agua (WHO, 2011), se concluye que es poco probable que el clorpirifos implique riesgo de cáncer para el ser humano y que no es genotóxico.

Límite Tolerable 30 $\mu\text{g.L}^{-1}$

1.4.4.4.3 Dimetoato

El dimetoato (0,0-dimetil S-metilcarbamoilmetilfósforo-ditioato), cuya fórmula molecular es $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{NO}_3\text{PS}_2$, es un plaguicida organofosforado sistémico utilizado en agricultura contra un amplio número de insectos y ácaros (SRHN, 2003).

Su persistencia en el ambiente es baja. Su vida media en ríos es de 8 días.

Su periodo de semidegradación oscila entre 18 horas y 8 semanas y no es previsible que perdure en el agua, aunque es relativamente estable a pH de 2 a 7 (WHO, 2011).

Debido a que es altamente soluble en el agua y es adsorbido suavemente a las partículas del suelo, posee alto potencial de lixiviación.

La misma puede causar efectos en el sistema nervioso por inhibición de la colinesterasa. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana, mutagenicidad y teratogenicidad. (CCE, IPCS, 1994-2014; Directive 91/414/EEC, 2005; Directive EEC 1272/2008).

Es de clasificación: II. Moderadamente peligroso (WHO 2009); II. Moderadamente tóxico (EPA).

Límite Tolerable 20 $\mu\text{g.L}^{-1}$

1.4.4.4.4 2,4 DB

El 2,4 DB, es el éster butílico del ácido 2,4-diclorofenoxiacético, es un herbicida clorofenoxiacido.

En suelo y agua su forma más importante de eliminación es la degradación biológica, tiene una vida media menor de 7 días, que produce ácido 2,4- diclorofenoxiacético como metabolito.

De acuerdo a sus características fisicoquímicas se estima que el 2,4-DB presenta una movilidad moderada en suelos y un potencial medio de lixiviación. La hidrólisis, bioacumulación y adsorción en sedimentos no son consideradas destinos ambientales importantes de este plaguicida. Es absorbido por las raíces de las plantas y transportado a otros órganos donde es metabolizado a ácido 2,4-diclorofenoxiacético y posteriormente a metabolitos menos tóxicos (IPCS, 1994-2014; Directive 91/414/EEC, 2005; Directive EEC 1272/2008).

El IARC ha clasificado a los herbicidas clorofenoxiacidos en conjunto, en el grupo 2B porque los datos disponibles de estudios realizados en poblaciones y animales expuestos no permiten evaluar el potencial carcinogénico para el ser humano (WHO, 2011).

Límite Tolerable 90 $\mu\text{g.L}^{-1}$

1.4.4.4.5 Metolacloro

El 2,4 DB, es el éster butílico del ácido 2,4-diclorofenoxiacético, es un herbicida clorofenoxiacido.

En suelo y agua su forma más importante de eliminación es la degradación biológica, tiene una vida media menor de 7 días, que produce ácido 2,4- diclorofenoxiacético como metabolito.

De acuerdo a sus características fisicoquímicas se estima que el 2,4-DB presenta una movilidad moderada en suelos y un potencial medio de lixiviación. La hidrólisis, bioacumulación y adsorción en sedimentos no son consideradas destinos ambientales importantes de este plaguicida. Es absorbido por las raíces de las plantas y transportado a otros órganos donde es metabolizado a ácido 2,4-diclorofenoxiacético y posteriormente a metabolitos menos tóxicos (IPCS, 1994-2014; Directive 91/414/EEC, 2005; Directive EEC 1272/2008).

El IARC ha clasificado a los herbicidas clorofenoxiácidos en conjunto, en el grupo 2B porque los datos disponibles de estudios realizados en poblaciones y animales expuestos no permiten evaluar el potencial carcinogénico para el ser humano (WHO, 2011).

Límite Tolerable 50 µg.L⁻¹

1.4.4.4.6 Dicamba

Dicamba (CAS 1918-00-9) pertenece a la clase química clorofenoxi, pudiendo incluir su derivado ácido, su sal de dimetilamina o su sal de sodio.

Utilizado como herbicida postemergente para el control de malezas anuales y perennes de hoja ancha. El uso agrícola puede potencialmente conducir a la contaminación de las fuentes de agua a través de procesos de escorrentía, derrame, deriva de la pulverización o la entrada en las aguas subterráneas (Australian Drinking Water, 2011).

En los cuerpos de agua, la principal ruta de eliminación es la biodegradación y en menor medida la fotólisis. Presenta una persistencia en el suelo de 12 meses, al igual que en el agua, la principal vía de eliminación es la degradación biológica. No se une a las partículas, por ello presenta una alta movilidad en suelos pudiendo contaminar las aguas subterráneas por lixiviado de lluvias (Bianco-Prevot et. al., 2001).

Límite Tolerable 120 µg.L⁻¹

1.4.4.4.7 Endosulfán

El endosulfán es un insecticida de amplio espectro que pertenece al grupo de los ciclodienos. El endosulfán grado técnico (número de registro CAS 115-29-7) es una mezcla que usualmente contiene más del 95 % de dos diastereoisómeros biológicamente activos conocidos como α-endosulfán (o I) y β-endosulfán (o II) en proporciones de 2: 1 a 7: 3 dependiendo de la mezcla. Ha sido usado intensivamente por aproximadamente 50 años en una variedad de cultivos, algodón, cereales, frutales, etc., (Weber, et. al, 2010).

La quinta reunión de las partes del Convenio de Estocolmo sobre COP's que se realizó en abril de 2011 decidió incluir el endosulfán técnico y sus isómeros en el Anexo A (eliminación de producción y uso) con excepciones de determinadas combinaciones plaga-cultivo (UNEP/POPS/COP.5-36, 2011). En nuestro país el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENAS) prohibió, a partir del 1 de julio de 2012, la importación del principio activo endosulfán y sus productos formulados; y a partir del 1 de julio de 2013 la elaboración, formulación, comercialización y uso de los productos que contengan ese principio activo (Página Web del SENASA).

Debido a su semi-volatilidad y relativa persistencia, el endosulfán es un contaminante ambiental ubicuo. Se lo encuentra en el aire, el suelo, el agua y la vegetación en un amplio número de ambientes diferentes, a menudo alejados del lugar de aplicación directa. El endosulfán está sujeto a procesos de degradación tanto bióticos como abióticos en el ambiente que pueden dar lugar por oxidación al endosulfán sulfato o por hidrólisis (en sistemas acuáticos) al endosulfán diol. A su vez el diol puede degradarse aún más a endosulfán éter a endosulfán α-hidroxiéter o a endosulfán lactona. El producto de degradación más frecuente en el ambiente es el endosulfan sulfato. (Weber, et. al, 2010)

El endosulfán sulfato se considera igualmente tóxico y de mayor persistencia que los isómeros alfa y beta.

La exposición al endosulfán ocurre principalmente al ingerir alimentos contaminados, aunque también puede ocurrir por contacto con la piel, al respirar aire contaminado o al tomar agua contaminada. El endosulfán afecta principalmente la función del sistema nervioso. No hay estudios de personas expuestas prolongadamente (por años) a niveles bajos de endosulfán. Los estudios en animales han demostrado que la ingestión prolongada de endosulfán en los alimentos afecta principalmente a los riñones (ATSDR, 2015).

Pertenece a la Clase II (Moderadamente peligroso) de la Clasificación de plaguicidas en base al riesgo grave para la salud humana de la Organización Mundial de la Salud (*The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification-2009*). Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la EPA no han clasificado al endosulfán en cuanto a su capacidad para producir cáncer (ATSDR, 2015).

Límite Tolerable 20 µg.L⁻¹

1.4.4.4.8 Glifosato

El Glifosato, o N-fosfonometilglicina, C₃H₈NO₃P, (número CAS 1071-83-6) es el herbicida más usado en Argentina. Es un herbicida derivado de las glicinas o fosfonometilglicina. Es de acción sistémica, postemergente, no selectivo, de amplio espectro, desarrollado para controlar malezas gramíneas y dicotiledóneas; anuales y perennes. Actúa sobre la vía del ácido shikímico, inhibiendo la EPSP sintetasa, afectando la síntesis de aminoácidos aromáticos fenil-alanina, tirosina y triptofano.

El glifosato no tiene gran persistencia biológica, no es bioacumulable y no se biomagnifica en las cadenas alimenticias (Giesy et.al., 2000; Williams y colaboradores, 2000).

La retención en el suelo es el principal proceso que regula su movilidad, posee una alta afinidad a ser retenido por las partículas del suelo, la adsorción depende del tipo del suelo y puede unirse a sustancias hidrosolubles del humus (Welten R, 2000). El herbicida es degradado en el suelo por acción bacteriana a su metabolito el ácido aminometil-fosfónico (AMPA) y dióxido de carbono (Mueller et. al., 2003).

Las investigaciones sobre la vida media del glifosato en el suelo reportan valores diferentes, su persistencia puede variar de 60 a 360 días (EPA, 1999; Cox, 1995). El AMPA es más persistente que el glifosato y se han publicado vidas medias de entre 199 y 958 días (WHO, 1994).

El glifosato y sus sales son muy solubles en agua, por lo que se espera una gran movilidad en este medio, sin embargo es removido rápidamente de la columna de agua por la adsorción a los sedimentos y a partículas en suspensión (Tooby, 1985).

El glifosato puede llegar a las aguas superficiales cuando se aplica cerca de los cuerpos de agua o por deriva a través de la escorrentía y el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas puede ocurrir en caso de lixiviado, derrame o de liberación accidental o descontrolada (CCME, 1989). Investigaciones sobre aplicación directa sobre un cuerpo de agua muestran una persistencia del compuesto entre 12 y 60 días (Bell et. al., 1997).

La toxicidad de las formulaciones del glifosato es compleja, ya que no solo incluye el principio activo, sino también la presencia de sales y surfactantes de distinta naturaleza y concentración. Estudios experimentales demuestran que la toxicidad del surfactante polioxietilenamino (POEA) es mayor que la del glifosato solo y que los formulados de glifosato que contienen POEA son más tóxicos que los que tienen otros surfactantes alternativos (Bradberry et.al., 2004).

La revisión de estudios epidemiológicos publicados sobre investigaciones asociadas de exposición a glifosato con cáncer linfático, efectos adversos sobre la reproducción y niños con hiperactividad o déficit de atención muestran correlaciones débiles o raramente significativas (McDuffie et. al., 2001; Arbuckle et.al., 2002; Garry y colaboradores, 2004). La mayor evidencia en casos de exposición de seres humanos al glifosato es en trabajadores agrícolas de Estados Unidos, Canadá y Suecia (CONICET, 2009).

La evaluación del IARC en el 2015, considera que en la actualidad hay suficiente evidencia de su carcinogenicidad en animales de laboratorio y de daño en el ADN cromosómico de células

humanas. Por lo tanto, el glifosato es clasificado en el Grupo 2A como probable carcinogénico en humanos.

Límite Tolerable 280 µg.L⁻¹

1.4.4.4.9 Paracuat

El paracuat o bicloruro de 1,1' bimetil-4,4' biperidilo, es un herbicida de relativo uso, no selectivo, de amplio espectro, perteneciente al grupo químico biperidilos. Se usa como desecante y su modo de acción es de contacto (Guía de productos fitosanitarios de CASAFE edición 2015).

Es altamente tóxico para los humanos si es ingerido. Otros miembros de esta clase incluyen Diquat, Ciperquat etc. todos estos son reducidos a ion radical, lo que genera radicales superóxidos que reaccionan con membranas lípidas insaturadas (CASAFE, 2015).

Según su toxicidad el Paraquat está clasificado en el grupo C (EPA, IRIS Integrated Risk Information System, 2015).

Límite Tolerable 10 µg.L⁻¹

1.4.4.4.10 Lambda cialotrina

Lambda-cihalotrina (CAS No. 91465-08-6) es un insecticida perteneciente al grupo de los piretroides cuya principal función es la de interferir con el funcionamiento normal de los canales de sodio en las células nerviosas. La contaminación del agua puede ser ocasionada por escorrentías, derrames y posterior infiltración en el suelo a partir de su aplicación en tierras agrícolas (ATSDR 2003).

Es poco soluble en agua, no móvil en el suelo y presenta baja posibilidad de lixiviado. Presenta rangos de vida medio en el suelo entre 34 y 175 días (PPDB, 2015).

No hay evidencia de que lambda -cihalotrina sea un disruptor endócrino (ATSDR, 2003).

Límite Tolerable 10 µg.L⁻¹

1.4.4.4.11 Cipermetrina

Cipermetrina (CAS 52315-07-8), identifica al (±)-□-ciano-3-fenoxibencil-(±)- cis, trans-3-(2,2-diclorovinil)-2,2-dimetilciclopropano carboxilato, es un insecticida perteneciente al grupo de los piretroides.

Es un insecticida usado para controlar una amplia gama de plagas de insectos en zonas comerciales, industriales, y en los cultivos. También se utiliza como un ectoparasiticida en el ganado doméstico y mascotas; y como fungicida en las semillas de los cultivos. Las actividades agrícolas pueden conducir a la contaminación de las fuentes de agua a través de procesos escorrentía, deriva de la pulverización o la entrada en las aguas subterráneas.

El uso veterinario de cipermetrina proporciona un cierto potencial de contaminación de agua a través del lavado del equipo cerca de presas, arroyos o corrientes de agua.

La cipermetrina tiene toxicidad oral aguda baja a moderada dependiendo del isómero. No hay evidencia de carcinogénesis por cipermetrina, ni es considerada genotóxica en estudios a largo plazo in vitro e in vivo en animales de laboratorio (Australian Drinking Water, 2011).

La WHO (2004) ha excluido a la cipermetrina de sus valores guía por considerarla poco probable que sea encontrada en el agua potable.

Límite Tolerable 50 µg.L⁻¹

1.4.4.5 Clorobencenos

Se usa en la industria como solvente y como intermediarios en la producción de colorantes, insecticidas, etc. Las concentraciones máximas encontradas de Clorobencenos en agua fueron de $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$.

1.4.4.5.1 Monoclorobenceno

Se usa como solvente y es un producto intermedio en la fabricación de colorantes, plaguicidas, etc. Se puede formar en el proceso de cloración del agua que está contaminada con benceno. Se han encontrado concentraciones de agua de consumo de $10 \mu\text{g L}^{-1}$. Existe información sobre la toxicidad de este sobre órganos específicos del cuerpo. No se tiene datos sobre la carcinogenicidad, teratogenicidad o mutagenicidad de este compuesto.

Como no se cuenta con datos sobre su toxicidad, se ha usado un factor de seguridad conservador, estimando una IDA de 0.015 mg/Kg de peso corporal; asignando al consumo diario de agua el 10 % de esa dosis y considerando el umbral de olor fijado en $30 \mu\text{g.L}^{-1}$. Se toma como Límite Tolerable:

Límite Tolerable $3 \mu\text{g.L}^{-1}$

1.4.4.5.2 1,2 diclorobenceno y 1,4 diclorobenceno

Se encuentran con mucha frecuencia, son productos intermedios en la fabricación de anilinas. Pueden residir en las aguas de superficie y en el agua potable en concentraciones que llegan a los $10 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Los DCB no metabolizados pueden acumularse en los tejidos adiposos.

Se ha determinado que el nivel de olor es a una concentración de $3 \mu\text{g.L}^{-1}$ para el isómero 1,2 y de $1 \mu\text{g.L}^{-1}$ par el 1,4.

La toxicidad aguda por vía oral del 1,2-Diclorobenceno (1,2-DCB) es baja. La exposición por vía oral a dosis altas de 1,2-DCB afecta principalmente al hígado y los riñones. Las pruebas, en su conjunto, sugieren que el 1,2-DCB no es genotóxico, y no existen pruebas sobre su capacidad cancerígena en roedores.

La toxicidad aguda del 1,4-Diclorobenceno (1,4-DCB) es baja, pero hay pruebas de que aumenta la incidencia de tumores renales en ratas y de adenomas y carcinomas hepatocelulares en ratones tras una exposición prolongada.

El IARC ha incluido el 1,4-DCB en el Grupo 2B.

El 1,4-DCB no se considera genotóxico, y hay dudas sobre la relevancia para los seres humanos de los tumores observados en animales.

Tanto el 1,2 diclorobenceno y 1,4 diclorobenceno, poseen umbrales olfativos mucho más bajos que los valores de referencia basados en efectos sobre la salud, los valores de referencia fijados por la WHO, son de $1000 \mu\text{g.L}^{-1}$ para el 1,2 diclorobenceno y $300 \mu\text{g.L}^{-1}$ para el 1,4 diclorobenceno (WHO, 2011).

Para el 1,2 diclorobenceno se establece:

Límite Tolerable $0,4 \mu\text{g.L}^{-1}$

Para el 1,4 diclorobenceno se establece:

Límite Tolerable $0,5 \mu\text{g.L}^{-1}$

1.4.4.6 Clorofenoles

Se usan como biocidas y se encuentran después de la cloración del agua que tiene fenol. La presencia de clorofenoles se detecta fácilmente por que los niveles umbrales de olor y sabor de estos compuestos son muy bajos (concentraciones de $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$). Cuando no existe cloración, se aceptan concentraciones de fenoles de hasta $100 \mu\text{g L}^{-1}$ sin deterioro de las características organolépticas; algunos compuestos fenólicos provocan efectos tóxicos en estas concentraciones tan elevadas.

Para evitar estos inconvenientes se debe prohibir el vuelco de fenoles o de clorofenoles en el agua natural. Cuando existen altas concentraciones de fenol en el agua, se deben reducir antes de efectuar la cloración. Los métodos de eliminación son: para los compuestos de sustitución más baja se usa la oxidación, y los de sustitución más alta se suprimen por medio de la absorción con carbón activado.

1.4.4.6.1 2,4,6 triclorofenol

Se encuentra en concentraciones bajas en los sistemas de abastecimientos de agua, como producto de la reacción entre el cloro usado para desinfección y ciertas sustancias precursoras. Las concentraciones encontradas varían de $0,003$ a $1 \mu\text{g L}^{-1}$. Altas concentraciones pueden producir altas temperaturas y convulsiones. Además este compuesto induce a la leucemia y aumenta la incidencia de carcinomas hepatocelulares. Se ha comprobado su mutagenicidad y su carcinogenicidad. Se ha establecido como valor Límite Tolerable:

Límite Tolerable $10 \mu\text{g.L}^{-1}$

Se detecta el 2,4,6 triclorofenol por su sabor y olor en una concentración de $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$

1.4.4.6.2 Pentaclorofenol

El pentaclorofenol (PCF) y otros clorofenoles se utilizan principalmente para proteger la madera del crecimiento de hongos. Los alimentos suelen ser la fuente principal de exposición al PCF, salvo en caso de contaminación local específica del agua de consumo con PCF por tratamiento de casas de madera con esta sustancia (WHO, 2011).

La toxicidad en el hombre se manifiesta por un aumento de la temperatura, respiración acelerada y finalmente, paro cardíaco. Es un elemento mutagénico, pero no se ha demostrado su carcinogenicidad. Es un elemento fácilmente absorbido a través del tracto gastrointestinal, pero se excreta sin modificaciones en la orina. Sobre la base de estos resultados, sumados a los leves trastornos en poblaciones sometidas a exposición ocupacional, se fijó un valor límite tolerable de $10 \mu\text{g L}^{-1}$

Límite Tolerable $10 \mu\text{g.L}^{-1}$

Garantizando con esta concentración un aporte de menos del 10% de la IDA.

1.4.4.7 Benceno y Aquilbenceno (*en revisión*)

Se los usa en la industria como productos intermedios en la obtención de fenol y de ciclohexano. Los alquibencenos inferiores se usan como solvente para pinturas y materiales de revestimientos. El benceno y los alquibencenos se pueden encontrar en altas concentraciones en las aguas subterráneas, no así en las aguas superficiales por que se evaporan. Los valores encontrados en las aguas potables no exceden $1 \mu\text{g L}^{-1}$. El benceno se usa como solvente y como producto intermedio de varias síntesis químicas. Se encuentra en las aguas superficiales en concentraciones de hasta $10 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Pero en las aguas subterráneas se han detectado concentraciones de hasta $100 \mu\text{g.L}^{-1}$.

El benceno tiene efectos tóxicos bien definidos en el hombre (anemia aplásica y leucemia). Teniendo en cuenta las propiedades físicas y químicas del benceno y que sus efectos son sistémicos (por inhalación no afecta solamente al pulmón), se ha puesto que en grados similares de exposición al benceno por medio del agua potable causarían el mismo grado de riesgo. Por lo tanto se ha fijado:

Límite Tolerable 10 $\mu\text{g.L}^{-1}$

Sobre la base de los datos concernientes a la leucemia y la aplicación de un modelo lineal de extrapolación lineal en etapas múltiples.

1.4.4.8 Trihalometanos

Los trihalometanos (THM) se forman en el agua de consumo principalmente como consecuencia de la cloración de la materia orgánica presente de forma natural en los sistemas de abastecimiento de agua bruta. La tasa y el grado de formación de THM aumentan en función de la concentración de cloro y de ácidos húmicos, la temperatura, el pH y la concentración de ión bromuro. El cloroformo es el trihalometano más común y el principal subproducto de la desinfección presente en el agua de consumo clorada. En presencia de bromuros, se forman preferentemente trihalometanos bromados y las concentraciones de cloroformo disminuyen proporcionalmente. Se presupone que la mayoría de los trihalometanos presentes en el agua se transfieren en última instancia al aire debido a su volatilidad.

Las personas pueden exponerse durante la ducha a concentraciones elevadas de cloroformo del agua de grifo clorada. Hay cuatro fuentes que contribuyen, aproximadamente en partes iguales, a la exposición total a trihalometanos volátiles: la ingesta de agua de consumo, la inhalación de aire de espacios interiores, la inhalación y exposición cutánea durante la ducha o el baño, y la ingesta de alimentos. Todas, excepto la exposición por los alimentos, se derivan principalmente del agua de consumo (WHO, 2011).

No es admisible efectuar una desinfección inadecuada por no elevar la concentración de THM. Esto no significa que la presencia de estos compuestos no constituya un riesgo y es preciso recurrir a cualquier alternativa práctica y segura para disminuir al mínimo su formación. El antecedente que existe en nuestra provincia sobre THM está relacionado con un estudio realizado en dos plantas potabilizadoras, sobre la presencia de THM en agua de red tratada. Se hallaron valores de cloroformo por encima de 100 $\mu\text{g.L}^{-1}$, diclorobromometano menos de 1 ppb y no se detectó dibromoclorometano ni bromoformo (Lerda, 2001).

Límite Tolerable para THM totales: 100 $\mu\text{g.L}^{-1}$

Los THM totales están formados por el siguiente conjunto de compuestos.

1.4.4.8.1 Cloroformo

La evidencia de la genotoxicidad del cloroformo es considerada negativa y el IARC, basado en pruebas de carcinogenicidad limitada en humanos pero con suficiente evidencia de carcinogenicidad en animales de experimentación, ha clasificado al cloroformo en el grupo 2B (WHO, 2011).

1.4.4.8.2 Bromoformo

Los datos de una variedad de ensayos sobre la genotoxicidad del bromoformo son equívocos. El IARC ha clasificado al bromoformo en el Grupo 3 (WHO, 2011).

1.4.4.8.3 Dibromoclorometano (DBCM)

Los datos sobre estudios de la genotoxicidad del DBCM se consideran concluyentes y el IARC ha clasificado el DBCM en el Grupo 3 (WHO, 2011).

1.4.4.8.4 Bromodiclorometano (BDCM)

El IARC ha clasificado al BDCM en el Grupo 2B. La exposición al BDCM se la ha relacionado con un posible aumento de los efectos reproductivos (aumento del riesgo de aborto espontáneo o muerte fetal) (WHO, 2011).

AÑO CIII - TOMO DCXX - N° 155
CORDOBA, (R.A.), MIERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

1.5 Compuestos Orgánicos que se recomienda su monitoreo

Existen compuestos cuyos efectos tóxicos no están totalmente estudiados, o los datos a cerca de la carcinogenicidad no justifican por completo imponerle un límite tolerable, pero se considera que la presencia de estos compuestos en el agua potable podría tener consecuencias importantes sobre la salud.

Estos compuestos se encuentran frecuentemente en los cursos de aguas de ciertas regiones del país, debido a las descargas industriales. Por lo tanto, se les asigno un valor guía provisional, no considerándolos en la reglamentación general, y solamente siendo obligatorio su monitoreo en las zonas donde se sospeche su presencia y/o sea indicado por el ente regulador (Tabla 1.5).

Tabla 1.5.1 Compuestos Orgánicos

Contaminante	Valor Guía $\mu\text{g.L}^{-1}$
Hidrocarburos Totales	500
Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP) Totales	0,2
<i>Hidrocarburos Bencénicos</i>	
Toluenos	700
Xileno	500
Etilbenceno	300
Estireno	20

1.5.1 Hidrocarburos Totales

La exposición a componentes de los productos derivados del petróleo a través del agua de consumo suele ser breve, como consecuencia de un vertido accidental o un incidente de corta duración. No obstante, algunos de los hidrocarburos aromáticos más solubles se pueden detectar por el sabor y el olor en concentraciones menores que las que suponen un riesgo para la salud (WHO, 2006).

Valor Guía 500 $\mu\text{g.L}^{-1}$

1.5.2 Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP) Totales

Los Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP), son un grupo grande de compuestos orgánicos con dos o más anillos bencénicos y con la presencia de un anillo no aromático en algunos casos.

Llegan al medio ambiente por medio de la atmósfera, procedentes de diversos procesos de combustión y pirolisis. Dada su solubilidad baja y alta afinidad por las partículas, no se suelen encontrar en el agua en concentraciones muy bajas. La fuente principal de contaminación del agua de consumo con HAP solía ser el recubrimiento de alquitrán que se aplica a las tuberías del sistema de distribución de agua de consumo para protegerlas de la corrosión (WHO, 2011).

Las pruebas sobre la capacidad cancerígena para el ser humano de las mezclas de HAP se han obtenido fundamentalmente en estudios realizados en personas expuestas a estas sustancias por motivos laborales, tras su inhalación o exposición cutánea. No se dispone de datos de estudios de exposición por vía oral en personas (WHO, 2011).

Valor Guía 0,2 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

1.5.3 Hidrocarburos Bencénicos

Dentro de este grupo se tiene en cuenta a los siguientes compuestos:

1.5.3.1 Tolueno

La mayor parte del tolueno (en forma de mezclas de benceno, tolueno y xileno) se emplea en la formulación de gasolinas. También se usa como disolvente y como materia prima en la fabricación de productos químicos. El aire es la principal vía de exposición.

El IARC ha concluido que no existen suficientes pruebas de la capacidad cancerígena del tolueno en el ser humano ni en los animales de experimentación y lo ha clasificado en el Grupo 3 (WHO, 2011).

Valor Guía 700 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

1.5.3.2 Xileno

Los xilenos se usan en la formulación de gasolinas, como disolventes y como sustancias químicas intermedias. Se liberan al medio ambiente principalmente por el aire, que es principal vía de exposición a los xilenos, aumentada por el consumo de tabaco.

Se metabolizan casi por completo y se excretan por la orina. La toxicidad aguda por vía oral de los xilenos es baja. No se han hallado pruebas concluyentes de su capacidad teratogena. Los estudios de carcinogenia a largo plazo no han mostrado pruebas de su capacidad cancerígena (WHO, 2011).

Valor Guía 500 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

1.5.3.3 Etilbenceno

La principal fuente del etilbenceno en el ambiente es por la industria del petróleo y el uso de productos derivados de mismo. La mayoría del etilbenceno se encuentra en el aire. Hay cantidades mínimas de etilbenceno en aguas superficiales, subterráneas, agua de consumo y alimentos.

El etilbenceno tiene olor aromático; se han descrito valores de umbral olfativo en el agua de 2 a 130 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. El umbral olfativo mínimo descrito es 100 veces menor que el valor de referencia basado en efectos sobre la salud. El umbral gustativo oscila entre 72 y 200 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

El etilbenceno se transforma casi completamente en metabolitos solubles, que se excretan rápidamente por la orina. Su toxicidad aguda por vía oral es baja. No se pueden extraer conclusiones definitivas de los limitados datos de teratogenia. No se dispone de datos sobre reproducción, toxicidad a largo plazo ni capacidad cancerígena. No se han hallado indicios de la genotoxicidad del etilbenceno en sistemas *in vitro* o *in vivo* (WHO, 2011).

Valor Guía 300 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

1.5.3.4 Estireno

El estireno, que se usa principalmente en la producción de plásticos y resinas, está presente en cantidades mínimas en aguas superficiales, aguas de consumo y alimentos.

Tras la inhalación o la exposición por vía oral, el estireno se absorbe rápidamente y se distribuye por el organismo. Los metabolitos se excretan rápidamente y casi por completo en la orina. La toxicidad

aguda del estireno es baja. En pruebas *in vitro*, el estireno ha demostrado ser mutágeno únicamente si se produce su activación metabólica. En estudios *in vitro* e *in vivo*, se han observado alteraciones cromosómicas, sobre todo con dosis altas de estireno.

Valor Guía 20 µg.L⁻¹

AÑO CIII - TOMO DCXX - N° 155
CORDOBA, (R.A.), MIERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

1.6 Parámetros microbiológicos

El riesgo para la salud más común y extendido asociado al agua de consumo es la contaminación microbiana, cuyas consecuencias son tales que su control debe ser siempre un objetivo de importancia primordial. Debe darse prioridad a la mejora y el desarrollo de los sistemas de abastecimiento de agua que planteen un riesgo mayor para la salud pública (WHO, 2006).

La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo debe realizarla el proveedor, los organismos responsables de la vigilancia o una combinación de ambos. Esto incluirá el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, y en algunas circunstancias, la determinación de las concentraciones de patógenos específicos (WHO, 2006).

Cuando se analicen microbiológicamente muestras de agua procedentes de un sistema de distribución, los resultados no deberán superar los siguientes Límites Tolerables para los parámetros microbiológicos básicos y complementarios que se detallan en tabla 1.6.1 y 1.6.2.

La determinación de los mismos es de carácter obligatorio en cualquier servicio de abastecimiento de agua.

Tabla 1.6.1 Parámetros Microbiológicos Básicos

PARAMETRO	LIMITE TOLERABLE	
	Método de análisis	
	Tubos múltiples	Membranas filtrantes
Coliformes Totales (*)	< 2,2 NMP/100 mL	(cero) en 100 mL
<i>Escherichia coli</i>	< 2,2 NMP/100 mL	(cero) en 100 mL
Bacterias Aerobias Heterótrofas(**) (Agar nutritivo, 35°C, 24 hs.)	100 (UFC) en 1 mL	
<i>Pseudomonas Aeruginosa</i>	Ausencia/Presencia	0 en 100 mL

(*) En el 95% de las muestras examinadas anualmente.

Ocasionalmente podrán aceptarse muestras que contengan un NMP de hasta 3,0 bacterias en 100 mL, pero no en muestras consecutivas.

(**) O se pueden determinar Bacterias Mesófilas totales.

Existe una necesidad, universalmente reconocida, de disponer de métodos que permitan una rápida valoración de la calidad bacteriológica del agua. La aplicación de estos métodos rápidos puede comprender desde el análisis de aguas residuales a la valoración de la calidad de agua potables.

En este último caso, cuando se dan situaciones de emergencias por avería de la planta de tratamiento del agua, rotura de cañerías de la red de distribución u otras alteraciones del suministro de agua, hay que valorar urgentemente la **calidad sanitaria del agua**.

El análisis de uno o más de estos parámetros se realizará cuando se sospeche la presencia, o sea ordenado por el Ente regulador.

Tabla 1.6.2 Parámetros Microbiológicos Complementarios

Parámetros	Tubos Múltiples (NMP/100 mL)	Membranas filtrantes
Enterococos	< 2,0	0 en 100 mL
Clostridium perfringens	< 2,2	0 en 100 mL
Giardia Lamblia	-	0 en 700/2000 L
Fitoplancton y Zooplancton	<i>Debe evitarse la presencia ***</i>	
Microcistinas Totales	< 1µg.L ⁻¹	

UFC= Unidades Formadoras de Colonias.

***= Aún no hay datos suficientes para establecer un Límite numérico, pero debe evitarse la presencia de organismos o sus metabolitos perjudiciales en el agua.

LAS AGUAS DESTINADAS AL CONSUMO HUMANO, NO DEBERAN CONTENER ORGANISMOS PATÓGENOS.

1.6.1 Fundamentos de normatización de parámetros microbiológicos.

1.6.1.1 Calidad Microbiológica para Aguas Tratadas

La contaminación microbiana de los grandes sistemas de abastecimiento urbanos puede causar grandes brotes de enfermedades transmitidas por el agua. Por lo tanto, garantizar la calidad del agua en dichos sistemas es prioritario (WHO, 2006).

A los efectos de la aplicación de estas Normas para aguas de suministros públicos, dada la cantidad de muestras que deben examinarse mensualmente y considerando la necesidad de obtener resultados que logren una definición rápida, se utilizará la búsqueda de bacterias Coliformes totales y *Escherichia coli* como organismos indicadores de contaminación. Esto no significa desconocer la importancia de otras pruebas complementarias, en determinadas circunstancias, pueden aportar una información más amplia y precisa.

1.6.1.2 Bacterias Coliformes Totales

El agua potable no debe contener ningún microorganismo patógeno, ni bacterias indicadoras de contaminación fecal.

El grupo de organismos “Coliformes” ha sido utilizado y adoptado internacionalmente como indicador de contaminación fecal, por ser más resistente que las bacterias entéricas, patógenas y por encontrarse en gran cantidad en la materia fecal del ser humano y animales de sangre caliente.

Este grupo comprende todos los bacilos y coco-bacilos aeróbicos y anaeróbicos facultativos, gram negativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas y acidificación del medio, en un periodo de 48 horas a 35 °C de temperatura.

1.6.1.2.1 Metodología de determinación

- a) Técnica de tubos Múltiplos: (Cuantitativo)

Alternativa I: Se efectuará un cultivo presuntivo en caldo Mac-Conkey o caldo lauril-triptosa y un cultivo confirmatorio en medio verde brillante, siguiendo la metodología prevista para esta determinación

Alternativa II: Determinación simultánea de Coliformes Totales y Coliformes Fecales, utilizando medios de cultivo adicionados de MUG* siguiendo la metodología indicada.

*MUG= 4Metilumbeliferil- β -D-Glucurónido

- b) Técnica de Membranas Filtrantes: (Cuantitativo)
Se adoptará como medio de cultivo el tipo ENDO Lactosado, considerándose positivas las colonias rojas con aspecto metálico desarrolladas de 24 horas a 35 °C.
- c) Presencia o Ausencia: (Cualitativo)

1.6.1.3 *Escherichia coli*

Escherichia coli está presente en grandes concentraciones en la microflora intestinal normal de las personas y los animales. Un número reducido de cepas enteropatógenas pueden causar diarrea aguda. Se han determinado varios tipos de *E. coli* enteropatógenas, basándose en diferentes factores de virulencia: *E. coli* enterohemorrágica (ECEH), *E. coli* enterotoxígena (ECET), *E. coli* enteropatógena (ECEP), *E. coli* enteroinvasiva (ECEI), *E. coli* enteroagregativa (ECEA) y *E. coli* de adherencia difusa (ECAD).

Los serotipos de ECEH, como *E. coli* O157:H7 y *E. coli* O111, producen diarrea que puede ser desde leve y no hemorrágica hasta altamente hemorrágica, siendo esta última indistinguible de la colitis hemorrágica. Entre el 2% y el 7% de los enfermos desarrollan el síndrome hemolítico urémico (SHU), que puede ser mortal y se caracteriza por insuficiencia renal aguda y anemia hemolítica. Los niños menores de cinco años son los que tienen más riesgo de desarrollar el SHU (WHO, 2011).

1.6.1.4 *Enterococos*

Los enterococos intestinales incluyen las especies del género *Streptococcus* y son un subgrupo del grupo más amplio de los estreptococos fecales. Todos los estreptococos fecales, incluidos los enterococos intestinales, dan una reacción positiva con antiseros anti grupo D de Lancefield y se han aislado en las heces de animales de sangre caliente. El subgrupo de los enterococos intestinales está formado por las especies *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans* y *E. hirae*. Este grupo se separó del resto de los estreptococos fecales porque son índices relativamente específicos de contaminación fecal. Sin embargo, ocasionalmente, algunos enterococos intestinales aislados del agua pueden también proceder de otros hábitats, como el suelo, en ausencia de contaminación fecal.

Los enterococos intestinales se han utilizado en el análisis del agua bruta como índice de la presencia de agentes patógenos fecales que sobreviven durante más tiempo que *E. coli* y en agua de consumo para complementar los análisis de *E. coli*. También se han utilizado para analizar la calidad del agua después de la realización de reparaciones en sistemas de distribución o de la instalación de cañerías nuevas.

Los enterococos se pueden detectar mediante medios de cultivos sencillos y baratos. Una de las técnicas más usadas es el recuento en placas y la técnica del número más probable (WHO, 2011).

1.6.1.5 *Clostridium perfringens*

Las bacterias del género *Clostridium* son bacilos gran positivos, anaerobios y sulfitorreductores. Producen esporas excepcionalmente resistentes a las condiciones desfavorables en medios acuáticos, incluidas la irradiación UV, los extremos de temperatura y pH, y los procesos de desinfección, como la cloración. La especie característica del género, *C. perfringens*, forma parte de la microflora intestinal normal de entre el 13 y el 35% de las personas y otros animales de sangre caliente, aunque este género también incluye otras especies cuyo origen no es exclusivamente fecal. Al

igual que *E. coli*, *C. perfringens* no prolifera en la mayoría de los medios acuáticos, por lo que es un indicador de contaminación fecal muy específico.

Dada la extraordinaria resistencia de las esporas de *C. perfringens* a los procesos de desinfección y a otras condiciones ambientales desfavorables, se ha propuesto esta especie como índice de la presencia de protozoos y virus entéricos en aguas de consumo tratadas. *C. perfringens* también puede utilizarse como índice de contaminación fecal previa y, por lo tanto, indicar qué fuentes son susceptibles de contaminación intermitente. No obstante, no se recomienda el uso de *C. perfringens* para el monitoreo sistemático, ya es probable que la supervivencia excepcionalmente larga de sus esporas exceda con mucho la de los agentes patógenos entéricos, incluidos los virus y los protozoos.

Clostridium perfringens y sus esporas están presentes prácticamente siempre en aguas residuales; no obstante, el microorganismo no prolifera en medios acuáticos. *Clostridium perfringens* está presente con más frecuencia y en mayores concentraciones en las heces de algunos animales, como los perros, que en las heces humanas, y con menos frecuencia en las heces de muchos otros animales de sangre caliente (WHO, 2011).

1.6.1.6 Bacterias aerobias heterotróficas

Cuando las aguas tratadas son sometidas a desinfección con cloro, conservando concentraciones adecuadas de cloro residual en los extremos de red y no presentan Coliformes, es excepcional la presencia de bacterias aeróbias (heterotróficas) en concentraciones superiores a 100 colonias (o unidades formadoras de colonias = UFC) en 1 ml de agua. Cuando se cumplen estos requisitos, pueden prescindirse de su control en los análisis bacteriológicos de rutina.

En cambio, cuando el sistema de distribución, cisternas, tanques o redes, estén expuestos a contaminación por conexiones clandestinas, reparaciones frecuentes, etc., su inclusión en el examen de rutina es de fundamental importancia sanitaria, y debe complementar la colimetría.

Los abastecimientos de agua centralizado que no cloran las aguas o las aguas de pozos individuales destinado a la bebida, deben incluir, sin excepción, la determinación de bacterias aeróbias, como criterio de calidad microbiológica.

El número de bacterias aeróbias heterotróficas que puede contener una muestra de agua potable, debe ser < 100 UFC/mL cultivadas en medio Agar Nutritivo durante 24 horas a 35 °C.

1.6.1.7 Pseudomonas aeruginosas

Estas Son bacterias oportunistas ampliamente distribuidas en la naturaleza. Dentro de las especies de este género la de mayor importancia sanitaria es la *P. Aeruginosa*. Se hallan con cierta frecuencia aún en aguas cloradas de red, incluso en ausencia de Coliformes.

Su presencia en los sistemas de almacenamiento, tanques y cisternas, tiene como probable causa el estado deficiente de dichas instalaciones. Aunque su desarrollo no está asociado a anomalías en la planta de potabilización, es aconsejable investigar periódicamente su presencia en el agua de la red de distribución.

Como en el caso de las bacterias aerobias, su control debe intensificarse en redes expuestas a contaminación o cuando se comprobaren inconvenientes en la cloración, por su resistencia, viabilidad y bajo requerimiento nutritivo.

Se realizarán análisis cualitativo informándose presencia o ausencia, utilizando como medio de enriquecimiento el caldo Asparagina y como medio confirmativo el caldo Acetamida, ambos con incubación a 35 °C durante 48 horas.

Utilizando estos mismos medios y condiciones de cultivo, opcionalmente puede realizarse examen cuantitativo (NMP).

1.6.1.8 *Giardia Lambia*

Entre los protozoarios que se transmiten por el agua, la *Giardia Lambia* es la que más brotes epidémicos ha provocado en el mundo. La forma quística que adopta este parásito, estando fuera del intestino del hombre o de los animales, resiste los procesos de desinfección habitualmente empleados en las plantas de tratamiento de agua potable. Menos de 10 quistes, ingeridos con el agua de bebida, pueden causar la infección en humanos y un individuo infectado puede liberar mas de 10^6 quistes por gramo de materia fecal. Los quistes pueden sobrevivir en agua de bebida hasta dos meses a 8°C.

Puesto que no se cuenta con buen indicador de la presencia o ausencia de protozoarios patógenos, se deberán realizar controles periódicos de quistes de *Giardia Lambia* en aguas tratadas procedentes de fuentes expuestas a contaminación cloacal.

Para su control se procederá a filtrar entre 1.000 y 2.000 litros de agua potable a través de microfiltros de fibra de polipropileno de 1μ de porosidad a velocidad y presión estandarizada, procesándose dichos filtros según metodología descripta para este análisis. Después del correspondiente examen microscópico, se informará presencia o ausencia de estos parásitos.

Quando se sospeche o demuestre presencia de *Giardia* o de otros parásitos en el agua de bebida, deberá mejorarse la etapa de clarificación tratando que la turbiedad no supere 1 UNT. Se deberá vigilar y optimizar el proceso de coagulación-floculación, el estado de los mantos filtrantes, la velocidad de filtración y la eficiencia del retrolavado de los filtros, ya que éstas son operaciones consideradas claves en la remoción de protozoarios.

La frecuencia de la investigación, deberá guardar relación con: la eficiencia del proceso de clarificación, la prevalencia de la enfermedad, la epidemiología y la existencia de brotes en una región. Cabe acotar que la giardiasis es la parasitosis de mayor prevalencia en Argentina.

1.6.1.9 *Fitoplancton y zooplancton*

El término *Plancton* involucra a todos los organismos microscópicos que flotan o están suspendidos en el agua. El Fitoplancton se compone de algas microscópicas que pueden encontrarse como elementos unicelulares, coloniales, filamentosos o cenobiales. Algunas algas son fotosintéticas otras son heterótrofas y son pastoreadas por el zooplancton. Estos son animales acuáticos microscópicos. En agua dulce pueden encontrarse Rotíferos, Protozoarios, Cladóseros y Copépodos.

El Plancton y particularmente el Fitoplancton, ha sido usado como indicador de calidad de agua natural.

Los organismos de vida libre que pueden presentarse en el agua tratada como ser algas, protozoarios, cladóceros, copépedo, microcrustáceos, etc., pueden afectar su calidad, principalmente estética y organoléptica.

El grupo en general, puede tener de importancia sanitaria como indicador de la eficiencia del proceso de potabilización, aún ante la ausencia de aerobias y Coliformes.

Los problemas más frecuentes causados por estos organismos, son su interferencia en las operaciones del tratamiento del agua y los efectos que provocan en relación al color, olor, turbiedad y sabor en el agua que se distribuye; no presentando, generalmente, efectos negativos sobre la salud pública, salvo en aquellas oportunidades en que floraciones de algas de determinadas especies (Cianófitas principalmente) y en determinadas condiciones eliminan metabolitos tóxicos al agua.

Para su control en aguas filtradas o tratadas se deberá concentrar una cantidad de 50 a 150 litros a través de mallas de plancton de 25μ de porosidad, procediéndose a su examen microscópico en forma cualitativa o cuantitativa, según metodología descripta para esta determinación.

1.6.1.10 *Microcistina L-R*

Las cianobacterias son bacterias fotosintéticas que comparten algunas propiedades con las algas, en particular, poseen clorofila y liberan oxígeno durante el proceso de fotosíntesis. Podemos encontrarlas como células individuales o agrupadas formando colonias y filamentos. Algunas especies

producen florecimientos superficiales y espumas mientras que otras se dispersan bajo la columna de agua. La característica principal en términos de salud pública es la capacidad que tienen para producir una gran diversidad de toxinas. Las cianobacterias se encuentran en la mayoría de las aguas superficiales en bajas concentraciones, dependiendo de la radiación solar, altos niveles de nutrientes, baja turbulencia y climas cálidos pueden promover su crecimiento. Esto puede ocasionar los florecimientos o blooms caracterizados por un aumento en la densidad celular, discoloraciones verdosas del agua, formación de natas, formación de espumas y potencial producción de toxinas. La eutrofización de cuerpos de agua puede aumentar el desarrollo de florecimiento de cianobacterias (WHO, 2011).

Las Cianotoxinas pueden clasificarse de acuerdo a su estructura química o sus propiedades toxicológicas. Según la estructura química se dividen en tres grupos: péptidos cíclicos (microcistina y nodularina), alcaloides (neurotoxina y cilindropermopsina) y lipopolisacáridos. De acuerdo a las propiedades toxicológicas en: neurotoxinas (anatoxina-a, anatoxina-a(s), saxitoxina y neosaxitoxina), promotoras de tumores (microcistinas y lipopolisacáridos), dermatotoxinas o toxinas irritantes (lingbiatoxina A, aplisiatoxina y lipopolisacáridos) y hepatoxinas (microcistinas, nodularinas y cilindropermopsinas) (Wiegand & Pflugmachaer 2005).

Las cianotoxinas que se producen con mayor frecuencia en concentraciones altas ($>1\mu\text{g/l}$) son, las microcistinas (péptidos) y la cilindropermopsina (alcaloide), mientras que las neurotoxinas de cianobacterias sólo se acumulan en concentraciones altas ocasionalmente (OMS, 2006).

La WHO ha desarrollado un valor guía provisional para Microcistina-LR total (suma de la libre y la intracelular) de $1\mu\text{g.L}$ tomando como base los trabajos de Chorus & Bartram (1999). De acuerdo a Codd *et.al.* (2005), existen al menos 71 variantes de microcistinas.

A partir de la directriz de la WHO numerosos países como Australia, Brasil, Canadá, la República Checa, Francia, Polonia y España han incluido el análisis de Microcistina-Lr en sus normas nacionales de calidad de agua de bebida (Huisman *et.al.*, 2005).

Los géneros de cianobacterias potencialmente descritos como productores de microcistinas son: *Microcystis* spp., *Anabaena* spp., *Nostoc* spp. y *Planktothrix* spp. (WHO, 2011). No todas las especies de estos géneros pueden ser productoras de toxinas (Sivonen & Jones, 1999).

1.6.1.10.1 Efectos para la salud humana

El efecto tóxico de la microcistinas en los seres humano se debe a su potencial de inhibición específica de las fosfatasas asociado a un importante daño en el hígado (Falconer, 2005).

La hepatitis tóxica aguda asociada con los fenómenos de floraciones cianobacterianas es conocida como “Toxicosis Cianobacteriana” a partir de intoxicación de más 150 personas y la muerte de 56 de ellas registrada en Caruarú, Brasil, en el año 1996 (Carmichael *et.al.*, 2001). Los casos investigados de exposición crónica a microcistinas en poblaciones de China, correlacionan la presencia de las toxinas con un aumento en los casos de cáncer de hígado y de colon (Zhou *et.al.*, 2002).

Las vías de exposición a estas toxinas es a través de la ingesta de agua, durante actividades recreativas, durante la ducha, consumo de suplementos alimenticios y diálisis renal (OMS, 2011).

El IARC clasifica a la Microcistina-LR en el Grupo 2B (IARC, 2010)

Limite Tolerable provisional: $1\mu\text{g L}^{-1}$ Microcistina-LR total (suma de la libre y la intracelular).

1.6.1.10.2 Antecedentes Locales

En la Provincia de Córdoba se encuentran citadas por los trabajos de Daga, Pierotto y colaboradores (2007, 2009 y 2011) las siguientes especies de cianobacterias toxigénicas: *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Lemm, *M. wesenbergii* (Komárek) Komárek, *M. flos-aquae* (Wittrock) Kirchner, *Tolypothrix distorta* Kütz., *Anabaena spiroides* Klebahn, *A. flos-aquae* (Lyngbye) Breb., *Anabaenopsis circularis* (West) Müller., *Cylindrospermum raciborskii* Kütz., *Oscillatoria lacustris* (Klebahn) Geitler, *O. limosa* Agardh., *O. splendida* Greville., y *Lyngbya birgei* G. M. Smith.

Las investigaciones de Ruibal *et al.* (2005, 2006 y 2007) demuestran la presencia de cianotoxinas en las aguas del embalse San Roque durante florecimientos de cianobacterias. Las concentraciones de microcistinas totales mencionadas varían de concentraciones entre $3 \mu\text{g.L}^{-1}$ a $96 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Ame *et al.*, 2007) evidencio la presencia de microcistinas LR, RR e YR como así también la presencia de anatoxina-a en las aguas del San Roque, Ruiz *et al.*, (2008, 2013) reportan hallazgos de microcistinas y anatoxina-a.

1.6.2 Desinfección

La desinfección es una operación de importancia incuestionable para el suministro de agua potable. La destrucción de microorganismos patógenos es fundamental; muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro.

La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de bebida y debe utilizarse en aguas superficiales y en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal. La desinfección residual se utiliza como protección parcial contra la contaminación con concentraciones bajas de microorganismos y su proliferación en el sistema de distribución.

La desinfección química de un sistema de abastecimiento de agua de bebida que presenta contaminación fecal reducirá el riesgo general de enfermedades, pero no garantizará necesariamente la salubridad del suministro. Por ejemplo, la desinfección con cloro del agua de bebida tiene una eficacia limitada frente a protozoos patógenos (en particular *Cryptosporidium*) y frente a algunos virus. La eficacia de la desinfección puede también ser insatisfactoria con respecto a patógenos presentes en flóculos o partículas que los protegen de la acción del desinfectante. Una turbidez elevada puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y generar una demanda significativa de cloro.

Una estrategia general de gestión eficaz añade a la desinfección, para evitar o eliminar la contaminación microbiana, barreras múltiples, como la protección del agua de alimentación y operaciones de tratamiento adecuadas, así como la protección del agua durante su almacenamiento y distribución. El uso de productos químicos desinfectantes en el tratamiento del agua genera habitualmente subproductos. No obstante, los riesgos para la salud asociados a estos subproductos son extremadamente pequeños en comparación con los asociados con una desinfección insuficiente, y es importante no limitar la eficacia de la desinfección para intentar controlar la concentración de estos subproductos. Algunos desinfectantes, como el cloro, pueden fácilmente medirse y controlarse como desinfectante del agua de bebida; si se practica la cloración del agua, se recomienda analizar frecuentemente la concentración de cloro.

Para que la desinfección sea eficaz, debe haber una concentración residual de cloro libre mayor o igual $0,5$ y menor 1 mg.L^{-1} tras un tiempo de contacto de al menos 30 minutos a pH menor a 8,00.

Pueden utilizarse diversas técnicas de cloración, como son la cloración a la dosis crítica (breakpoint).

Los valores que se proponen para cloro residual son:

Rango de concentración mínima: de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ a $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$, al final de red.

Por debajo de estos valores no debe reducirse el tenor de cloro residual en el sistema de distribución. para partes del sistema donde exista mayos riesgo de contaminación bacteriológica, el valor de cloro deberá ser de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$.

Tabla 1.6.3. Concentración mínima de cloro residual

Parámetro	Valor mínimo mg.L^{-1}
Cloro residual	0,2 a 0,5

1.7 Número de muestras y frecuencia mínima de muestreo en relación a la población servida

Los valores que se dan en la Tabla siguiente son los MINIMOS. El organismo provincial rector del saneamiento de aguas, en función de su poder de policía, podrá ordenar el incremento del número mensual de muestras de control que deberá cumplimentar un servicio, de acuerdo a las condiciones en que opere cada sistema de abastecimiento, considerado individualmente.

Los números de muestras mensuales que esta Tabla estipula como mínimos están referidos a la valoración de las mismas con respecto al grupo de bacterias coliformes; no obstante ello el organismo rector podrá indicar el control de otros parámetros microbiológicos y/o químicos y sus frecuencias.

Se deberá respetar el número de muestras, como así también la frecuencia e intervalo de muestreos mínimos establecidos en la tabla 1.7.

Tabla 1.7 Número de muestras y frecuencia mínima de muestreo en relación a la población servida

Población Total (habitantes)		Número Mínimo de muestras en red de distrib. por mes	Intervalo máximo entre extracciones sucesivas
Hasta	5.000	1	1 mes
5.001	a 10.000	2	1 mes
10.001	a 15.000	3	1 mes
15.001	a 20.000	4	1 mes
20.001	a 25.000	5	2 semanas
25.001	a 30.000	6	2 semanas
30.001	a 35.000	7	2 semanas
35.001	a 40.000	8	2 semanas
40.001	a 45.000	9	2 semanas
45.001	a 50.000	10	4 días
50.001	a 55.000	11	4 días
55.001	a 60.000	12	4 días
60.001	a 65.000	13	4 días
65.001	a 70.000	14	4 días
70.001	a 75.000	15	4 días
75.001	a 80.000	16	4 días
80.001	a 85.000	17	4 días
85.001	a 90.000	18	4 días
90.001	a 95.000	19	4 días
95.001	a 100.000	20	4 días
100.001	a 120.000	21	2 días
120.001	a 140.000	22	2 días
140.001	a 160.000	23	2 días
160.001	a 180.000	24	2 días
180.001	a 200.000	25	2 días
200.001	a 220.000	26	2 días
220.001	a 240.000	27	2 días
240.001	a 260.000	28	2 días
260.001	a 280.000	29	2 días
280.001	a 300.000	30	2 días
300.001	a 320.000	32	1 día
320.001	a 340.000	34	1 día
340.001	a 360.000	36	1 día
360.001	a 380.000	38	1 día
380.001	a 400.000	40	1 día
400.001	a 420.000	42	1 día

Tabla 1.7 (Continuación)

Población Total (habitantes)			Número Mínimo de muestras en red de distrib. por mes	Intervalo máximo entre extracciones sucesivas
420.001	a	440.000	44	1 día
440.001	a	460.000	46	1 día
460.001	a	480.000	48	1 día
480.001	a	500.000	50	1 día
500.001	a	550.000	55	1 día
550.001	a	600.000	60	1 día
600.001	a	650.000	65	1 día
650.001	a	700.000	70	1 día
700.001	a	750.000	75	1 día
750.001	a	800.000	80	1 día
800.001	a	850.000	85	1 día
850.001	a	900.000	90	1 día
900.001	a	950.000	95	1 día
950.001	a	1.000.000	100	1 día
1.000.001	a	1.100.000	110	1 día
1.100.001	a	1.200.000	120	1 día
1.200.001	a	1.300.000	130	1 día
1.300.001	a	1.400.000	140	1 día
1.400.001	a	1.500.000	150	1 día
1.500.001	a	1.600.000	160	1 día
1.600.001	a	1.700.000	170	1 día
1.700.001	a	1.800.000	180	1 día
1.800.001	a	1.900.000	190	1 día
1.900.001	a	2.000.000	200	1 día
2.000.001	a	2.200.000	220	1 día
2.200.001	a	2.400.000	240	1 día
2.400.001	a	2.600.000	260	1 día
2.600.001	a	2.800.000	280	1 día
2.800.001	a	3.000.000	300	1 día
3.000.001	a	3.500.000	350	1 día
3.500.001	a	4.000.000	400	1 día
4.000.001	a	4.500.000	450	1 día
4.500.001	a	5.000.000	500	1 día
5.000.001	a	5.500.000	550	1 día
5.500.001	a	6.000.000	600	1 día
6.000.001	a	6.500.000	650	1 día
6.500.001	a	7.000.000	700	1 día
7.000.001	a	7.500.000	750	1 día
7.500.001	a	8.000.000	800	1 día
8.000.001	a	8.500.000	850	1 día
8.500.001	a	9.000.000	900	1 día
9.000.001	a	9.500.000	950	1 día
9.500.001	a	10.000.000	1000	1 día
10.000.001	a	11.000.000	1100	1 día
11.000.001	a	12.000.000	1200	1 día

Recomendaciones

Redondeo: Se deberá redondear el número de muestras mensuales, que corresponden a una determinada población, de acuerdo con la siguiente regla:

*Para población inferior a 25.000 habitantes con aproximación a 1.
Para población de 25.001 a 100.000 habitantes con aproximación a 5.
Para población de 100.001 a 2.000.000 habitantes con aproximación a 10.
Para población de más de 2.000.000 de habitantes con aproximación a 25.*

Frecuencia de Muestreo: La frecuencia del muestreo debe incrementarse especialmente en oportunidad de epidemias, inundaciones, operaciones de emergencia, o después de la interrupción del servicio o trabajo de reparación.

Extracción de muestras: La extracción de muestras debe efectuarse por personal responsable convenientemente instruido. Se seguirá estrictamente el procedimiento indicado en la sección II.

Se utilizará envase plástico estéril descartable o frasco de vidrio con tapa, acondicionado y esterilizado.

Para evitar la acción bactericida del cloro residual de algunas muestras de agua, deberá agregarse por cada 100 mL de capacidad del frasco y antes de su esterilización 0.1 mL de solución de Tiosulfato de Sodio al 2%.

AÑO CIII - TOMO DCXX - N° 155
CORDOBA, (R.A.), MIERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

SECCION 2

TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

AÑO CIII - TOMO DCXX - Nº 155
CORDOBA, (R.A.) MERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016



SECCIÓN 2

TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

2.1 Introducción

Una “muestra”, como su nombre lo indica, es solo una parte aislada del universo en estudio, por lo que, antes de su extracción, deberán determinarse con el mayor cuidado posible: el o los sitios de extracción, el número de muestras necesarias y la frecuencia de muestreo. (Los dos últimos requisitos, Número, Muestras y Frecuencias de Extracción, para examen bacteriológico, están establecidos en la Norma).

Es importante tener siempre presente que el resultado del análisis de *una sola muestra* aislada de un cuerpo de agua, da valores numéricos que expresan las condiciones de ese acotado volumen de agua, para un determinado instante.

La generalización que de ese resultado se haga para todo el sistema o universo en estudio, será sólo una probabilidad, cuya incertidumbre disminuirá ante la comparación de resultados de un mayor número de muestras. Por lo tanto, se recomienda no cometer el frecuente error de considerar categóricamente como “buena” o “mala” un agua, luego de un único análisis.

2.2 Diseño de un Programa de Muestreo

Es necesario el diseño de un “programa de muestreo” antes de comenzar con la toma de muestras periódicas de un servicio de abastecimiento de agua, ya que dichas muestras deben ser lo más representativas posibles de la calidad del agua abastecida a la población.

Los resultados que se obtengan de un muestreo programado son imprescindibles para el óptimo funcionamiento del “sistema de control de calidad”, siendo éste a su vez la necesaria retroalimentación que permitirá optimizar el proceso de potabilización del agua, en pos del objetivo de salud. Si el control de calidad no se emplea como retroalimentación del sistema productor de agua, pierde su sentido sanitario.

A continuación se listan las principales variables que conviene tener en cuenta cuando se diseña un programa de muestreo:

1. Frecuencia de Muestreo (Nro. de muestras en función del tiempo)*
2. Sitios o Puntos de extracción.
3. Calidad del Agua en la Fuente de Abastecimiento.
4. Tipo de Tratamiento de Potabilización. (si existe)
5. Sistema de Abastecimiento y Estado de Instalaciones.
6. Riesgos de Contaminación Exógena.
7. Pautas Socio-Culturales y Condición Económica de Población. etc.

Según sea el agua sometida a tratamiento completo de potabilización o no y luego distribuida por cañerías o no, será el programa de muestreo que resulte.

Toda agua destinada a la bebida debe ser previamente desinfectada convenientemente.

(Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos)

2.2.1 Agua No Sometida a Tratamiento Completo y Sin Sistema de Distribución

Cuando el agua no es sometida a tratamiento completo y no existe un sistema de distribución por cañerías, “la calidad del agua variará según la estación del año y la proximidad a las fuentes de contaminación. Por consiguiente, la frecuencia de la toma de muestras para exámenes bacteriológicos debe ser determinada en cada caso en particular por el organismo de vigilancia adecuado y debe responder a las circunstancias locales, incluidos los resultados de las inspecciones sanitarias” (Guías WHO).

Teniendo en cuenta lo anteriormente expresado, se deberán realizar análisis periódicos, tanto microbiológicos como fisico-químicos, en abastecimientos individuales o de pequeños grupos poblacionales que se surten de pozos, aljibes, vertientes, etc., a fin de detectar precozmente cambios en la calidad del agua. Se establece como mínimo el control anual de la calidad fisico-química, el mensual de la calidad microbiológica y el diario de la desinfección. Este control mínimo estará a cargo del prestador o usuario/s según sea el caso de que se trate.

2.2.3 Agua Tratada Antes de Entrar en Sistema de Distribución

Cuando el agua es sometida a tratamiento y entra en el sistema de distribución (salida de planta), “debe ser inspeccionada diariamente en el punto en que entra en el sistema de distribución para detectar la presencia de gérmenes coliformes y determinar la turbiedad, color y el pH, ya que es permanente la amenaza de contaminación desde la fuente y no se puede permitir que se traspase la barrera representada por el tratamiento. También es preciso medir con frecuencia y preferiblemente registrar en forma continua la concentración del desinfectante residual. Cualquier deterioro de la calidad o la protección que se descubra con esos procedimientos, exige una investigación inmediata sin esperar los resultados de los exámenes bacteriológicos complementarios” (Guías WHO).

El Ente Regulador podrá ordenar el incremento de las frecuencias de control de los parámetros enunciados y la inclusión de otros que considere de importancia. Además en todo servicio de agua deberán realizarse, tanto sobre el agua natural como sobre el agua que ingresa al sistema de distribución, en muestras correspondientes, análisis fisico-químicos y biológicos que incluyan a todos los parámetros considerados en la normativa de calidad de agua para bebida vigente (Parámetros: físicos, químicos inorgánicos, químicos orgánicos, microbiológicos básicos y microbiológicos complementarios). El conjunto de los parámetros enunciados conforman lo que se denominan “Análisis Completo” de agua.

Se establece para Servicios que se surten de agua superficial un número mínimo de análisis completos de cuatro (4) al año y para Servicios que se surten de agua subterránea de dos (2) al año.

Su distribución anual será de acuerdo a criterios que definan para cada caso en particular el Ente Regulador.

2.2.4 Agua Tratada en el Sistema de Distribución

Cuando el agua se encuentra en el sistema de distribución, el número y frecuencia muestral está determinado (en lo que a control microbiológico se refiere) en “Normas de Calidad para Aguas de Bebida” (sección I).

Con respecto a la elección de los sitios de extracción, conviene hacer una planificación anticipada a la ejecución, de orden mensual, trimestral, semestral o anual; según convenga. Deberán elegirse algunos puntos de muestreo que denominaremos “fijos” situados en tanques, cisternas, bombeos, etc. y distribuir el resto sobre sitios seleccionados estratégicamente a fin de cubrir de la forma más amplia y representativa el sistema de distribución. En el siguiente cuadro se dan algunas recomendaciones que conviene tener en cuenta cuando se seleccionen los sitios de muestreo:

- Distancia al Establecimiento Potabilizador.
- Diámetro de Cañerías.
- Topografía de la Traza.
- Número de habitantes.
- Demanda Cualitativa-Cuantitativa del Sitio.
- Estado de la Red Distribuidora.
- Tiempo de Recorrido para la extracción.
- Etc.

Conjuntamente con las muestras destinadas al examen bacteriológico, deberán extraerse otras para análisis de algunos parámetros físicos y químicos que permiten evaluar el tratamiento a que se ha sometido el agua y además determinar “in situ” en todas las muestras la concentración residual de desinfectantes. Los análisis físico-químicos que deberán efectuarse dependerán de: Fuente de Origen del Agua, Tipo de Tratamiento a que es Sometida, etc. Cualquiera sea el caso, se deberán efectuar las siguientes determinaciones en forma rutinaria: cloro residual (in situ), pH color y turbiedad. Además, como se indicó antes, el Ente Regulador podrá indicar la necesidad de determinar otros parámetros que considere relevantes para el servicio; por ej.: sales o iones de importancia sanitaria que puedan encontrarse presentes ocasionalmente y en valores ponderables, concentración remanente de productos químicos agregados en el tratamiento que pueden depositarse en las instalaciones, compuestos químicos contaminantes no eliminados por el tratamiento potabilizador, etc.

2.3 Toma de Muestras

2.3.1 Instrucciones

Recomendaciones Generales: Las presentes instrucciones están orientadas a la extracción de muestras de un grifo o canilla conectada directamente a la Red Distribuidora, sin comunicación con tanques o depósitos intermedios. Debe evitarse la extracción de muestras de bocas de incendio, viviendas deshabitadas y de locales en malas condiciones de higiene. Evitar en lo posible la extracción de muestras cuando sopla viento o llueve intensamente en el lugar donde se encuentra el grifo o punto de toma. Utilizar los envases y recolectar el volumen necesario de acuerdo a los parámetros a analizar. Identificar el recipiente unívocamente, con un código y acompañar la muestra con un parte de extracción que contenga los siguientes datos:

2.3.2 Análisis Químicos

1. Abrir el grifo y dejar correr libremente el agua durante 2 a 5 minutos. En el caso de pozos profundos, es necesario que la bomba haya funcionado 2 o 3 horas sin interrupción, antes de proceder a la toma de muestras. Si se trata de pozos semisurgentes, es conveniente asegurar que al momento de la toma de muestra el pozo haya estado funcionando varias horas y se debe extraer la muestra directamente de la cañería ascendente.
2. Utilizar los envases y recolectar el volumen necesario de acuerdo a los parámetros a analizar
3. “Requerimientos Especiales de Muestreos y Conservación”.
4. Llenar completamente los envases y tapar.
5. Rotular idénticamente, con rótulo firmemente adherido y escrito con tinta indeleble que contenga los siguientes datos:

CÓDIGO DE MUESTRA
LOCALIDAD
NUMERO DE MUESTRA
FUENTE DE ORIGEN DEL AGUA (RED, POZO, RIO, ETC.)
FECHA Y HORA DE EXTRACCIÓN
SITIO DE EXTRACCIÓN (GRIFO, BOMBA, TANQUE, ETC.)
GEORREFERENCIACIÓN
NOMBRE DEL MUESTREADOR y FIRMA
ANÁLISIS SOLICITADOS
OBSERVACIONES (OTROS DATOS DE INTERES)

2.3.3 Análisis Microbiológicos

2.3.3.1 Extracción de Muestras

La extracción de muestras debe efectuarse por personal responsable convenientemente instruido.

Se utilizará envase plástico estéril descartable o frasco de vidrio con tapa, acondicionado y esterilizado.

Para evitar la acción bactericida del cloro residual de algunas muestras de agua, deberá agregarse por cada 100 ml, 1 a 2 gotas de solución de tiosulfato de sodio al 2 %.

1. Limpiar muy bien la zona de toma de muestra eliminando sustancia extrañas. Cuando se requiera tomar muestras de pozos de balde o aljibes o de cursos de agua, donde no exista sistema de bombeo, coleccionar un volumen de agua en un recipiente lavado previamente y enjuagado varias veces con el agua a analizar. Luego verter una porción en el frasco estéril.
2. Dejar salir agua abundantemente durante 2 a 5 minutos y luego cerrar.
3. Esterilizar el grifo (especialmente la boca), calentando 2 ó 3 minutos con la llama de un hisopo de algodón impregnado en alcohol o bien mediante un soplete de gas durante menos tiempo.
4. Abrir cuidadosamente el grifo y dejar correr el agua durante 1 minuto, regulando la apertura de manera tal que el chorro sea suave y continuo.
5. Destapar el frasco estéril teniendo la precaución de no tocar con los dedos su boca. Si tiene capuchón de papel que cubre la tapa, retirar el conjunto - capuchón y tapa.-
6. Inmediatamente de abierto, llenar el frasco con agua, pero no completamente, de manera tal que quede una pequeña cámara de aire. Tapar y asegurar la tapa para evitar derrames.
7. Colocar el frasco en un recipiente térmico con hielo o en la heladera, para que la temperatura se mantenga próxima a 4 °C. No congelar.
8. Remitir inmediatamente las muestras al laboratorio. Cuidar que, ni por un momento, estén sin refrigeración. Técnicamente se considera que el tiempo máximo tolerable que puede mediar entre la extracción y la siembra de la muestra, no debe superar las 24 horas. Deben hacerse todos los esfuerzos posibles para acortar tiempos de transporte ya que una muestra sembrada con más demora, puede no ser representativa.

2.3.4 Requerimientos Especiales de Muestreos y Conservación

Antes de realizar muestreos de agua de bebida, se debe consultar con el laboratorio encargado de realizar las determinaciones, los requerimientos de envases y conservación de muestras.

En las Secciones de este manual en las que se dan los métodos de análisis específicos para cada parámetro, se incluyen recomendaciones referidas a precauciones que se deben tener en cuenta

NORMAS DE CALIDAD Y CONTROL DE AGUAS PARA BEBIDA – AÑO 2016

para extraer y conservar la muestra, a los fines de los resultados no sean malogrados por un inadecuado procedimiento.

No obstante ello, a continuación se da un listado sumario de estos requerimientos, basado en Standard Methods de APHA, AWWA, y WPCF con el objeto de contar con una guía rápida de consulta.

Tabla 2.3.4 Requerimientos Especiales de Muestras y Conservación

Determinación	Envase	Vol. Mínimo	Conservación	Tiempo Máx. ¹
Acidez	P, V(b)	100 mL	Refrigerar	24 hs/14 d
Alcalinidad	P, V	200 mL	Refrigerar	24 hs/14 d
Bacteriológico	P, V (estériles) c/a	300 mL	Refrigerar y eliminar Cl res. si se trata de agua clorada	24 hs / 24 hs
Boro	P, V	100 mL	bajar pH < 2 con HNO ₃	28 d/ 6 meses
Bromo	P, V	100 mL	No Requiere	28 d/ 28 d
Carbón Orgánico Total	P, V	100 mL	Analizar inmediatamente o Refrigerar y bajar pH < 2 con H ₂ SO ₄	7 d/28 d
Carbono, dióxido	P, V	100 mL	Analizar Inmediatamente	
Cloro residual	P, V	500 mL	Analizar Inmediatamente	0,25 hs
Cloro, dióxido	P, V	500 mL	Analizar Inmediatamente	0,25 hs
Clorofila	P, V	500 mL	Sin filtrar, a la oscuridad absoluta y a -6 °C Filtrado Congelado s/luz	24 hs/48 hs 28 d /
Cloruros	P, V	50 mL	-	- / 28 d
Color	P, V	500 mL	Refrigerar	48 hs/ 48 hs
Detergentes (MABS)	P, V	250 mL	Refrigerar	48 hs. / 48 hs
Fenoles	P, V, PTFE s/a	500 mL	Refrigerar y bajar pH < 2 con H ₂ SO ₄	28 d hasta la extracción/2 d después de la extracción
Pesticidas	V(s) c/tapa de PTFE s/a	1000 mL	Refrigerado. Si hay Cl res. presente – agregar 1 g de ácido ascórbico / L	7 d / 7 d hasta la extracción y 40 d después de la extracción

NORMAS DE CALIDAD Y CONTROL DE AGUAS PARA BEBIDA – AÑO 2016

Determinación	Envase	Vol. Mínimo	Conservación	Tiempo Máx. ¹
Extraíbles por purga	V(s) c/tapa de PTFE s/a	2 x 40 mL	Refrigerar y bajar pH < 2 con HCl. Si hay Cl res. Presente agregar 1 g de ácido ascórbico / L Refrigerar y bajar pH < 2 con H ₂ SO ₄	7 d/14 d
Hidrocarburos	V c/tapa de PTFE s/a	1000 mL		7 d/14 d
Conductividad	P, V	500 mL	Refrigerar	28 d/28 d
Cianuro Total	P, V	500 mL	Analizar dentro de los 15 min. o Llevar pH > 12 con NaOH, refrigerac. oscuridad absoluta y agregar 100 mg de Na ₂ S ₂ O ₃ / L para neutralizar el cloro libre	24 hs/14 d
DBO	P, V s/a	1000 mL	Refrigerar	6 hs/48 hs
DQO	P, V	100 mL	Analizar lo antes posible o bajar el pH a < 2 con H ₂ SO ₄	7 d/28 d
Dureza	P, V	100 mL	Bajar pH < 2 con HNO ₃ o H ₂ SO ₄	6 mes/6 mes
Fitoplancton	P, V c/a	1000 mL	Analizar inmediatamente o conservar con Lugol 3 mL/L, refrigerar, oscuridad absoluta	24 hs 3 mes
Fluoruro	P	100 mL	No Requiere	28 d/28 d
Fosfatos Total	P, V	100 mL	Bajar pH < 2 con H ₂ SO ₄ filtrar inmediatamente y refrigerar	28 d/ 28 d
Fosfatos Disueltos	V			48 hs/48 hs
Gas de Barro dig.	V (p/gas)	-	-	-
Grasas y Aceites	V s/a	1000 mL	Bajar pH < 2 con H ₂ SO ₄ o HCl y refrigerar	28 d/28 d
Iodo	P, V	500 mL	Analizar Inmediatamente	0,25 hs/ -
Metales, en Gral.	P(a), V(a)	1000 mL	Bajar pH < 2 c/ HNO ₃ . Para metales dis.: filtrar inmediatamente y bajar pH < 2 c/ HNO ₃	6 mes/6 mes

NORMAS DE CALIDAD Y CONTROL DE AGUAS PARA BEBIDA – AÑO 2016

Determinación	Envase	Vol. Mínimo	Conservación	Tiempo Máx. ¹
Cromo VI	P(a), V(a)	300 mL	Refrigerar y analizar inmediatamente o llevar a pH entre 9,3 y 9,7 con buffer de (NH ₄) ₂ SO ₄ para conservar	24 hs/28 d
Aluminio, Arsénico y Cobre (colorim.) ²	-	-	-	-
Microcistina	V c/a	100 mL	Refrigerar y eliminar Cl res. en muestras cloradas	
Nitrógeno				
Amonio	P, V	500 mL	Analizar lo antes posible o bajar el pH < 2 con H ₂ SO ₄ , refrigerar, eliminar el Cl residual	7 d/28 d
Nitrato	P, V	100 mL	Analizar lo antes posible y refrigerar	48 hs./14 d. para muestras cloradas
Nitrato+ Nitrito	P, V	100 mL	Analizar lo antes posible o bajar el pH < 2 con H ₂ SO ₄ , refrigerar	1-2 d/28 d
Nitrito	P, V	100 mL	Analizar lo antes posible o refrigerar	/48 hs
Orgánico, Kjeldahl	P, V	500 mL	Refrig. pH < 2 con H ₂ SO ₄	7 d/28 d
Olor	V	500 mL	Analizar cuanto antes; refrigerar	6 hs/ 24 hs
Oxígeno Disuelto	V(botella de DBO) s/a	300 mL	Analizar inmediatamente	0,25 h/0,25 h
Electrodo			La titulación puede ser retardada después de la acidificación	8 hs/8 hs
Winkler				
Ozono	V	1000 mL	Analizar Inmediatamente	0,25 hs/ -
pH	P, V	-	Analizar Inmediatamente	0,25 hs/0,25 hs
Salinidad	V	240 mL	Analizar Inmediatamente o usar sello de cera en frasco	6 m (con sello)
Sílice	P	200 mL-	Refrigerar, no congelar	28 d/28 d

Determinación	Envase	Vol. Mínimo	Conservación	Tiempo Máx. ¹
Sólidos	P, V	200 mL	Refrigerar	7 d/7-14 d
Sulfatos	P, V	100 mL	Refrigerar	28 d/28 d
Sulfuros	P, V	100 mL	Refrigerar Agregar 4 gotas de Acetato de Zn (2N) cada 100 mL y llevar a pH > 9 con NaOH	28 d/28 d
Sabor	V	500 mL	Analizar cuanto antes. Refrigerar	24 hs
Temperatura	P, V	-	Analizar Inmediatamente	0,25 h
Turbiedad	P, V	100 mL	Analizar el mismo día; guardar en oscuridad absoluta hasta 24 horas refrigerado	24 hs/48 hs

REFERENCIAS:

Refrigerar = Conservar a 4 °C y en oscuridad.

Filtración = Filtro de 0,45 um de diámetro de poro, excepto en el caso de determinar Clorofila en el cual debe emplearse filtro de fibra de vidrio de 1 um de diámetro de poro

Eliminación de Cloro Residual = con Tiosulfatos de Sodio

P = Plástico (poliet. ó equival.)

V = Vidrio

V(b) = Vidrio Borosilicato

V(a) o P(a) = Recipiente lavado con sol. 1x1 de Ac. Nítrico

V(s) = Vidrio lavado con solventes orgánicos

s/a = sin aire

c/a = con aire

NOTA1: Para determinaciones no listadas, usar frascos de plásticos o vidrio; refrigerar hasta el análisis y ejecutar éste lo antes que sea posible.

NOTA2: Verificar condiciones de lavado de los recipientes de muestreo para cada caso.

1-Tiempo máximo de Conservación: Recomendado/ Regulado
Recomendado: Standard Métodos de APHA, AWWA y WPCF

2- Ver texto de método para detalles adicionales.

SECCION 3

METODOS DE ANÁLISIS

AÑO CIII - TOMO DCLX - Nº 155
CORDOBA, (R.A.), MIERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016



SECCIÓN 3

MÉTODOS ANALÍTICOS

La información proporcionada en este apartado tiene por objetivo orientar sobre la selección de métodos analíticos adecuados para circunstancias específicas.

Existen diversas colecciones de métodos “normalizados” o “recomendados” de análisis de agua, publicadas por varios organismos nacionales e internacionales. Con frecuencia se cree que puede alcanzarse una exactitud analítica suficiente si todos los laboratorios utilizan el mismo método normalizado. La experiencia muestra que no siempre es así, ya que diversos factores pueden afectar a la exactitud de los resultados, como la pureza de los reactivos, el tipo de instrumentos analíticos y su rendimiento, el grado de modificación del método en un laboratorio particular, y las aptitudes y destreza del analista. Es probable que estos factores varíen de unos laboratorios a otros y a lo largo del tiempo en un mismo laboratorio. Además, la precisión y exactitud alcanzables mediante un método particular dependen con frecuencia de que se haya realizado correctamente la toma de muestras y de la naturaleza de la muestra (matriz). Si bien no es fundamental utilizar métodos normalizados, es importante que los métodos utilizados hayan sido validados adecuadamente y que se haya determinado su precisión y exactitud antes de tomar decisiones importantes basadas en los resultados. En el caso de las variables “no específicas” como el sabor y olor, el color y la turbiedad, el resultado es función del método empleado, lo cual debe tenerse en cuenta al realizar comparaciones basadas en los datos.

En la selección de métodos es importante tener en cuenta ciertas consideraciones:

- La consideración primordial es que se haya comprobado que el método seleccionado proporciona la exactitud necesaria. Otros factores, como la rapidez y comodidad, sólo deben tenerse en cuenta al seleccionar entre diferentes métodos que cumplen el anterior criterio primordial.
- Existen varios procedimientos notablemente diferentes para medir y notificar los errores existentes en todos los métodos. Esto complica y prejuzga la eficacia de la selección de método, y se han sugerido formas de normalizar estos procedimientos. Es, por consiguiente, deseable publicar información detallada sobre todos los métodos analíticos junto con parámetros relativos al rendimiento que puedan interpretarse sin ambigüedad.
- Si han de compararse los resultados analíticos de un laboratorio con los de otros laboratorios o con un patrón numérico, es evidentemente preferible, que los resultados no lleven asociado ningún error sistemático. En la práctica, esto no es posible, pero cada laboratorio debe seleccionar métodos cuyos errores sistemáticos hayan sido evaluados concienzudamente y se haya comprobado que son aceptablemente pequeños.

En la tabla 3.1.1 se muestra una clasificación cualitativa de diversos métodos analíticos para sustancias inorgánicas, ordenados en función de su grado de complejidad técnica; la tabla 3.2.1 muestra una clasificación semejante de métodos de análisis de sustancias orgánicas. Se establecen clasificaciones diferentes para los dos tipos de sustancias porque los métodos analíticos utilizados son muy diferentes. Se asigna una categoría mayor en la clasificación a los procesos más complejos, ya sea por los instrumentos utilizados, por la operación de los mismos, o por ambos motivos. En general, cuanto mayor es la categoría del método, mayores son los costos totales asociados. En las tablas 3.3.1 y 3.4.1 se indican la capacidad de detección analítica de los valores de referencia de diferentes sustancias químicas teniendo en cuenta los límites de detección de diferentes métodos analíticos.

Existen numerosos tipos de equipos de análisis de campo que se utilizan para examinar la conformidad de la calidad del agua de consumo y en actividades de monitoreo operativo. Aunque los equipos de análisis de campo suelen ser relativamente baratos, su exactitud analítica es generalmente menor que la de los métodos indicados en las tablas 3.1.1, 3.2.1 y 3.3.1. Es, por consiguiente, necesario comprobar la validez del equipo de análisis de campo antes de utilizarlo.

3.1 Ejemplos de métodos analíticos

Tabla 3.1.1 Métodos analíticos para sustancias inorgánicas

1	Método espectrofotométrico , volumétrico y método colorimétrico
2	Método electrolítico
3	Cromatografía iónica
4	Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, del inglés « <i>high-performance liquid chromatography</i> »)
5	Espectrometría de absorción atómica de llama (FAAS, del inglés « <i>flame atomic absorption spectrometry</i> »)
6	Espectrometría de absorción atómica electro térmica (EAAS, del inglés « <i>electrothermal atomic absorption spectrometry</i> »)
7	Espectrometría de emisión atómica con fuente de plasma acoplado por inducción (ICP/AES, del inglés « <i>inductively coupled plasma/atomic emission spectrometry</i> »)
8	Espectrometría de masas con fuente de plasma acoplado por inducción (ICP/MS, del inglés « <i>inductively coupled plasma/ mass spectrometry</i> »)

3.2 Clasificación de métodos analíticos para sustancias orgánicas en función de su complejidad

Tabla 3.2.1 Métodos analíticos para sustancias orgánicas

1	HPLC
2	Cromatografía de gases (GC, del inglés « <i>gas chromatography</i> »)
3	Cromatografía de gases acoplada con espectrometría de masas (GC/MS, del inglés « <i>gas chromatography/mass spectrometry</i> »)
4	Cromatografía de gases separados en la cabeza de la columna acoplada con espectrometría de masas (en inglés « <i>headspace GC/MS</i> »)
5	Cromatografía de gases obtenidos mediante purga y trampa en inglés « <i>purge-and-trap GC</i> »)
6	Cromatografía de gases obtenidos mediante purga y trampa acoplada con espectrometría de masas (en inglés « <i>purge-and-trap GC/MS</i> »)

En la extracción se puede utilizar SPME (micro extracción en fase sólida)

3.3 Capacidad de detección analítica de sustancias inorgánicas para las que se han establecido valores de referencia

Tabla 3.3.1 Capacidad de detección analítica de sustancias inorgánicas

Métodos de laboratorio							
	Espectrof.	Vol.	IC	FAAS	EAAS	ICP	ICP/MS
Aluminio	+			+	+	+	+
Arsénico	+			+(H)	++, +++ (H)	++ (H)	+++
Boro	+					++	+++
Cadmio	+	+			++	++	+++
Carbonato de calcio		+					
Cianuros	+						
Cloruros		+	+++				
Cobre	+	+++		+	+++	+++	+++
Cromo	+(IV)	+		+	+++	+++	+++
Dureza	+	+++	+++		+++	+++	+++
Fluoruro	+	+	++				
Hierro	+			+	+++	+++	+++
Manganeso	+	++		++	+++	+++	+++
Mercurio	+			+(H)	+	++(H)	
Nitrato/Nitrito	+		+++				
Plata	+			+	+++	+++	+++
Plomo	+	+			+	+	++
Selenio	+	+		+(H)	+++ (H)	++(H)	+
Sulfato	+		+++				
Vanadio	+			+	+	+++	+++
Zinc	+			+	+++	+++	+++

Referencias

Espectrof.: Espectrofotometría

Vol.: Volumetría

EAAS: Espectrometría de absorción atómica electrotrémica

IC: Cromatografía iónica

ICP: Plasma acoplado por inducción

ICP/MS: Espectrometría de masas con fuente de plasma acoplado por inducción

FAAS: Espectrometría de absorción atómica de llama

IC/FD: Cromatografía iónica con detector de fluorescencia

Notas

+ El límite de detección está entre el valor de referencia y 1/10 de dicho valor.

++ El límite de detección está entre 1/10 y 1/50 del valor de referencia.

+++ El límite de detección es menor que 1/100 del valor de referencia.

El método analítico puede utilizarse para medir la concentración del valor de referencia, pero es difícil detectar una concentración de 1/10 del valor de referencia.

□ El método de detección puede utilizarse para la sustancia.

(H) Este método puede aplicarse a la determinación de los analitos mediante su conversión a hidruros por un generador de hidruros

3.4 Capacidad de detección analítica de sustancias orgánicas para las que se han establecido valores de referencia

Tabla 3.4.1 Capacidad de detección analítica de sustancias orgánicas

	E s p	CG / PD	CG/ ECD	CG/ FID	CG / FPD	CG/ MS	PT- CG / MS	HPLC/ FD	HPLC / UV / PAD	HPLC / MS	IC	E L I S A
Acrilamida						+		+	+	+		
2,4-D									+	+		
2,4-DB									+	+		
Atrazina			+			+				+		
Aldrin	+		+			+						
Dieldrin			+									
Carbofuran								+(con deriv.)		+		
λ-Cialotrina			+			+						
Cipermetrina			+			+						
Cloruro de vinilo							+					
Clordano (total e isómeros)			+			+						
Clorpirifos			+		+	+						
1,2-Diclorobenceno							+					
1,4-Diclorobenceno							+					
1,2-Dicloroetano							+					
1,1-Dicloroetano							+					
1,2-Dicloroetano							+					
DDT (total e isómeros)			+			+						
Detergentes (aniónicos)	+											
Dicamba								+				
Dimetoato					+	+				+		
Endosulfán			+			+						
Etilbenceno							+					
Estireno							+					
Glifosato								+(con deriv.)		+	+	
Hidrocarburos Totales	+											
Hidrocarburos aromáticos polinucleares (Benzo [a] pireno)						+		+				
Hexaclorobenceno			+			+						
Lindano			+			+						
Malatión					+	+						
Metoxicloro			+			+						
Metolacloro					+	+						
Microcistinas totales*								+				+
Monoclorobenceno							+					
Paratión					+	+						
Metil Paratión					+	+						
Paraquat								+		+		

AÑO CIVIL TOMO DCXX - No 155 - MIERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

	E s p	CG / PD	CG/ ECD	CG/ FID	CG / FPD	CG/ MS	PT- CG / MS	HPLC/ FD	HPLC / UV / PAD	HPLC / MS	IC	E L I S A
Pentaclorofenol						+						
Tricloroeteno							+					
Tetracloroeteno							+					
Tetracloruro de carbono							+					
Tolueno							+					
Xilenos							+					

Referencias

Esp: Espectrofotometría UV-Visible o Infrarrojo

GC/PD: Cromatografía de gases con detector de fotoionización (del inglés «gas chromatography/photoionization detector»)

GC/ECD: Cromatografía de gases con detector de captura de electrones (del inglés «gas chromatography/electron capture detector»)

GC/FID: Cromatografía de gases con detector de ionización de llama (del inglés «gas chromatography/flameionization detector»)

GC/FPD: Cromatografía de gases con detector fotométrico de llama (del inglés «gas chromatography/flamephotodiode detector»)

GC/MS: Cromatografía de gases con detector de espectrometría de masas (del inglés «gas chromatography/massspectrometry»)

PT-GC/MS: Cromatografía de gases obtenidos mediante purga y trampa acoplada con espectrometría de masas (del inglés «purge-and-trap gas chromatography/massspectrometry»)

HPLC/FD: Cromatografía líquida de alta resolución con detector de fluorescencia (del inglés «high-performance liquid chromatography/fluorescence detector»)

HPLC/UV-Vis/PAD: Cromatografía líquida de alta resolución con detector de ultravioleta-visible y/o serie de fotodiodos (del inglés «high-performance liquid chromatography/ultraviolet –visible / photodiodearray detector»)

IC: Cromatografía iónica (del inglés «ion chromatography»)

IC/FD: Cromatografía iónica con detector de fluorescencia (del inglés «ion chromatography/fluorescence detector»)

HPLC/MS: Cromatografía líquida de alta resolución con detector de masas (del inglés «high-performance liquid chromatography/massspectrometry»)

ELISA: Enzimoimmunoensayo (del inglés: «Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay»)

3.5 Métodos analíticos

En la *valoración volumétrica (volumetría)*, las sustancias químicas se analizan mediante valoración con una solución normalizada. El punto final de la valoración se determina por la aparición de color como resultado de la reacción con un indicador, por la modificación del potencial eléctrico o por un cambio del pH.

Los *métodos colorimétricos (colorimetría)* se basan en la medición de la intensidad de color de una sustancia química objetivo o producto de la reacción que tiene color. La absorbancia óptica se mide con luz de una longitud de onda adecuada. La concentración se determina mediante una curva de calibración obtenida mediante el análisis de muestras de concentración conocida del analito.

El método ultravioleta (UV) es similar, pero se utiliza luz UV.

En el caso de las sustancias iónicas, puede determinarse la concentración del ión mediante un *electrodo selectivo de iones*. El potencial eléctrico medido es proporcional al logaritmo de la concentración del ión.

Algunos compuestos orgánicos absorben cantidades de luz UV (de longitud de onda de 190 a 380 nm) proporcionales a su concentración. La *absorción de luz UV* es útil para la estimación cualitativa de la presencia de sustancias orgánicas, porque puede haber una correlación fuerte entre este parámetro y el contenido de carbono orgánico.

La *espectrometría de absorción atómica (AAS, del inglés “atomic absorption spectrometry”)* se utiliza para el análisis de metales. Se basa en el hecho de que al hacer pasar luz a través de la muestra vaporizada los átomos en estado fundamental absorben luz de longitudes de onda que son características de cada elemento. Como la absorción de luz es función de la concentración de átomos en el vapor, el valor de absorbancia medido permite determinar la concentración del analito en la muestra de agua. La Ley de Lambert-Beer describe la relación entre la concentración y la absorbancia.

En la *espectrometría de absorción atómica de llama (FAAS, del inglés “flame atomic absorption spectrometry”)*, se aspira una muestra al seno de una llama y se atomiza. Se irradia a través de la llama un haz de luz de una lámpara de cátodo hueco del mismo elemento metálico que el analito,

y se mide en el detector la cantidad de luz absorbida. Este método es mucho más sensible que otros y no sufre interferencia espectral o de radiación por la presencia de otros elementos. El tratamiento previo es innecesario o es sencillo. No obstante, no es adecuado para el análisis simultáneo de muchos elementos, porque cada analito precisa una fuente de luz diferente.

La *espectrometría de absorción atómica electrotrémica* (EAAS, del inglés “*electrothermal atomic absorption spectrometry*”) se basa en los mismos principios que la FAAS, pero el quemador normal utilizado para el análisis de metales se sustituye por un atomizador electrotrémico u horno de grafito. La EAAS proporciona sensibilidades mayores y límites de detección menores que la FAAS, y se precisa un volumen de muestra menor. La EAAS sufre una mayor interferencia por la dispersión de luz debida a la presencia de otros elementos y se tarda más en realizar el análisis que mediante la FAAS.

El principio del análisis de metales mediante *espectrometría de emisión atómica con fuente de plasma acoplado por inducción* (ICP/AES, del inglés “*inductively coupled plasma/atomic emission spectrometry*”) es el siguiente. Una fuente de plasma acoplado por inducción es un flujo de gas argón ionizado mediante la aplicación de una frecuencia de radio. Se genera un aerosol de la muestra en un nebulizador, en una cámara de nebulización, y se lleva a continuación al plasma a través de un tubo inyector. La temperatura alta del plasma calienta y los átomos de la muestra se excitan. Al regresar a su estado fundamental, los átomos excitados producen espectros de emisión de los iones. Un monocromador separa longitudes de onda específicas correspondientes a diferentes elementos y un detector mide la intensidad de radiación de cada longitud de onda. Se logra así una reducción significativa de la interferencia de sustancias químicas. En muestras de agua poco contaminadas, pueden realizarse análisis simultáneos o secuenciales sin que sea necesario un tratamiento previo especial para alcanzar límites de detección bajos para muchos elementos. Esto, junto con la ampliación del intervalo analítico de tres a cinco cifras, implica que pueden analizarse múltiples metales. La sensibilidad de la ICP/AES es similar a la de la FAAS o la EAAS.

En la *espectrometría de masas con fuente de plasma acoplado por inducción* (ICP/MS, del inglés “*inductively coupled plasma/mass spectrometry*”) los elementos se atomizan y excitan como en la ICP/AES y se llevan a continuación a un espectrómetro de masas. Una vez en el espectrómetro de masas, se aceleran los iones aplicándoles una tensión eléctrica alta y se hacen pasar a través de una serie de lentes iónicas, un analizador electrostático y por último un imán. Variando la potencia del imán se separan los iones en función de la relación entre masa y carga eléctrica y se hacen pasar a través de una rendija al detector que registra únicamente un intervalo de masa atómica muy pequeño en cada momento. Variando los ajustes del imán y del analizador electrostático, puede hacerse un barrido de todo el intervalo de masas en un periodo relativamente corto. En muestras de agua poco contaminadas, pueden realizarse 142 análisis simultáneos o secuenciales sin que sea necesario un tratamiento previo especial para alcanzar límites de detección bajos para muchos elementos. Esto, junto con la ampliación del intervalo analítico de tres a cinco cifras, implica que pueden analizarse múltiples metales.

La *cromatografía* es un método de separación basado en la diferencia de afinidad entre dos fases, la fase estacionaria y la fase móvil. Se inyecta una muestra en una columna, ya sea rellena o recubierta con la fase estacionaria, y sus compuestos se separan por medio de la fase móvil basándose en su diferente interacción (distribución o adsorción) con la fase estacionaria. Los compuestos con afinidad baja por la fase estacionaria atraviesan la columna más rápidamente y eluyen antes. Los compuestos eluidos del extremo de la columna se analizan mediante un detector adecuado.

En la *cromatografía iónica*, se utiliza un cambiador de iones como fase estacionaria, y el eluyente para la determinación de aniones suele ser una solución diluida de bicarbonato sódico y carbonato sódico. Pueden utilizarse detectores colorimétricos, electrométricos o volumétricos para analizar aniones individuales. En la *cromatografía iónica con supresión*, los aniones se transforman en sus formas ácidas, muy conductoras; en el eluyente de carbonato-bicarbonato, los aniones se transforman en ácido carbónico, cuya conductividad es baja. Se mide la conductividad de las formas ácidas separadas y se identifican comparando sus tiempos de retención con los de los correspondientes patrones.

La *cromatografía líquida de alta resolución* (HPLC, del inglés “*high-performance liquid chromatography*”) es una técnica analítica en la que se utiliza una fase móvil líquida y una columna

que contiene una fase estacionaria líquida. La detección de los compuestos separados se realiza mediante detectores de absorbancia, en el caso de los compuestos orgánicos, y mediante detectores de conductividad o electroquímicos, en el caso de los compuestos metálicos e inorgánicos.

La *cromatografía de gases* (GC, del inglés “*gas chromatography*”) permite identificar y cuantificar cantidades mínimas (trazas) de compuestos orgánicos. En la cromatografía de gases se utiliza un gas como fase móvil y la fase estacionaria es un líquido que recubre un sólido granular inerte o las paredes de una columna capilar. Cuando se inyecta la muestra en la columna, los compuestos orgánicos se vaporizan y son arrastrados por el gas a través de la columna a velocidades diferentes en función de los diferentes coeficientes de reparto entre las fases móvil y estacionaria de los compuestos. El gas que abandona la columna se dirige un detector adecuado. Pueden utilizarse diversos detectores, como el detector de ionización de llama (FID, del inglés “*flame ionization detector*”), el detector de captura de electrones (ECD, del inglés “*electron capture detector*”) y el de nitrógeno y fósforo. Este método, dada su gran capacidad de separación, permite separar, identificar y determinar las concentraciones de mezclas de sustancias con estructuras similares, de forma sistemática, en una sola operación.

El método de *cromatografía de gases / espectrometría de masas* (GC/MS, del inglés “*gas chromatography/mass spectrometry*”) se basa en el mismo principio que el de cromatografía de gases y utiliza un espectrómetro de masas como detector. Tras salir el gas del extremo de la columna del cromatógrafo de gases, fluye hasta el espectrómetro de masas a través de una columna capilar que actúa como interfaz. La muestra entra entonces en la cámara de ionización, en la que un haz colimado de electrones colisiona con las moléculas de la muestra y ocasiona su ionización y fragmentación. El siguiente componente es un analizador de masas, que utiliza un campo magnético para separar las partículas con carga positiva en función de sus masas. Existen varios tipos de técnicas de separación, de las que las más comunes son la tetrapolar y la de atrapamiento de iones. Tras haber sido separados en función de sus masas, los iones entran en un detector.

El principio del *enzimoinmunoanálisis de adsorción* (ELISA, del inglés “*enzyme-linked immunosorbent assay*”) es el siguiente: se recubre el material sólido con una proteína (anticuerpo) que reacciona específicamente con la sustancia química de interés (antígeno). El analito presente en la muestra de agua se une al anticuerpo, y se añade también un segundo anticuerpo que lleva unido una enzima que se une a la sustancia química de interés. Tras lavar el sistema para retirar los reactivos que hayan podido quedar libres, se añade una sustancia (cromógeno) que al descomponerse por la acción de la enzima generará una reacción con producción de color proporcional a la cantidad de la sustancia química de interés. El método ELISA puede utilizarse para determinar Microcistina y tensioactivos sintéticos.

3.5.1 Métodos Espectrofotométricos, Volumétricos y de Coloración Visual

Los análisis colorimétricos pueden realizarse utilizando equipos de comparación visual o bien fotómetros electrónicos. Para obtener los mejores resultados es importante tener en cuenta las principales ventajas y limitaciones de cada uno de estos métodos.

La comparación visual usando tubos Nessler se adecua cuando la variación de intensidad de un color es distinguible o comparable entre dos valores continuos en una serie. Este es un método económico, no está sujeto a fallas mecánicas o eléctricas, es fácilmente transportable y por lo general satisfactorio para determinaciones de rutina.

Los electrofotómetros son, por lo general, más caros que un juego de tubos de Nessler, pero dan resultados menos subjetivos y más reproducibles. Mientras que en los tubos de Nessler es necesario preparar o contar con toda la gama de patrones en cada determinación, en los fotómetros se puede trabajar con precalibraciones y/o pocos testigos.

Los métodos fotométricos tienen limitaciones específicas. Así como en la comparación visual el analista puede darse cuenta de la aparición de una coloración inusual, en el método fotométrico esta puede pasar desapercibida. Conviene efectuar controles periódicos de sensibilidad y exactitud testeando soluciones estándares, para detectar posible problemas ópticos, mecánicos o electrónicos del instrumento o accesorios y efectuar periódicamente el mantenimiento y control del equipo por un especialista

Las determinaciones fotométricas miden concentraciones. El volumen de solución que se utiliza es variable y contiene solo una fracción del peso total del constituyente contenido en el volumen final de la solución. Si los volúmenes finales de patrones y muestras son iguales, la concentración expresada en microgramos por volumen final será, numéricamente, pero no dimensionalmente, igual al número de microgramos en el volumen final. Es posible, pero no una buena práctica graficar Absorbancia A, en función de peso de constituyentes. Es mejor graficar A en función de concentración, (C). Si se grafica A en función de peso, puede ser necesario corregir los resultados cuando el volumen final de muestras y patrones no es el mismo

Usar compensación fotométrica para corregir interferencias causadas por color y turbiedad o por impurezas de los reactivos o el agua destilada utilizada en el blanco. No utilizarla para compensar sustancias interferentes que reaccionan con el reactivo desarrollador de color, produciendo color (interferencias positivas), producirían el principio de aditividad de absorbancia.

Si se tiene un reactivo blanco significativo pero que no muestra color o turbiedad, hacer las correcciones necesarias adicionando el reactivo desarrollador de color a agua destilada y ajustando el fotómetro a cero con esta solución.

Si en la muestra hay color o turbiedad o ambos pero en el blanco son insignificantes, corregir efectuando alguno de los siguientes procedimientos: 1) llevar una porción adicional de muestra a través del procedimiento, omitiendo uno de los reactivos esenciales de desarrollo de color o, 2) (preferible) blanquear el color luego de producido, pero de tal forma que el color interferente o la turbiedad no sean blanqueados. Usar este blanco especial para poner a cero el aparato. Tener en cuenta cualquier cambio significativo de volumen producido por la adición u omisión de reactivos.

Si color o turbiedad o ambos están presentes en la muestra y además su presencia es significativa en el blanco, un procedimiento ligeramente más complicado será necesario para corregir ambas interferencias. Preparar la curva de calibración, colocando el fotómetro a cero de A con agua destilada pura leer todos los testigos, incluido el testigo cero o blanco de reactivos frente al agua destilada. Si el grafico es confeccionado de la manera recomendada y se cumple la ley de Beer, se obtendrá una línea recta y si el reactivo blanco tiene absorbancia significativa, la línea recta no pasara por el punto de origen.

Para cada muestra preparar un blanco especial por omisión de un reactivo o blanqueo del color, tal como se describió antes. Colocar en el fotómetro cada blanco especial a su debido turno, ajustando el instrumento cada vez a su cero de A y leer cada muestra procesada según la técnica original frente a su correspondiente blanco. Interpretar las Absorbancias observadas según el grafico de calibración. Como antes, considerar en los cálculos cualquier incremento o disminución significativo del volumen causado por adición u omisión de reactivos.

Con algunos instrumentos de comparación visual puede efectuarse una compensación de color o turbiedad. Consiste en comparar la muestra tratada después del desarrollo de color con agua destilada y el color del patrón frente a una muestra no tratada. No es conveniente utilizar esta técnica cuando en la comparación se utilizan tubos de Nessler axialmente debido a su longitud.

Alguna vez ninguna de los procedimientos citados puede aplicarse. En tales casos es posible realizar varias aproximaciones para separar la turbiedad de una muestra. La naturaleza de la muestra, el tamaño de las partículas suspendidas y el objeto del análisis se combinan para definir que método de remoción de turbiedad conviene utilizar. La turbiedad puede coagularse adicionando sulfato de zinc y un álcali, como se hace en el método directo de nesslerización para nitrógeno de amoníaco. Para turbiedad ordinaria puede ser suficiente la centrifugación. En algunos casos para este propósito puede servir, la filtración por filtros de fibra de vidrio o papel o vidrio sinterizado de poro fino. Para partículas muy pequeñas las membranas filtrantes pueden proporcionarnos la retentividad requerida.

Para obtener resultados satisfactorios usar estos métodos con discreción. Se puede enfatizar que no se dispone de ningún método ideal y universal para remoción de turbiedad. Más aun, se debe estar siempre alerta, a fin de que la adsorción sea la mínima posible en procedimientos de floculación o filtración.

3.6 Interferentes

Muchos procedimientos analíticos están sujetos a interferencias debido a sustancias presentes en la muestra. En los procedimientos individuales se da información específica a los interferentes más comunes y obvios que se conocen. Es inevitable el encuentro de interferentes desconocidos o insospechados. Son imprevisibles debido a los diversos orígenes del aguay particularmente de aguas contaminadas. Por lo tanto se debe estar alerta frente a constituyentes hasta hoy no descubiertos, nuevos agentes de tratamientos (especialmente agentes acomplejantes) y nuevos líquidos de desechos industrial, para la corrección de análisis.

Cualquier cambio repentino de la composición aparente de un agua que ha sido muy constante, cualquier color anormal que se observe en un test colorimétrico o en una titulación, cualquier turbiedad, olor o hallazgo de laboratorio inexplicable, es causa de sospecha. Estos cambios pueden ser debido a una variación normal en la concentración relativa de los constituyentes usuales o este ser causado por la introducción de una sustancia interferente imprevisible.

Unas pocas sustancias tales como cloro, dióxido de cloro, aluminio, sales de hierro, silicatos, sulfato de cobre, sulfato de amonio y polifosfatos, son ampliamente usadas y merecen una mención especial como causantes de interferencias. De estas el cloro es probablemente el más ofensivo puesto que blanquea o altera los colores de muchos reactivos orgánicos sensibles que sirven como indicadores de titulación o desarrolladores de color en fotolorimetría. Entre los métodos comprobablemente más efectivos para la remoción del cloro, están la adición de sulfitos, tiosulfitos o arsenitos, la exposición a la luz solar o luz UV artificial y el almacenamiento prolongado.

Siempre que se encuentre o sospeche una interferencia, y no se tenga una recomendación específica para contenerla, determinar que técnica analítica existente elimina la interferencia sin afectar inversamente los análisis. Si se cuenta con dos o más posibilidades, a menudo una de ellas será la más ventajosa o sea la menos afectada por el interferente. Si diferentes procedimientos dan resultados considerablemente distintos, ello indica que el interferente se encuentra presente. Algunos interferentes se tornan menos severos luego de una dilución o del uso de una muestra más pequeña. Cualquier tendencia de los resultados a crecer o decrecer en forma consistente con la dilución indica la posibilidad del interferente de producir su efecto.

a) Tipos de Interferencias:

Los interferentes pueden determinar que los resultados analíticos sean más altos o más bajos como consecuencia de una de las siguientes acciones:

1. Una sustancia interferente puede reaccionar como si fuera la sustancia buscada y así producir una elevación del resultado; por ejemplo en una titulación el bromo puede responder como el cloro.
2. Una sustancia interferente puede reaccionar con la sustancia buscada y así producir un bajo resultado.
3. Una sustancia interferente puede combinarse con un reactivo y no permitir que este reaccione con la sustancia buscada; por ejemplo el cloro puede destruir algunos indicadores y reactivos de desarrollo de color.

Casi todos los interferentes pueden encontrarse en alguna de estas clases, por ejemplo en una medición fotométrica la turbiedad puede considerarse como una “sustancia” que actúa como si fuera la que se está determinando, reduciendo la transmisión de la luz. Ocasionalmente dos o más sustancias interferentes están presentes simultáneamente y pueden interactuar en una forma no aditiva cancelando o acrecentando uno u otro efecto.

b) Neutralización de Interferencias:

La mejor manera de minimizar una interferencia es removiendo la sustancia interferente o haciéndola inocua mediante alguno de los métodos que siguen:

1. Remover físicamente la sustancia buscada o bien la interferente. Por ejemplo en la destilación del fluoruro y del amonio se los separa de las sustancias interferentes. Los interferentes también pueden ser absorbidos sobre una resina de intercambio iónico.
2. Ajustar el pH de forma tal, que solo la sustancia buscada pueda reaccionar. Por ejemplo ajustar el pH a 2 de forma tal que los ácidos volátiles puedan destilarse de una solución.
3. Oxidación (digestión) o Reducción de la muestra para convertir a la sustancia interferente en una forma inocua. Por ejemplo la reducción de cloro a cloruro por la adición de tiosulfatos, la digestión de muestras para análisis por fotometría de absorción atómica, con alguno de los varios agentes de digestión, para destruir la materia orgánica.
4. Agregado de un agente conveniente para complejar la sustancia interferente haciendo que sea inocua aunque esté presente. Por ejemplo complejamiento de hierro con pirofosfato para prevenir su interferencia en la determinación del cobre, o complejamiento del cobre con cianuro o sulfito para prevenir su interferencia en la titulación de dureza.
5. Puede usarse una combinación de las cuatro técnicas dadas. Por ejemplo destilar fenoles de una solución ácida para prevenir la formación de aminas en el destilado, uso del tiosulfato en el método de la ditizona para determinar zinc y prevenir que la mayoría de los metales interferentes pasen a la fase del tetracloruro de carbono.
6. El color y la turbiedad algunas veces pueden destruirse por extinción húmeda o seca o pueden removerse por un agente floculante. Algunos tipos de turbiedades se pueden remover por filtración; sin embargo estos procedimientos tienen el inconveniente, de que también pueda removerse la sustancia a analizar.

c) Compensación de Interferentes:

Si ninguna de estas técnicas es practicable, pueden ser usados algunos de los siguientes métodos de compensación:

1. Si el color o la turbiedad interfieren en una técnica fotocolorimétrica, puede usarse una compensación fotométrica.
2. Determinar la concentración de la sustancia interferente y agregar una cantidad idéntica a los patrones de calibración. Esto conlleva mucho trabajo.
3. Si la interferencia no se incrementa con el aumento de la concentración de la sustancia interferente, y tiende a un nivel de "saturación", agregar un gran exceso de sustancia interferente a todas las muestras y todos los patrones. Esto es denominado en inglés Swamping que significaría "inundamiento".
4. La presencia de la sustancia buscada en los reactivos químicos que se utilizan, puede ser estimada haciendo una determinación en blanco.

SECCIÓN 4

INFRAESTRUCTURA DEL LABORATORIO

AÑO CIII - TOMO CXXX - Nº 155
CORDOBA, (R.A.) MERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

SECCIÓN 4

INFRAESTRUCTURA DEL LABORATORIO

A continuación se detallan las características de infraestructura que deberá tener un laboratorio de Control de Calidad. La calidad y la cantidad de elementos que conforman la infraestructura necesaria son íntimamente dependientes de la carga y complejidad del trabajo a realizar. Se dan las características que como mínimo debe reunir un laboratorio para efectuar análisis físico químicos y bacteriológicos de baja y mediana complejidad, sobre un número de muestras diarias tal que justifique económicamente su instalación y operación. Se puede considerar como “valor Umbral” el control de poblaciones servidas de 50000 habitantes aproximadamente. Si el número de habitantes es inferior al umbral de conveniencia económica citado, no significa que por ello disminuyan las exigencias mínimas de infraestructura que aquí se solicitan.

4.1 Aspectos edilicios

Ambiente I: Destinado a la recepción de muestras, lavado y preparación de materiales (incluida esterilización).

- Superficie cubierta 6 m²
- Ventilación e iluminación: De acuerdo a Normas de Higiene y Seguridad.
- Provisión de: Agua, electricidad y gas, sobre mesadas.
- Desagües de acuerdo a reglamentación.
- Revestimiento: De todas las superficies (paredes y piso) con material resistente a ácidos y álcalis, de fácil lavado. Paredes hasta 1,50 mts de altura.
- Mesadas: Confeccionadas con material resistente a los agentes químicos, fácilmente higienizables y con bordes que impidan el derrame hacia afuera.
- Pileta para lavado: Confeccionada con material resistente a los agentes químicos, grifo de agua caliente y fría con mezclador.
- Estantes y muebles: Enchapados en material plástico resistente y de fácil higiene, o de otro material que reúna iguales condiciones.

Ambiente II: Destinado al procesamiento analítico de muestras.

- Superficie cubierta: 9 m² .Comunicado directamente con Ambiente I.
- Ventilación: Ídem Ambiente I. Deberá contar con equipos de extracción de gases (campanas), en los lugares en que las características de los gases producidos lo requieran.
- Provisión de agua, electricidad y gas, Desagües, Revestimientos, Mesadas, Piletas, Estantes y Muebles; ídem Ambiente I.

Ambiente III: Local sanitario. De uso exclusivo para el personal y provisto de duchas (p/ emergencias).

Ambiente IV: (Opcional) Oficina Administrativa.

4.2 Equipos e instrumentos

- a) Estufa de cultivo: Eléctrica, con regulador de temperatura para 37 + 0,5 grados °C, Espacio útil de 0,08 a 0,1 m² con estantes.
- b) Autoclave: Capacidad aproximada 50 L.

- c) Horno o estufa de secado y/o esterilización.
- d) Heladera: Tipo familiar.
- e) Mecheros: tipo bunsen. Anafe de 1 hornalla opcional.
- f) Balanza Analítica (sensibilidad: 0,001 g)
- g) Peachímetro: Electrónico o colorimétrico.
- h) Turbidímetro: electrónico o en su defecto comparador visual.
- i) Espectrofotómetro o en su defecto Fotocolorímetro. La calidad del equipo necesario dependerá de los parámetros a medir.

4.2.1 Equipos: uso, mantenimiento y revisiones

- Deben revisarse periódicamente las instalaciones del laboratorio para comprobar que se hallan en buen estado. Deben evitarse, en la medida de lo posible, las conexiones múltiples y las alargaderas, tanto en la instalación eléctrica como en la de gases.
- Debe comprobarse la ventilación general del laboratorio: trabajo en depresión, velocidad de circulación del aire de las zonas con menor contaminación a las de mayor contaminación ambiental, renovación suficiente, y adecuadas condiciones termo higrométricas.
- Debe trabajarse, siempre que sea posible y operativo, en las vitrinas. En éstas debe comprobarse periódicamente el funcionamiento del ventilador, el cumplimiento de los caudales mínimos de aspiración, la velocidad de captación en fachada, su estado general y que no se conviertan en un almacén improvisado de productos químicos.

4.3 Materiales, Drogas y Reactivos

Los materiales serán de calidad y cantidad acorde a los análisis previstos y al volumen de trabajo. Entre estos se deberá contar con los repuestos más frecuentemente utilizados en equipos o aparatos para análisis. Las drogas y reactivos deberán ser del grado especificado en método de normas, debiendo procurarse adquirir reactivos de marcas cuya calidad no ofrezca dudas y cuya provisión constante esté asegurada.

4.4 Movilidad

El laboratorio deberá contar con un vehículo destinado a la extracción de muestra de agua. Este deberá permitir el transporte en condiciones técnicamente adecuadas del personal encargado de la tarea y de las muestras.

4.5 Personal (mínimo indispensable)

El laboratorio deberá contar con un Director Técnico responsable del funcionamiento del mismo, Nombre y Apellido: DNI/CUIT/CUIL; domicilio real y legal; título habilitante, con detalle de fecha de expedición e incumbencias profesionales, todo ello con firmas debidamente certificadas. Según Resolución N° 2 de la Ley N° 10.185 o en su defecto o en el futuro la norma que lo reemplaze-.

SECCION 5

APARATOS, MATERIALES Y REACTIVOS

AÑO CIII - TOMO DCXXX - Nº 155
CORDOBA, (R.A.), MIÉRCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

SECCIÓN 5

APARATOS, MATERIALES Y REACTIVOS

RECOMENDACIONES GENERALES

5.1 Recipientes

Los recipientes de uso general en el laboratorio más usados son los de vidrio boro-silicatos resistente a los cambios de temperatura (vidrio pírex), aunque en algunas condiciones pueden ser necesarios recipientes de vidrio con características especiales, por ejemplo de bajo contenido de boro, color caramelo, etc. Los tapones, capuchones y robinetes deberán ser resistentes al ataque de los materiales contenidos. Tapones de corcho forrados con una lámina de metal relativamente inerte son aconsejables en algunas muestras. Las tapas metálicas roscadas son desaconsejables para sustancias corrosivas. Los tapones de vidrio tienden a pegarse firmemente cuando se usan líquidos muy alcalinos. Los tapones de goma son excelentes para líquidos alcalinos, pero inaceptables para solventes orgánicos a los que pueden contaminar o bien desintegrar. Deberán usarse robinetes de poli tetrafluoretileno (Teflón) o plata para buretas que contengan líquidos alcalinos fuertes. Cuando sea apropiado, utilizar tapones de otros materiales tales como porcelana, acero inoxidable, platino etc.

Las muestras deben ser tomadas y almacenadas en botella de vidrio boro-silicato o plástico u otro material inerte y apropiado específicamente, para los análisis que se van a realizar.

Lavar cuidadosamente los envases destinados a la toma de muestras antes de cada uso. Enjuagar los envases de vidrio, salvo aquellos que se utilicen para análisis de cromo o manganeso, varias veces con una mezcla limpiadora hecha por adición suave y agitando de 1 litro de ácido sulfúrico concentrado, a 35 mL de solución saturada de dicromato de sodio, o con una solución de permanganato de potasio al 2% en hidróxido de potasio al 5% seguida de una solución de ácido oxálico. Para remover material inorgánico pueden ser utilizados enjuagues con otros ácidos concentrados. Los detergentes son limpiadores excelentes para algunos propósitos; usar detergentes o ácido clorhídrico concentrado para la limpieza de botellas de plástico o goma rígida. Luego que los envases han sido limpiados, enjuagar con abundante agua destilada.

5.2 Agua Destilada

Uno de los aspectos más importantes de los análisis reside en el agua que se utilizará para preparar los reactivos, hacer diluciones, como blanco, etc.

Un agua con “calidad reactivo” es por lo general un agua destilada o deionizada en la cual no es detectable concentración de compuestos o elementos en el límite de detección del método utilizado. La calidad del agua destilada requerida está relacionada directamente con el análisis que se está realizando y generalmente cada método estándar lo indica

Los Métodos Estándares de EE.UU clasifican las aguas con calidad reactivo en tres tipos, según las siguientes condiciones:

Tabla 5.1 Parámetros de calidad de agua destilada

Parámetro de calidad	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Bacterias (UFC)	< 100	< 1000	< 10000
pH	Imposible exactitud		5-7
Resistividad ($m\Omega\text{ cm}^{-1}\ 25^{\circ}\text{C}$)	10	1	0,1
Conductividad ($\mu\text{mho cm}^{-1}\ 25^{\circ}\text{C}$)	< 0,1	1	10
SiO ₂ (mg.L ⁻¹)	< 0,01	< 0,1	< 1
Sólidos totales (mg.L ⁻¹)	0,1	1	5
Carbono orgánico total (mg.L ⁻¹)	< 0,05	< 0,2	< 1

Referencias:

Tipo I: Utilizable en análisis que requieren mínima interferencia y máxima exactitud y precisión.

Tipo II: Utilizable para análisis comunes y uso general.

Tipo III: Utilizable para lavado de materiales y enjuagues preliminares del material de vidrio y como base de preparación de las anteriores.

5.3 Reactivos y patrones

5.3.1 Características de los reactivos

- Calidad pro análisis (P.A, grado reactivo analítico);
- Adquiridos de proveedores certificados, en sus envase originales;
- Deben estar a cargo de un profesional o técnico capacitado;
- En el caso de reactivos para bacteriología, solo se utilizaran productos químicos de calidad ACS o equivalente, ya que las impurezas pueden inhibir el crecimiento bacteriano, proporcionar elementos nutritivos e impedir que se produzcan las reacciones deseadas.
- Se debe mantener un registro de compra, recepción y distribución para garantizar la continuidad, sobre todo en lo que respecta a sustancias que deben adquirirse con anticipación;
- Deben revisarse a fin de tener la certeza de que ellos están intactos cuando se reciben o cuando se distribuyen a las divisiones o unidades. Estas inspecciones deben registrarse colocando las iniciales de la persona a cargo de la inspección y de la fecha en el rótulo o etiqueta.
- Los reactivos que den la impresión de haber sido manipulados indebidamente, deberán ser rechazados, salvo en aquellos casos en que pueda comprobarse su identidad y pureza.
- Se debe disponer de locales separados y adecuados para sustancias inflamables, ácidos, sustancias que producen emanaciones y otros reactivos.
- Todos los locales de almacenamiento deben estar equipados de acuerdo con normas contra incendios.
- No deben trasladarse de una división o unidad a otra, después de su utilización deben permanecer en el lugar destinado a tal fin.
- Debe evitarse su trasvase.

Con el objeto de promover la seguridad y reducir la contaminación del laboratorio, los reactivos de utilización de rutina deben ser mantenidos en el Laboratorio.

Uno de los aspectos más importantes del análisis es la preparación del agua de calidad para reactivos que han de utilizarse en la dilución de estos y para los análisis en blanco. El agua para análisis no debe contener sustancias que interfieran con los métodos analíticos. La calidad del agua está directamente relacionada con el análisis que vaya a efectuarse. Cualquier método de preparación de agua de calidad para reactivos es aceptable siempre que se cumplan los requisitos adecuados, ya que un sistema mal conservado puede dar lugar a la inducción de contaminantes. El agua debe ser considerada como reactivo y debe cumplir especificaciones de acuerdo a los requerimientos técnicos para su utilización en el laboratorio.

Los reactivos preparados en el laboratorio deben para asegurar la calidad de los mismos, rotularse adecuadamente indicando:

- Identificación del reactivo;
- La concentración;
- El factor de normalización;



- La fecha de preparación y vencimiento;
- Las condiciones de Almacenamiento;
- Las iniciales del técnico responsable.

5.4 Material volumétrico de vidrio

Se sugiere utilizar material de vidrio clase A y verificarlo periódicamente.

Cuando se preparen soluciones patrón, curvas de calibración o se tomen alícuotas de muestras: medir cuidadosamente volúmenes y pesadas. Usar pipetas volumétricas o buretas, cuando el volumen a medir sea dado con dos decimales, ejemplo: 7,00 ml.

Usar recipientes volumétricos (matraz aforado, etc.), cuando lo indique la técnica o el volumen solicitado sea escrito en la forma de “1000 ml” en lugar de “1 L”.

En razón del gran uso que tienen comúnmente los tubos de Nessler en los análisis de agua, se dan las características particulares que deben reunir estos recipientes: Deben estar confeccionados con vidrio resistente, claro e incoloro; todos los tubos que conformen un juego conviene que sea de una misma partida de fabricación a fin que la totalidad del vidrio y las dimensiones sean exactamente iguales.

El fondo del tubo debe ser plano y de caras paralelas (no formar una lente). Llenándolo de líquido y estando expuestos a una fuente de luz, cuando se le observe interiormente por la boca, no deben producirse distorsiones de la luz transmitida ni sombras oscuras en la base.

TUBOS DE NESSLER-DIMENSIONES RECOMENDADAS (en mm)

	100 ml	50 ml
Long. Total aproximada	375	300
Diámetro Interno aprox.	20	17
Diámetro Externo aprox.	24	21
Marca de graduación desde base	300	225
Max. Diferencia grad. entre tubos	6	6
Graduación opcional	50 ml	25 ml

SECCION 6

CONTROL DE CALIDAD INTRA-LABORATORIAL

SECCIÓN 6

CONTROL DE CALIDAD INTRA-LABORATORIAL

*(Extraído de: “Estándares –Methods” of AWWA)

6.1 Precisión y exactitud

Debe hacerse una clara distinción entre los términos precisión y exactitud cuando ellos son aplicados a métodos de análisis.

La precisión se refiere a la producibilidad de un método cuando es repetido sobre una muestra homogénea, bajo condiciones controladas: observando si los valores hallados están o no lejos o muy desplazados del valor verdadero, como resultado de un error sistemático o constante presente en todas las mediciones. La precisión puede ser expresada por la *Desviación Estándar*.

La exactitud se refiere a la concordancia entre la cantidad medida de un componente por el método de testeo y la cantidad realmente presente. El *Error Relativo* expresa la diferencia entre la cantidad medida y la real, como un porcentaje de la cantidad real.

Un método puede tener muy alta precisión, pero registrar solo una parte del compuesto que se está determinando; o un análisis, siendo preciso, puede ser erróneo por una solución patrón incorrecta, por una técnica de dilución inexacta, por una mala pesada o por una calibración incorrecta del aparato.

Por otro lado, un método puede ser exacto, pero de escasa precisión, cuando los factores tales como una pobre sensibilidad del instrumento, una tasa variable de actividad biológica u otros factores, están fuera de las posibilidades de control del analista.

Usualmente es posible determinar el grado de precisión y exactitud de un método de análisis, procesando muestras en las cuales han sido agregadas cantidades conocidas de sustancias estándar. En métodos como los de sólidos suspendidos, DBO y numerosas características físicas que se basan en el porcentaje recuperable de sustancias agregadas en cantidades conocidas, es sólo posible determinar la precisión pero no la exactitud ya que una parte de la sustancia agregada es desaprovechada.

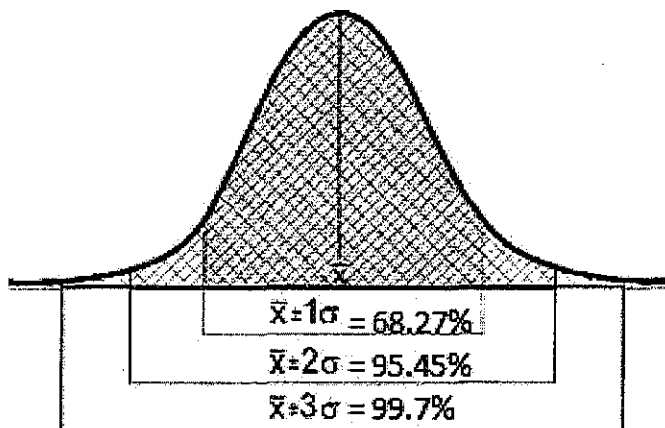
6.2 Aproximación estadística

6.2.1 Desviación Estándar

La experiencia ha demostrado que si una determinación es repetida un gran número de veces, bajo las mismas condiciones esenciales, el valor observado, x , se distribuirá al azar alrededor de un promedio como resultado de errores experimentales o errores incontrolables.

Si se hace un número infinito de observaciones, dentro de un universo causal común, una representación gráfica de la frecuencia relativa en función de la magnitud, producirá una curva simétrica con forma de una campana conocida con el nombre de “Curva de Gauss” o “Curva normal” (ver figura). La forma de esta curva está definida por dos parámetros estadísticos: 1) La media o Promedio, \bar{x} , de n observaciones y 2) La desviación Estándar, σ , la cual fija el ancho o dispersión de la curva a ambos lados de la Media. La fórmula es:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{x})^2}{n-1}}$$



La proporción del total de observaciones situadas dentro de un rango dado alrededor de la Media, está representada por la Desviación Estándar. Así en la curva graficada tenemos que el 68,27% de las observaciones se sitúan entre $\bar{x} \pm 1\sigma$, 95,45% entre $\bar{x} \pm 2\sigma$ y 99,70% entre $\bar{x} \pm 3\sigma$.

Estos límites no se aplican exactamente para un número finito cualquiera de las muestras dentro de una población normal; de acuerdo a esto, puede ser considerada como el mejor número de observaciones, n, veces multiplicadas.

6.2.1.1 Aplicación de la Desviación Estándar:

Si una Desviación Estándar, σ , ha sido determinada para un procedimiento analítico particular, para un gran número de muestras y un conjunto de n réplicas de una muestra da por resultado una media \bar{x} , hay un 95% de posibilidad que el verdadero valor verdadero de la Media para esta muestra caiga dentro del $\bar{x} \pm 1.96 \sigma/\sqrt{n}$. Este rango es conocido como "Intervalo de Confianza 95%". Provee una estimación de la veracidad o confiabilidad del valor de la Media y puede ser utilizado para predecir el número de réplicas necesarias para asegurar una adecuada precisión.

Si la Desviación Estándar no se conoce y es estimada para una única muestra pequeña*¹ o bien pocas pequeñas muestras, el Intervalo de Confianza del 95% de la Media de n observaciones está dado por:

$$\bar{x} \pm t * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Donde "t" puede tener los siguientes valores:

n	t
2	12.71
3	4.30
4	3.18
5	2.78
10	2.26
inf	1.96

¹ En estadísticas una "muestra pequeña" se refiere a un número pequeño de muestras replicadas; no al volumen o cantidad utilizada en el análisis.

El uso de t compensa la tendencia a desestimar la variabilidad que tiene lugar cuando se trabaja con muestras pequeñas.

6.3 Rango (R)

Es la diferencia entre la más chica y la más grande de n observaciones excede a la desviación estándar tantas veces como un factor “d_n” solo en el 5% de los casos. Los valores del factor “d_n” sólo en el 5% de los casos. Los valores del factor “d_n” son:

n	d _n
2	2.77
3	3.32
4	3.63
5	3.86
6	4.03

Como es una práctica generalizada efectuar replicados de las muestras, el uso de este límite es muy conveniente para detectar técnicas defectuosas, grandes errores de muestreo y otras causas a las que sea atribuible la variación.

6.4 Rechazo de Datos Experimentales

Muy a menudo en una serie de observaciones, uno o más de los resultados están muy desviados o alejados de la Media, mientras que otros valores están ajustadamente agregados a ésta. En este caso se debe decidir cuales valores desagregados se deben rechazar.

Teóricamente los resultados no deben ser rechazados, porque la presencia de resultados desagregados demuestra técnicas defectuosas que pueden estar incidiendo sobre todos los resultados. Se deben rechazar los resultados de cualquier prueba en que ha sucedido o se ha cometido un error conocido. Para el rechazo de otros datos experimentales, fuera de los mencionados en el párrafo anterior, los métodos a emplear pueden consultarse en textos de química analítica o de medición estadística.

6.5 Evaluación de métodos

Es práctica corriente presentar los valores de precisión y exactitud de los métodos en términos de mg/L. Sin embargo, experiencias más recientes sugieren que tales datos pueden presentarse más limpia y sucintamente, en forma de porcentajes. De esta manera la Desviación Estándar es expresada como un porcentaje de la Media y se denomina Desviación Estándar Relativa o Coeficiente de Variación. Se expresa como:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

Este parámetro mide la precisión o reproductibilidad de un método, independientemente de la concentración de los constituyentes de las muestras. Similarmente el Error Relativo da la diferencia entre la Media y una serie de resultados, con el valor verdadero. Así el error Relativo representa en que medida un método es exacto. La Desviación Estándar Relativa y el Error Relativo son de elección para cuantificar la precisión y exactitud de un método.

6.6 Representación Gráfica de Datos

La representación gráfica de datos es uno de los métodos simples para mostrar la influencia de una variable sobre la otra.

Los gráficos son frecuentemente deseables y ventajosos, en el análisis colorimétrico; porque ellos muestran cualquier variación de una variable con respecto a las otras, dentro de los límites especificados.

a) En general el papel cuadrículado ordinario, rectangular, resulta satisfactorio para la mayoría de los propósitos. Para algunos gráficos es preferible el papel semi-logarítmico.

Worthing y Geffner han dado cinco reglas para confeccionar una escala coordinada. Algunas de estas reglas no son inflexibles, pero son satisfactorias. Cuando se tengan dudas, usar el sentido común. Las reglas son:

1. Colocar las variables independiente y dependiente sobre abscisa y ordenarla, de manera tal que puedan ser fácilmente comprendidas.
2. Elegir una escala tal que el valor de las coordenadas pueda ser encontrado rápida y fácilmente.
3. Dibujar la curva de manera tal que se cubra el papel de graficación tanto como sea posible.
4. Elegir la escala de manera tal que la pendiente de la curva se aproxime lo más que sea posible a la unidad.
5. Colocar las variables de manera tal de obtener un trazo lo más cercano posible a una línea recta.

Titular el gráfico para describir adecuadamente lo que el trazado intenta mostrar. Colocar leyendas sobre el gráfico para aclarar posibles ambigüedades.

En las leyendas la información será completada respecto a las condiciones en que fueron obtenidos los datos.

b) Método de los cuadrados mínimos: Si es posible obtener una cantidad de puntos suficientes y la relación entre las dos variables está bien definida, podrá dibujarse una curva suave y uniforme a través de los puntos. Si la función no está bien definida, como ocurre frecuentemente cuando se utilizan datos experimentales, usar el método de los cuadrados mínimos para fijar un patrón de línea recta.

Cualquier línea recta está representada por la ecuación $X = my + b$. La pendiente de la línea está representada por la constante "m" y la intersección de la recta con el eje de las abscisas está representada por la constante "b".

El método de los Cuadrados Múltiples tiene la ventaja de dar un conjunto de valores para las constantes (m y b). Independientemente del criterio o juicio del observador. Para el cálculo por este método, la ecuación de la recta parte de las siguientes ecuaciones:

$$m = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum y^2 - (\sum y)^2}$$

$$b = \frac{\sum y^2 \sum x - \sum y \sum xy}{n \sum y^2 - (\sum y)^2}$$

Donde “n” es el número de observaciones (de los conjuntos x e y) sumados. Para computar las constantes por este método, primero calcular las sumatorias de x, y, y², y xy. Llevar adelante estas operaciones, en lugar de colocar los valores de datos experimentales en la gráfica, puesto que para estos cálculos los valores experimentales se asumen como exactos.

Ejemplo: Dados los siguientes datos (Absorbancia y Concentración en mg/L) para graficar, encontrar la mejor línea que una los puntos.

Sean y los valores de absorbancia que están sujetos a error y x la concentración de soluto exactamente conocida. Primero encontrar las sumatorias de x, y, y², y xy:

Abs.	Conc.	X	Y	y ²	xy
0,10	29,8	29,8	0,10	0,01	2,98
0,20	32,6	32,6	0,20	0,04	6,52
0,30	38,1	38,1	0,30	0,09	11,43
0,40	39,2	39,2	0,40	0,16	15,68
0,50	41,3	41,3	0,50	0,25	20,65
0,60	44,1	44,1	0,60	0,36	26,46
0,70	48,7	48,7	0,70	0,49	34,09
Sumatoria		273,8	2,80	1,40	117,81

Ahora sustituir las sumatorias en las ecuaciones para m y b: para n=7 porque hay siete conjuntos de valores para x e y:

$$m = \frac{7(117,81) - 2,80(273,8)}{7(1,40) - (2,80)^2} = 29,6$$

$$b = \frac{1,4(273,8) - 2,80(117,81)}{7(1,40) - (2,80)^2} = 27,27$$

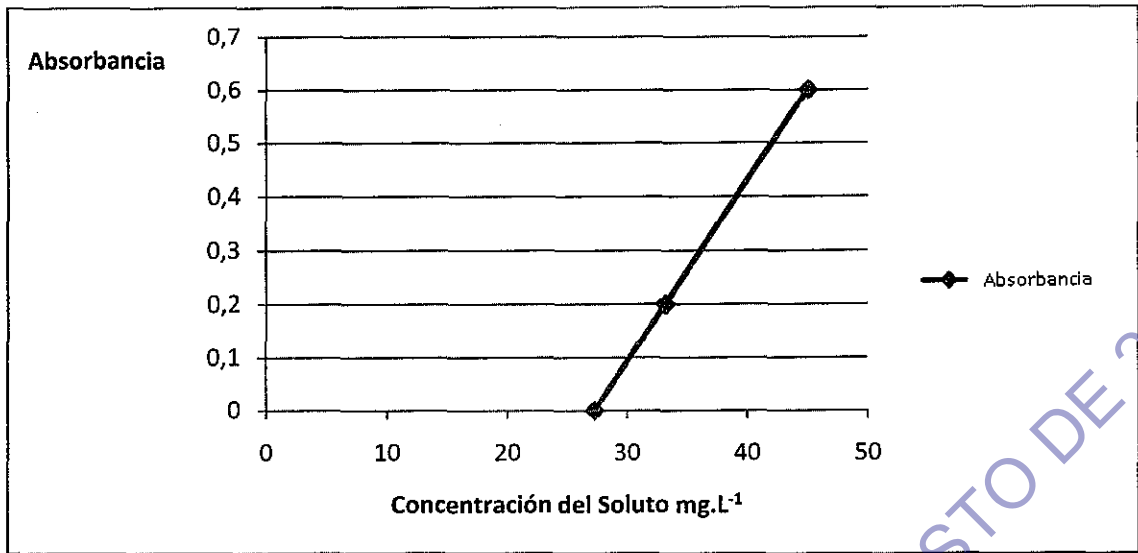
Para dibujar la línea seleccionar tres valores convenientes de y; sean 0.00 0.20 y 0.60 y calcular el valor correspondiente de x:

$$X_0 = 29,6(0) + 27,27 = 27,27$$

$$X_1 = 29,6(0,20) + 27,27 = 33,19$$

$$X_2 = 29,6(0,60) + 27,27 = 45,04$$

Cuando los puntos se representan estos valores son dibujados en el gráfico, ellos deben determinar una línea recta, (salvo que se haya cometido un error en los cálculos), que es la línea más conveniente para los datos dados. Los datos anteriores están graficados en la figura siguiente:



AÑO CIII - TOMO DCXX - N° 155
CORDOBA, (R.A.), MIERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

SECCION 7

HIGIENE Y SEGURIDAD DEL LABORATORIO

AÑO CIII - TOMO DCLXX - Nº 155
CORDOBA, (R.A.) - MIÉRCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016



SECCIÓN 7

HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

*(Extraído de: “Estándares –Methods” of AWWA)

7.1 Discusión General

Por sus propias características, el trabajo en el laboratorio presenta una serie de riesgos de origen y consecuencias muy variadas, relacionados básicamente con las instalaciones, los productos que se manipulan (y también con las energías y organismos vivos) y las operaciones que se realizan con ellos. Con respecto a los productos debe tenerse en cuenta que suelen ser muy peligrosos, aunque normalmente se emplean en pequeñas cantidades y de manera discontinua.

En consecuencia, la prevención de los riesgos en el laboratorio presenta unas características propias que la diferencian de otras áreas productivas. La experiencia demuestra que los laboratorios que han implantado una política de calidad presentan un elevado nivel de seguridad.

La realización del trabajo en un lugar seguro y saludable, es responsabilidad de la institución, del Jefe del laboratorio, del personal de supervisión y finalmente del personal que en el se desempeña. Todo el personal empleado debe hacer los máximos esfuerzos para protegerse a sí mismo y a sus compañeros de trabajo. El Jefe del Laboratorio debe comprender que los accidentes tienen causas y por ende pueden ser prevenidos por un programa de seguridad.

Un problema que deben enfrentar los jefes del laboratorio, es el aparente conflicto entre los requerimientos de seguridad y la manera más eficiente y exacta de hacer ciertas tareas. Por ejemplo, el riesgo de envenenamiento al pipetear con pipetas de uso bucal, puede hacer ciertas tareas muy delicadas; el conflicto es aún mayor cuando las sustancias ordinariamente pipeteadas no son particularmente peligrosas.

Ya sea que no se decida pipetear con dispositivo de protección, no usar campana, guantes o mascarar faciales; el Jefe se encontrará frecuentemente con la resistencia de algunos empleados frente a la dimensión de las medidas de protección adoptadas. Por lo general el Jefe deberá aplicar su ingenio en la iniciación de métodos de seguridad, más que aceptar su presunta impracticabilidad.

7.2 Organización

La organización del laboratorio debe permitir la correcta gestión de la prevención. Partiendo del propio compromiso de la dirección, el laboratorio debe estar adecuadamente jerarquizado para que la aplicación del principio de la seguridad en línea se pueda establecer sin problemas.

Es fundamental el control del cumplimiento de las normativas establecidas, no sólo las directamente relacionadas con la prevención de riesgos laborales de seguridad industrial, de emisiones y vertidos, etc., sin perder de vista las abundantes normativas de carácter local existentes.

La investigación de accidentes e incidentes, es una excelente herramienta preventiva, ya que la detección de las causas inmediatas y lejanas de un accidente e, incluso de un incidente en los laboratorios permite la prevención de sucesos.

Finalmente, la utilización de mecanismos administrativos que permitan y fomenten la comunicación de riesgos por parte del personal del laboratorio, es también una herramienta que favorece manifiestamente la seguridad en el laboratorio.

7.3 Equipos de Seguridad para el Laboratorio

A continuación se expone una serie de recomendaciones de higiene y seguridad para aplicarse en los laboratorios de análisis y control de calidad del agua de bebida.

Los equipos de seguridad están constituidos básicamente por los elementos de actuación ante emergencias y los elementos de protección individual.

Los elementos de actuación son: extintores, mantas ignífugas, duchas de seguridad, lavaojos, blindajes de seguridad, contenedores de seguridad.

Los elementos de actuación deben ubicarse en lugares de fácil y rápido acceso y se debe comprobar periódicamente su funcionamiento.

7.3.1 Extintores

Dado que existen distintos tipos de fuego, que se clasifican según se trate de sólidos, líquidos, gases, metales o de origen eléctrico, debe decidirse en cada caso el agente extintor adecuado: agua pulverizada o a chorro, polvo, espuma, dióxido de carbono (CO₂), o reemplazantes de los halógenos.

Es totalmente desaconsejable la utilización de extintores no adecuados a las características del material que arde, ya que pueden favorecer el desarrollo del incendio.

Clases de combustión

7.3.1.1 Clase de extintores

De acuerdo a las características de la combustión, se determinan distintos tipos de fuegos, que se pueden clasificar de la siguiente manera: Clase A, B, C o D.

Clase "A": Son los fuegos que involucran materiales orgánicos sólidos en los que pueden formarse brasas, por ejemplo, la madera, el papel, cartón, carbones, textiles, etc.

Se ha normalizado como simbología a utilizar un triángulo de fondo color verde en cuyo interior se coloca la letra A.



Clase "B": Son los fuegos que involucran líquidos inflamables y sólidos fácilmente fundibles por acción del calor. Dentro de este rubro podemos encontrar a todos los hidrocarburos, alcoholes, parafina, cera, etc.

Se ha normalizado como simbología a utilizar un cuadrado de color rojo en cuyo interior se coloca la letra B.



Clase "C": Son los fuegos que involucran equipos eléctricos energizados, tales como instrumentos eléctricos, interruptores, cajas de fusibles y las herramientas eléctricas, etc.

Se lo simboliza con un círculo de fondo color azul en cuyo interior se coloca la letra C.



Clase "D": Son fuegos deflagrantes, en metales alcalinos y alcalinos térreos, como así también polvos metálicos; combustionan violentamente y generalmente con llama muy intensa, emiten una fuerte radiación calórica y desarrollan muy altas temperaturas.

Sobre este tipo de fuegos NO se debe utilizar agua, ya que esta reaccionaría violentamente. Se hallan dentro de este tipo de fuegos el magnesio, el sodio, el potasio, el titanio, el circonio, polvo de aluminio, etc.

Se simboliza con una estrella de cinco puntas de fondo color amarillo en cuyo interior se coloca la letra D.



7.3.1.2 Tipos de extintores

Extintores de agua: Son aptos para fuegos de la clase A. No deben usarse bajo ninguna circunstancia en fuegos de la clase C, pues el agua corriente con el cual están cargados estos extintores conduce la electricidad.

Extintores a base de agua pulverizada: La principal diferencia con los extintores de agua comunes, es que poseen una boquilla de descarga especial que produce la descarga del agua en finas gotas y que además poseen agua destilada. Todo esto, los hace aptos para los fuegos de la clase C, ya que esta descarga no conduce la electricidad. Además provocan un efecto de sofocación mayor. Son aptos para fuegos de la clase A y C.

Extintores de espuma: Actúan por enfriamiento y por sofocación, pues la espuma genera una capa continua de material acuoso que desplaza el aire, enfría e impide el escape de vapor con la finalidad de detener o prevenir la combustión. Estos extintores son aptos para fuegos de la clase A y B.

Extintores de dióxido de carbono o nieve carbónica: Debido a que este gas está a presión dentro del extintor, cuando es descargado se expande abruptamente. Como consecuencia de esto, la temperatura del agente desciende drásticamente, hasta convertirse en hielo seco. Esta niebla al entrar en contacto con el combustible lo enfría. También hay un efecto secundario de sofocación por desplazamiento del oxígeno. Se lo utiliza en fuegos de la clase B y C. En fuegos de la clase A, se lo puede utilizar si se lo complementa con un extintor de agua. En los líquidos combustibles hay que tener cuidado en su aplicación, a los efectos de evitar salpicaduras.

Extintores de polvo químico seco triclase ABC: Actúan químicamente interrumpiendo la reacción en cadena. También actúan por sofocación, pues el fosfato monoamónico del que generalmente están compuestos, se funde a las temperaturas de la combustión, originando una sustancia que se adhiere a la superficie de los sólidos, creando una barrera entre estos y el oxígeno. Son aptos para fuegos de la clase A, B y C. Son los extintores más recomendados para los riesgos de laboratorio.

Extintores a base de reemplazantes de los halógenos (Haloclean y Halotron I): Actúan principalmente, al igual que el polvo químico, interrumpiendo químicamente la reacción en cadena. Tienen la ventaja de ser agentes limpios, es decir, no dejan vestigios ni residuos, además de no ser conductores de la electricidad. Son aptos para fuegos de la clase A, B y C.

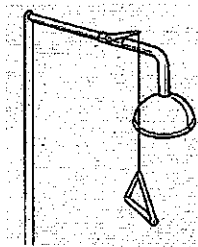
Extintores a base de polvos especiales para la clase D: Algunos metales reaccionan con violencia si se les aplica el agente extintor equivocado. Existe una gran variedad de formulaciones para combatir los incendios de metales combustibles o aleaciones metálicas. Actúan en general por sofocación, generando al aplicarse una costra que funciona de barrera entre el metal y el aire. Algunos también absorben calor, actuando por lo tanto por enfriamiento al mismo tiempo que por sofocación. Son solamente aptos para los fuegos de la clase D.

Es importante mencionar que la Ley 19.587, en el capítulo 18 de su Decreto reglamentario 351 posee las condiciones mínimas a cumplir en materia de protección contra incendios.

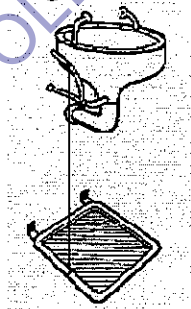
7.4 Elementos de protección general

Mantas ignífugas: Permiten una acción eficaz en el caso de fuegos pequeños y sobre todo cuando se prende fuego la ropa. Su uso puede en ciertos casos evitar el desplazamiento de la persona en llamas, lo que ayuda a limitar el efecto y desarrollo de éstas. Como material de la manta se descarta la utilización de amianto. Existen actualmente alternativas basadas en fibra de vidrio y otros tejidos ignífugos o tratados con ignífugantes. Como todo elemento de seguridad deben ubicarse en lugares de fácil y rápido acceso.

Duchas de seguridad: Deben usarse en accidentes que involucren ácidos, álcalis y otros líquidos agresivos, encendido de ropas y otros accidentes. Se deben localizar convenientemente, estar provistas de un desagüe y señalizar el espacio de piso debajo de ellas. Deben proporcionar un caudal de agua suficiente para empañar el sujeto completa e inmediatamente. El agua suministrada debe ser potable, procurando que no esté fría para evitar el riesgo que supone enfriar a una persona quemada en estado de shock y también que la poca aceptación del agua fría cause una eliminación insuficiente del contaminante, al reducir el periodo de ducha. La válvula de apertura debe ser de accionamiento rápido. Los modelos más adecuados son aquellos que tienen un accionador triangular unido al sistema mediante una barra fija. Las duchas colocadas en baños o vestuarios pueden realizar las funciones subsidiarias de las duchas de seguridad, especialmente en casos de laboratorios de poca superficie y para pequeñas quemaduras o salpicaduras en la ropa.



Lavaojos: Están constituidos básicamente por dos rociadores o boquillas capaces de proporcionar un chorro de agua potable para lavar los ojos o la cara, una pileta provista del correspondiente desagüe, de un sistema de fijación al suelo o a la pared y de un accionador de pie (pedal) o de codo. Deben permitir la descontaminación rápida y eficaz de los ojos. El chorro proporcionado por las boquillas debe ser de baja presión para no provocar daño o dolor innecesario. El agua debe ser potable y es recomendable que sea templada. Con las llaves de paso del agua de la instalación se tendrán las mismas precauciones que para las duchas de seguridad.



Blindajes de seguridad: Protegen al trabajador de varios tipos de radiación, tales como: rayos láser y emisiones ultravioletas. Las campanas extractoras convencionales están provistas de vidrios de seguridad y puertas móviles. Tener en cuenta un blindaje adecuado cuando se trabaje con vidrio al vacío o sistemas presurizados.

Contenedores de seguridad: Los contenedores de seguridad están diseñados para minimizar las consecuencias de un accidente o para prevenir la dispersión de materiales peligrosos. Usar contenedores de seguridad especialmente para transportar productos químicos y muy especialmente bases concentradas. Los contenedores de seguridad más complejos son cajas o bolsas herméticas con guantes para manipuleo o confinadores operados remotamente para materiales radioactivos o patógenos peligrosos. Estos son usualmente operados bajo presión negativa, con filtración primaria y el gas que sale o el aire son dirigidos a un sistema mayor de ventilación. Periódicamente se debe controlar la eficiencia del filtro y reemplazar y testear los guantes para prevenir accidentes debido a las particulares condiciones de uso (son sometidos a acción de bombeo).

7.5 Elementos de Protección Individual (EPI)

Se define a los Elementos de Protección Individual como “cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos, que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin”. (NTP 517: Prevención del riesgo en el laboratorio. Utilización de equipos de protección individual (I): aspectos generales.)

Los EPI deben utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o limitarse eficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante procedimientos de organización del trabajo. Por lo tanto son una medida preventiva de carácter excepcional a la que debe recurrirse sólo cuando no es posible eliminar o reducir el riesgo mediante otras medidas que deben haberse implantado con carácter prioritario. Obviamente su utilización también está recomendada en situaciones de emergencia.

De todos los EPI, los más utilizados en el laboratorio son los protectores de la piel, de los ojos, de las vías respiratorias y de las manos y los brazos. Aunque a veces puede requerirse la utilización de protectores auditivos.




Guantes: Los guantes de seguridad se fabrican de diferentes materiales en función del riesgo que se pretende proteger (PVC, PVA, nitrilo, látex, neopreno, etc.). Para su uso en el laboratorio, es fundamental la impermeabilidad frente a los distintos productos químicos, además de la necesaria resistencia mecánica a la tracción y a la perforación. Es preciso aclarar que el uso de guantes no impermeables a un producto, si hay inmersión o contacto directo importante, no solamente no protege sino que incrementa el riesgo. De allí la importancia de conocer su idoneidad, en función de los productos químicos utilizados, mediante el correspondiente certificado de homologación que debe ser solicitado al proveedor. En general, para uso en laboratorio se recomienda el uso de guantes de látex, de goma y de nitrilo. Además se recomienda contar con guantes resistentes al frío y al calor.

Anteojos de seguridad: Aun cuando la probabilidad de un accidente parece muy pequeña, las consecuencias de éste sobre los ojos pueden ser extremadamente severas. Debería requerirse el uso de gafas de seguridad a todo el personal del laboratorio y debería prohibirse el uso de lentes de contacto. Dependiendo del diseño, los anteojos de seguridad protegen de salpicaduras, partículas y exposición a polvos, vapores o radiación ultravioleta.

Actualmente existe en el mercado una variedad de anteojos de seguridad según el riesgo, siendo los más utilizados en laboratorio los que se muestran a continuación:



Protección respiratoria: En general los equipos que se utilizan en laboratorio son equipos dependientes del medio ambiente, que utilizan el aire del ambiente y lo purifican, es decir retienen o transforman los contaminantes presentes en él para que sea respirable. Estos equipos no pueden utilizarse cuando el aire es deficiente en oxígeno, cuando las concentraciones de contaminante son muy elevadas o se trata de sustancias altamente tóxicas. Presentan dos partes claramente diferenciadas: el adaptador facial y el filtro. El adaptador facial tiene la misión de crear un espacio herméticamente cerrado alrededor de las vías respiratorias, de manera que el único acceso a ellas sea a través del filtro. Existen tres tipos: la máscara, la mascarilla y la boquilla.

<p align="center">Máscara</p> <p>Cubre la boca, la nariz y los ojos. Debe utilizarse cuando el contaminante es un irritante, para evitar su efecto sobre la mucosa ocular o en cualquier caso cuando pueda penetrar a través de ella.</p>	
<p align="center">Semi máscara o mascarilla</p> <p>Cubre la nariz y la boca exclusivamente.</p>	
<p align="center">Mascarilla autofiltrante</p> <p>Reúne en un solo cuerpo inseparable el adaptador facial y el filtro. No son adecuadas para la protección de gases o vapores.</p>	

7.6 Riesgos del laboratorio

La identificación de los riesgos más comunes del laboratorio es de gran importancia en el desarrollo de un programa efectivo de seguridad. El laboratorio debe haber realizado la evaluación inicial de riesgos y actualizarla cuando cambien las condiciones de trabajo y siempre que se detecten daños para la salud.

También debería disponer de su propio plan de emergencia o estar incluido en el del edificio o empresa en los que se halle ubicado. Para evitar la ingestión de materiales tóxicos o infecciosos se debe prohibir comer, beber y fumar en todas las áreas del laboratorio.

Algunas acciones preventivas para la minimización de riesgos son:

- Entrenar al personal en prácticas de trabajo seguro.
- El personal nuevo debe ser inmediatamente informado sobre las normas de trabajo, plan de seguridad y emergencia del laboratorio, y características específicas de peligrosidad de los productos, instalaciones y operaciones de uso habitual en el laboratorio.
- El personal debe lavarse las manos al entrar y salir del laboratorio y siempre que haya habido contacto con algún producto químico. Debe llevar en todo momento guardapolvo y el cabello recogido, evitando colgantes o mangas anchas que pudieran engancharse en los equipos o el material del laboratorio.
- Disponer de las Fichas Internacionales de Seguridad Química u otra fuente de información sobre las características de peligrosidad de los reactivos y patrones.
- Disponer de instructivos claros para realizar el trabajo de manera segura.
- Trabajar con material suficiente, adecuado a las necesidades y en buen estado.
- Realizar mantenimiento preventivo de instrumentos y reparar con rapidez los desperfectos.
- Mantener el orden y la limpieza. No acumular materiales en las superficies de trabajo.
- Equipar el laboratorio con un sistema eficaz de ventilación general y localizada.
- Disponer de los elementos de protección individual (EPIs) y de las instalaciones de emergencia o elementos de actuación (duchas, lavaojos, mantas ignífugas, extintores, kits antiderrames, etc.) adecuados a los riesgos existentes.
- Recoger inmediatamente todos los vertidos que ocurran, por pequeños que sean.
- No realizar experiencias nuevas sin autorización expresa del responsable del laboratorio ni poner en marcha nuevos instrumentos e instalaciones sin conocer

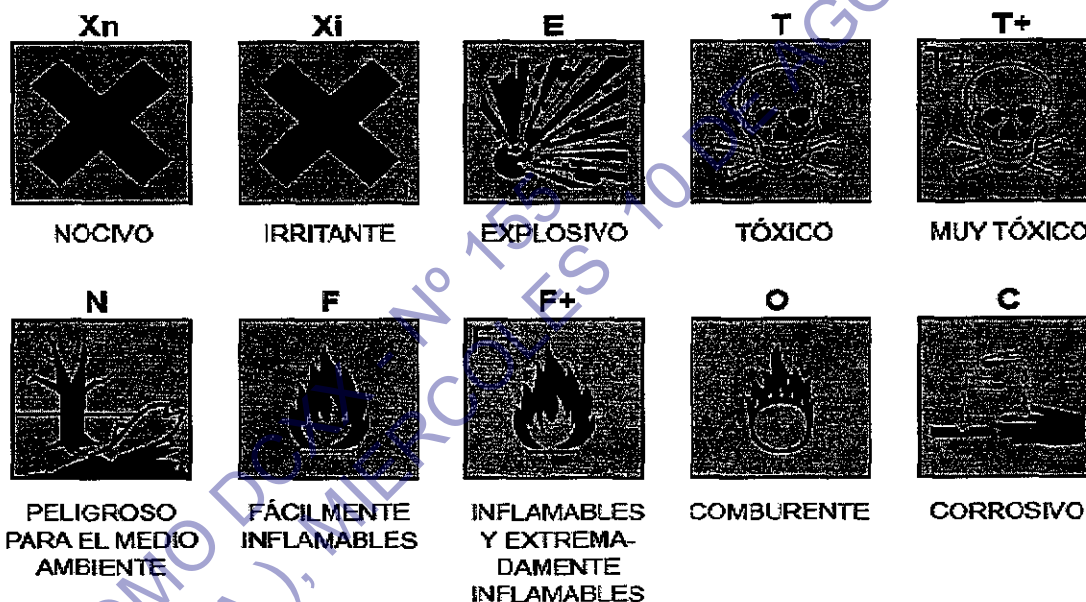
previamente su funcionamiento, características y requerimientos, tanto generales como de seguridad.

- Evitar el trabajo en solitario en el laboratorio.
- Debe estar prohibido fumar e ingerir alimentos en el laboratorio.
- Nunca se deben utilizar recipientes de laboratorio para contener bebidas o alimentos.
- Evitar llevar lentes de contacto. Es preferible el uso de gafas de seguridad, graduadas o que permitan llevar las gafas graduadas debajo de ellas.

7.6.1 Productos químicos

Una primera información sobre la peligrosidad de la sustancia se encuentra en la etiqueta del producto, donde se hallan los símbolos, pictogramas y frases R, y en la ficha de datos de seguridad química. Ello permite tener una primera información sobre la severidad del riesgo asociada al producto.

A continuación se exponen algunos pictogramas de seguridad:



Como norma general, el depósito de productos químicos debe ser un lugar de acceso restringido, convenientemente señalizado, indicando la posible presencia de productos tóxicos, inflamables o con cualquier otra característica de peligrosidad. Debe disponer de ventilación natural o forzada y en su diseño se debe tener en cuenta las características de los vapores y nivel de exposición de los trabajadores. El nivel de iluminación debe ser suficiente y adecuado para poder leer las etiquetas de los productos y llevar a cabo su manipulación de manera segura. Es conveniente disponer de equipos de protección individual (EPI) para la protección de las vías de respiratorias, ojos y cara, y manos. Todos estos equipos deben cumplir con la reglamentación vigente aplicable.

A continuación se resumen algunos aspectos a tener en cuenta en el almacenamiento de productos químicos:

- Comprobar que los productos están adecuadamente etiquetados y las etiquetas se encuentran en buen estado.
- Disponer de su ficha de datos de seguridad química. Es allí donde se encuentra la información de cómo almacenar el producto.
- Llevar un control de stock actualizado de los productos que evite su envejecimiento.

- No almacenar productos químicos en pasillos ni lugares de paso de vehículos, en huecos de escaleras, salas de visitas y lugares de descanso.
- Respetar las recomendaciones de almacenamiento en cuanto a incompatibilidades y cantidades máximas recomendadas. La siguiente tabla muestra incompatibilidades de almacenamiento de productos químicos

	+	-	-	-	+
	-	+	-	-	-
	-	-	+	-	+
	-	-	-	+	0
	+	-	+	0	+

+	Se pueden almacenar juntos
0	Solamente podrán almacenarse juntos, adoptando ciertas medidas
-	No deben almacenarse juntos

- Se puede disponer de estanterías intercalando inertes entre incompatibles.
- Almacenar la mínima cantidad posible de productos químicos.
- Disponer en el área de trabajo solamente de los productos que se vayan a utilizar y mantener el resto en un área de almacenamiento.
- Planificar las emergencias tales como la actuación en caso de salpicadura, derrame o rotura de un envase, incendio, etc.
- Capacitar al personal sobre los riesgos del almacenamiento de productos, cómo prevenirlos y cómo protegerse.

En estanterías y armarios de laboratorio debe tenerse en cuenta:

- No colocar en estantes elevados recipientes más grandes de medio litro.
- Los productos más peligrosos, especialmente los productos inflamables o muy inflamables y los clasificados como cancerígenos, mutagénicos y/o tóxicos para la reproducción, es recomendable que estén en armarios.

El personal del laboratorio debe conocer las propiedades de los productos almacenados, cómo utilizar los EPI, el uso correcto de los elementos de actuación (y las consecuencias de un mal uso de estos elementos), disponiendo de instrucciones sobre cómo actuar en caso de una emergencia.

7.7 Actuación en casos de emergencias

El laboratorio debe tener un plan de acción en relación con las situaciones de emergencia que pudieran producirse según las características de los productos almacenados. Este plan debe estar visible y todos los trabajadores deben estar formados al respecto. Es conveniente colocar de manera bien visible toda la información necesaria para la actuación en caso de accidente: que hacer, a quien avisar, números de teléfono, tanto interiores como exteriores (emergencia, mantenimiento, bomberos, director del laboratorio), direcciones y otros datos que puedan ser de interés en caso de accidente, especialmente los referentes a las normas de actuación.

- En caso de derrames accidentales se debe actuar rápidamente para su absorción, neutralización o eliminación. La eliminación de pequeños derrames se realiza con agentes absorbentes o neutralizantes que una vez usados se desechan en recipientes

para residuos peligrosos. Se descarta el uso de aserrín como absorbente para líquidos inflamables y corrosivos, recomendando carbón activado u otros agentes.

- Durante el proceso de limpieza se deben utilizar los elementos de protección individual (EPI) adecuados.
- En el caso de salpicaduras de piel y ojos deben lavarse con abundante agua. No intentar neutralizar y acudir al médico inmediatamente junto con la información contenida en la etiqueta o ficha de datos de seguridad.
- En el caso de derrames o vertidos sobre la ropa de trabajo, ésta debe quitarse rápidamente, o colocarse bajo una ducha, según la magnitud de la impregnación. Si hay contacto con la piel acudir al médico.

7.7.1 Ácidos inorgánicos

Las soluciones de ácidos inorgánicos no son inflamables por sí mismas, pero cuando entran en contacto con ciertos productos químicos o materiales combustibles, se pueden producir incendios o explosiones. Estos ácidos reaccionan con determinados metales liberando hidrógeno. También pueden actuar como agentes oxidantes y, cuando contactan con productos orgánicos u otras sustancias oxidables, pueden reaccionar de forma violenta (Extraído de ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO – Guías de productos químicos).

Efectos sobre la salud

Los ácidos inorgánicos son corrosivos, especialmente cuando se encuentran a altas concentraciones. Pueden destruir los tejidos corporales y producir quemaduras químicas cuando entran en contacto con la piel y las mucosas. Son especialmente peligrosos los accidentes oculares. Los vapores o nieblas de los ácidos inorgánicos irritan el tracto respiratorio y las mucosas, dependiendo el grado de irritación de su concentración; los trabajadores expuestos a estos ácidos pueden sufrir también decoloración o erosiones de los dientes. El contacto repetido con la piel provoca dermatitis. La ingestión accidental de ácidos inorgánicos concentrados causa grave irritación de la garganta y el estómago, así como destrucción tisular de los órganos internos, a veces mortal a no ser que se efectúe inmediatamente el tratamiento de urgencia adecuado. Algunos ácidos inorgánicos actúan también como agentes tóxicos sistémicos.

Medidas de seguridad

Siempre que sea posible, los ácidos muy corrosivos deben sustituirse por ácidos que presenten menos riesgos, siendo, además, esencial utilizarlos a la menor concentración necesaria. Cuando se utilicen ácidos inorgánicos, se deberán extremar las medidas de seguridad en cuanto a almacenamiento, manipulación, eliminación de residuos, ventilación, protección personal y primeros auxilios. El personal debe saber que si los ácidos se mezclan con otros productos químicos o con agua, pueden ocurrir reacciones violentas o peligrosas. Agregar lentamente (con agitación continua) los ácidos y bases al agua y no a la inversa, para evitar proyecciones.

Almacenamiento

Siempre debe evitarse el contacto con otros ácidos y materiales combustibles u oxidables. Las instalaciones eléctricas deben ser resistentes a los ácidos. Las zonas dedicadas al almacenaje de estos productos deben estar separadas de las demás dependencias, bien ventiladas y protegidas de los rayos solares y otras fuentes de calor. Los envases deben mantenerse herméticamente cerrados y claramente etiquetados, indicando su contenido.

Primeros auxilios

El tratamiento más importante en caso de contaminación de la piel o de los ojos con ácidos inorgánicos consiste en lavar inmediatamente la zona afectada con agua corriente. Para este fin deben colocarse estratégicamente duchas de emergencia y lavaojos. Las salpicaduras en los ojos deben lavarse con agua abundante. Las personas que hayan inhalado vapores ácidos deben retirarse

inmediatamente de la zona contaminada, impidiéndose que realicen algún tipo de esfuerzo y solicitando atención médica inmediata. En caso de ingestión accidental no deben provocarse vómitos, ya que éstos podrían extender la lesión. La indumentaria de cuero (calzado, cintos) pueden retener ácido y ser causante de daños severos si se reutiliza.

7.7.2 Metales y Compuestos Inorgánicos

Usar estos reactivos solo como está prescrito y considerando todos los riesgos generales del laboratorio químico. Manipular las drogas bajo campana extractora, usando protectores oculares y vistiendo guardapolvo o chaquetilla de laboratorio. En caso de contacto accidental con la piel, lavar el área afectada con abundante agua. Si la irritación persiste, es conveniente consultar con un médico. En diversas fuentes se puede obtener información relacionada con toxicidad, precauciones y primeros auxilios. Consultar al respecto.

A continuación se señalan algunos peligros específicos que tienen metales y compuestos inorgánicos. Algunos compuestos de arsénico y níquel son altamente tóxicos y pueden ser cancerígenos. Evitar su inhalación, ingestión y contacto con la piel. La azida sódica es tóxica y reacciona y reacciona con ácidos para formar el aún más tóxico ácido hidrazoico. Cuando es desechada por desagües puede reaccionar con el plomo o cobre de las cañerías formando azidas metálicas que son extremadamente explosivas. Las azidas pueden ser destruidas por el agregado de una solución concentrada de nitrito de sodio (1,5 g de nitrito de sodio por gramo de azida sódica). La extrema toxicidad del berilo y sus compuestos está reflejada en un bajo “valor umbral límite” de tan solo 2,0 µg/m³. Existen sospechas de que el Berilo puede ser un cancerígeno para el ser humano, por lo que se deberá manejar con extrema precaución y solo bajo campanas extractoras o cajas herméticas con guantes de manipuleo. Los cianuros son utilizados como reactivos, pero también pueden presentarse en muestras de agua. El cianuro de hidrogeno es un gas letal. No acidificar soluciones de cianuro, salvo en un sistema cerrado o bajo un sistema de ventilación por campana apropiado, pues puede formarse y liberarse cianuro de hidrogeno.

De los metales que es líquido a temperatura ambiente, es el mercurio, teniendo además una apreciable presión de vapor. Un termómetro roto en una habitación escasamente ventilada puede producir una concentración de mercurio tal, que su valor umbral límite sea superada. Debido a su gran toxicidad y volatilidad, manipular el mercurio y sus compuestos con mucha cautela. Proveerse de los correspondientes kits para neutralizar derrames.

Las sales de los percloratos son explosivas cuando se mezclan con materiales combustibles, siendo también irritantes severas de la piel, ojos y sistema respiratorio. Tener mucho cuidado con la utilización y el depósito de los percloratos.

El borohidrato de sodio puede descomponerse en agua y liberar hidrogeno, creando por consiguiente peligro de explosión. Al igual que otros compuestos inorgánicos es un irritante energético de piel y sistema respiratorio.

7.7.3 Reactivos y solventes orgánicos

La mayoría de los solventes orgánicos que se utilizan en el laboratorio de análisis de agua tienen especificado su valor umbral límite para locales de trabajo. Este brinda una indicación de la concentración máxima en el aire a la cual pueden permanecer expuestos los trabajadores, para un determinado solvente. (ver tabla correspondiente). La mayoría de los reactivos orgánicos no tienen especificado su valor umbral límite como los solventes orgánicos (ver tabla correspondiente), lo que no significa que sean menos peligrosos. Algunos compuestos utilizados que no significa que sean menos peligrosos. Algunos compuestos utilizados en este manual son sospechados como cancerígenos, por lo que deben ser tratados con extrema precaución. Estos compuestos sospechados incluyen reactivos tales como benceno, tetracloruro de carbono, cloroformo, 1,4 dioxano, tetracloroetileno, ortotolidina y Bencidina.

NORMAS DE CALIDAD Y CONTROL DE AGUAS PARA BEBIDA – AÑO 2016

Valores umbrales Límite de solventes *		Valores umbrales límite de reactivos*
Ácido acético 3	10	2-aminoetanol
Acetona	1000	Benzidina ©
Acetonitrilo 1	40	Cloruro de bencilo
Benceno (c) 75	10	clorobenceno
n-Butanol 3	100	Dietanolamina
Disulfuro de C 10	10	Naftaleno
C14 © 1 mg/l	5	Acido Oxálico
Cloroformo(c) 5	10	Fenol
Ciclohexanona 10 mg/l	25	2-Cloro-6-(Tricloro- Metil) piridina
Éter dietílico	400	
1,4 Dioxano (c)	25	
Etano	1000	* ppm (v/v)
Acetato de etilo sospechosos de	400	(C) compuestos
Etilen glicol	50	ser cancerígenos.
Hexano	100	
Alcohol isoamilico	100	
Alcohol iso butílico	50	
Alcoholisopropílico	400	
Éter isopropílico	250	
Metanol	200	
2-Metoxietanol	25	
Cloruro de metileno	100	
Pentano	600	
Propanol	200	
Piridina	5	
Tetracloroetileno (c)	100	
Tolueno	100	
Xileno	100	

(c) compuestos sospechosos de ser carcinogénicos * ppm(v/v).

Los solventes que se utilizan caen incluso en varias categorías mayores: Alcoholes, compuestos clorados e Hidrocarburos. La exposición a cada clase de estos compuestos puede tener una acción diferente sobre la salud. Los alcoholes son en general intoxicantes capaces de producir irritación de las membranas mucosas y somnolencia. Los hidrocarburos clorados causan narcosis y daños en el sistema nervioso central e hígado. Los hidrocarburos, como los otros dos grupos, son irritantes de la piel y pueden producir dermatitis tras una exposición prolongada. Por su volatilidad pueden producir concentraciones peligrosas de vapores (peligro de fuego o explosión). Es esencial una ventilación apropiada.

Los reactivos orgánicos utilizados en este manual caen en cuatro grandes categorías: Ácidos. Compuestos Halogenados. Colorantes e Indicadores y Pesticidas. Ellos son predominantemente sólidos, por lo que es posible la formación de aerosoles. Los pesticidas deben ser manejados con cautela, pues son venenos usualmente absorbidos por piel. Utilizar guantes y ropa protectora. Los compuestos clorados presentan muchos de los mismos riesgos que los solventes clorados (narcosis, daño del sistema nervioso central e hígado). Un correcto etiquetado de estos compuestos, que incluya fecha de vencimiento, en base a recomendaciones del productor, permite orientar un desechado conveniente de las drogas vencidas con el correspondiente tratamiento químico de neutralización.

7.7.4 Riesgos Biológicos

La seguridad de un laboratorio de aguas también incluye los riesgos biológicos. Los microorganismos patógenos pueden producir enfermedades por inoculación o inyección accidental u otros medios de penetración cutánea. La correcta ejecución de las técnicas ordinarias de laboratorio, puede poner una efectiva barrera a los agentes patógenos. El peligro básico asociado con el riesgo microbiológico, está en el contacto mano-boca mientras se manipula material contaminado, en los aerosoles producidos por pipeteado, centrifugado o mezclado de muestras o cultivos y en el uso de gafas inoculadas.

No mezclar diluciones soplando aire por la pipeta en un cultivo. Cuando trabaje con muestras altamente contaminadas, tales como líquidos cloacales o cultivos de alta densidad microbiana, use un aparato pipeteador adosado al extremo bucal de la pipeta para prevenir ingestión accidental. No pipetee con la boca. La pipeta bucal es desaconsejable incluso para muestras de agua de bebida. Teniendo en cuenta que un agua no tratada puede ser vehículo de transporte de patógeno, descarte todas las pipetas utilizadas con ella en una jarra conteniendo solución desinfectante, para su descontaminación antes de proceder al lavado del vidrio.

No coloque pipetas utilizadas sobre la mesada, carros de laboratorio, o pipetas de lavado sin una adecuada desinfección previa.

Son desinfectantes satisfactorios para jarras de descarte, compuestos de amonio cuaternario que incluyan un detergente compatible o soluciones de hipoclorito de sodio. Usar la concentración más alta recomendada para desinfectantes comerciales, puesto que esta no causa daño alguno a las marcas de graduación, hechas con pintura horneada, en las pipetas. Reemplazar diariamente la solución desinfectante en jarras de descarte. Esterilizar los materiales contaminados (cultivos, muestras, elementos de vidrio, sueros descartados, etc.) por autoclavado antes de desecharlos o reutilizarlos. La rotura de tubos con cultivos durante su centrifugado produce la formación de aerosoles microbianos. Utilizar mezcladores herméticos y mantenerlos perfectamente cubierto durante la operación, crea un serio peligro debido a la aerolización de microorganismos; use preferentemente un incinerador calefaccionado eléctricamente para esterilizar ansas o agujas contaminadas, evite tocar accidentalmente el calefactor.

Para el control de las exposiciones a contaminantes por contacto es importante la práctica de una buena higiene personal. Desinfectar frecuentemente las manos y superficies de trabajo. Proveer de agua fresca para la bebida fuera del laboratorio, preferentemente por medio de un expendedor operado con el pie. Se sugiere la inmunización del personal del laboratorio contra el tétano, posibles tifoideas y otros agentes infecciosos dependiente del tipo de trabajo que se realice. Eliminar moscas y otros insectos para prevenir contaminación de equipos estériles, medios, muestras, cultivos, individuos y para prevenir el esparcimiento de organismos patógenos por vectores. Instalar mallas metálicas en ventanas y otras aberturas, cuando no exista aire acondicionado. Fumigar periódicamente, sobre todo las superficies descubiertas del piso desagües, depósitos, canaletas de escurrimiento, etc. Si el laboratorio incluye un área donde se analiza pesticidas, aplicar con mucho cuidado el veneno en todas las áreas inmediatas al sector microbiológico.

7.7.5 Radiaciones

Todas las personas están expuestas a radiaciones ionizantes. La dosis promedio anual de radiaciones de orígenes: cósmicos, terrestre, interno, y radios (x) médicos y dentales, a la cual está expuesta el cuerpo es cercano a los 185 mrem/año. Prevenir la innecesaria exposición continua o intermitente de tipo ocupacional y los accidentes que pueden resultar de exposición a radiaciones peligrosas. En los laboratorios los rayos X, la luz ultravioleta, y los materiales radioactivos, presentan riesgos que deben ser minimizados.

Debe proveerse de un manual sobre Seguridad Radioactiva o un “Handbook” de seguridad en laboratorio o manual similar, a todas las personas que trabajen con materiales radioactivos o maquinas que producen radiaciones. Estos manuales permitirán conocer los procedimientos necesarios para: obtener autorización para usar, pedir, manipular y guardar radionucleótidos. También contienen información para manejar materiales radioactivos y procedimientos que se deben seguir en caso de accidentes, sobre decontaminacion, monitoreo del personal y del laboratorio y desechos de materiales radioactivos.

Para mayor información de materiales radioactivos, equipos productores de radio actividad y radiaciones ultravioletas: consultar estándar método de AWWA.

7.7.6 Riesgos de carácter físico

7.7.6.1 Eléctricos

La instalación eléctrica, conexiones y aparatos deben estar de acuerdo con la normativa nacional y /o provincial vigente.

Por el incorrecto uso del suministro eléctrico, pueden enfrentarse los siguientes peligros: fuego, explosiones, corto circuitos y shock eléctrico.

Conectar con “toma a tierra “todo el equipamiento eléctrico o en su defecto utilizar equipos con doble aislación. No colocar tomas corrientes en el interior de campana de extracción. No utilizar equipos con cables desgastados o aislación deterioradas. No utilizar equipos que producen chispas cerca de solventes volátiles inflamables. Usar refrigeradores de seguridad de calidad comprobada. Desconectar los equipos eléctricos antes de repararlos o hacerles un service y nunca puntear fusibles o conectores de seguridad. Los equipos reparados por personas que no conocen suficientemente los principios eléctricos, pueden ser causantes de situaciones particularmente peligrosas.

7.7.6.2 Mecánicos

Proveer de un blindaje o manejar con el máximo resguardo poleas, cadenas de transmisión, ejes de rotores y otros tipos de transmisiones mecánicas de potencias en aparatos. Los equipos de laboratorio que requieren de resguardo incluye: bombas de vacío, licuadoras, mezcladoras y moladoras (molino). Manejar con protección herramientas portátiles de potencia que utilice en el laboratorio. Protegerse de equipos tales como centrifugas, ante el riesgo de desprendimientos de partes móviles que giran a altas revoluciones. Asegurar firmemente equipos que tienen tendencias a vibrar (centrifugas, compresores de aire), para prevenir la tendencia a desplazarse (“caminar”). Colocarse lejos de ellos ante el peligro de que se puedan desprender o partirse elementos por causas de las vibraciones.

7.7.6.3 Gases

Los gases comprimidos son potencialmente peligrosos. Los cilindros de gas pueden explotar o volar si son manejados inapropiadamente.

La parte de gas de cilindro cuyo contenido es inflamable, puede presentar el riesgo de una explosión y si es tóxico abra un obvio peligro para la salud que puede llegar a la muerte por sofocación con gases inertes. Regirse por las regulaciones correspondientes para el uso y almacenamiento de gases comprimidos. Trasladar los cilindros de gas solo en carros, carretillas de manos o monta cargas. Asegurar apropiadamente los cilindros de gas durante su depósito, transporte, uso y mantener colocada la tapa de seguridad de la válvula durante el depósito y el transporte. Identificar permanentemente el contenido del cilindro.

7.8 Monitoreo

7.8.1 Consideraciones generales

El establecimiento de políticas prácticas, procedimientos y métodos para prevenir la exposición de personal del laboratorio a materiales peligrosos, es solo una parte de un programa efectivo de seguridad. El establecimiento simultaneo de un sistema de monitoreo o retroalimentación es imprescindible para garantizar el marco de seguridad y protección con que se trabaja.

El sistema de monitoreo podrá medir riesgos químicos, biológicos o radio químicos a los que se encuentran sometidos el personal. El monitoreo químico consiste en la instalación de sensores capaces de medir concentraciones en el aire que se respira de compuestos orgánicos o inorgánicos o bien de partículas suspendidas. El monitoreo de riesgos biológicos representan una parte fundamental del monitoreo microbiológico. Incluye exámenes físicos pre ocupacionales y luego otros acompañados de análisis hematológicos y serológicos a fines de la exposición: chequeos anuales, vacaciones, y otras medidas profilácticas lo complementan. El monitoreo de riesgo radio químico incluye la limpieza con frotación y cepillado, instrumentos portátiles de medición y muestras de aire.

7.9 Disposiciones de desperdicios

7.9.1 Consideraciones Generales

El plan para la disposición segura de sustancias biológicas y químicas usadas en el laboratorio es muy importante. Debe ser discutido con el supervisor del laboratorio y si ello es pertinente con el “coordinador” o agente responsable de la seguridad. Diseñar sistemas de recolección convenientes, usar recipientes rotulados apropiadamente, prever depósitos protegidos de fuego y un área especialmente separada, para el depósito de solventes de desecho, aislando materiales incompatibles. Considere el uso de contenedores especiales para residuos extremadamente peligrosos o altamente tóxicos o altamente tóxicos y un embalaje especial para evitar roturas o daños del contenedor durante el transporte. Embalar por separado materiales peligrosos incompatibles.

7.9.2 Métodos de disposición de desechos:

Incluyen incineración, evaporación, neutralización, reacciones químicas, tratamientos especiales, enterramientos y usos de dispositivos especiales de origen comercial. Consultar bibliografía específica respecto a métodos más apropiados para desecho de compuestos orgánicos e inorgánicos inespecíficos (ejemplo: “Chemical Safety data sheets”).

7.9.2.1 Desechos Químicos²

Usar solventes que pueden ser destilados y recuperados para su reuso. Los solventes no combustibles pueden ser evaporados si el vapor no crea un problema en el medio ambiente. Pequeñas cantidades de solventes inflamables y drogas pueden ser quemados dentro de contenedores metálicos o en incineradores. Neutralizar materiales ácidos y básicos antes de su disposición final. Algunos materiales solubles no tóxicos, pueden ser diluidos profusamente en un desagüe, si éstos no dañan las cañerías o al medio ambiente. Dentro de lo posible, mediante reacciones químicas, convertir los materiales peligrosos en otros inocuos, antes de desecharlos. Si ello no es posible, recurrir a un especialista en desechos. Desechar los cilindros de gas no recuperables con la ayuda, exclusivamente, de personal calificado.

7.9.2.2 Desechos biológicos

Esterilizar todas las sustancias tóxicas o infecciosas y todos los equipos y recipientes o aparatos antes de lavarlos, guardarlos o desecharlos. El método de esterilización de elección es el autoclavado. En general, calentar el autoclave bajo una presión de 103 KPa para llegar a la temperatura de al menos 121°C como mínimo durante 15 minutos.

Medir el tiempo luego de que el material esterilizado haya llegado a la temperatura de 121 °C. Si éste debe ser esterilizado en bolsas plásticas, agregar agua al contenido para asegurar calor húmedo. Para la esterilización de materiales no plásticos, también puede utilizarse calor seco o tratamiento químico. Luego de la esterilización los desechos pueden ser vehiculizados con seguridad por el sistema convencional de desagües. Juntar residuos contaminados con combustibles y esqueletos de animales para desecharlos por incineración.

7.9.2.2 Desechos radioquímicos

Consultar bibliografía especializada y/o sección correspondiente de Estándar Método de AWWA.

² Los solventes inflamables son líquidos con un punto de inflamación menor a 60°C y una presión de vapor que no exceda 275 KPa de presión atmosférica a 38°C.

SECCION 8

COMPENDIO DE TABLAS DE LÍMITES

AÑO CIII - TOMO LXXX - N° 155
CORDOBA, (R.A.) - MERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

SECCION 8

COMPENDIO DE TABLAS DE LÍMITES

Tabla 1.2.1 Parámetros que afectan la aceptabilidad o estética

Parámetro	Unidades de Medida	Valor Aconsejable	Limite Tolerable
Aluminio (Al)	mg.L ⁻¹	0,10	0,20
Cloruros (Cl)	mg.L ⁻¹	250	400*
Cobre (Cu)	mg.L ⁻¹	-	1
Color	U.C.	6	15*
Detergentes	mg.L ⁻¹	-	0,2
Dureza (CO ₃ Ca)	mg.L ⁻¹	80-200	500*
Hierro (Fe)	mg.L ⁻¹	0,10	0,20
Manganeso (Mn)	mg.L ⁻¹	0,05	0,10
pH	mg.L ⁻¹	6,5-8,5	6,5-8,5
Sabor y Olor	-	No ofensivo para la mayoría de los usuarios	Ver tabla
Sólidos Disueltos	mg.L ⁻¹	50-1000	2000*
Sulfato (SO ₄ ⁻)	mg.L ⁻¹	250	400
Turbiedad	UNT	1	2
Zinc (Zn)	mg.L ⁻¹	-	3

Tabla 1.6.3. Concentración mínima de cloro residual

Parámetro	Valor mínimo mg.L ⁻¹
Cloro residual	0,2 a 0,5

*Tabla 1.2.2 Valores a alcanzar en un plazo de 5 años

Parámetro	Unidades de Medida	Valor Aconsejable	Limite Tolerable a alcanzar
Cloruros (Cl)	mg.L ⁻¹	250	350
Dureza (CO ₃ Ca)	mg.L ⁻¹	80-200	400
Sólidos Disueltos	mg.L ⁻¹	50-1000	1500
Color	U.C.	6	10
Dureza (CO ₃ Ca)	mg.L ⁻¹	80-200	400

Tabla 1.2.3 Compuestos que generan sabores y olores en el agua de consumo

Compuesto	Fuente	Sabor y Olor	Umbral de percepción
Geosmina	Actinomicetos Cianobacterias	Tierra	< 0,00001 mg.L ^{-1 a}
2-Metil Isoborneol	Actinomicetos Cianobacterias	Moho (humedad)	
n-hexanal	Algas flageladas (Ej: Ceratium Hirundinela)	Pescado	0,0008 mg.L ^{-1 b}
2-trans, 4-cis, 7-cis-decatrional	Cianobacterias	Pescado	0,025 mg.L ^{-1 c}
Cloro	Desinfección del agua	Cloro	0,6 mg.L ^{-1 d}
Cloraminas	Desinfección del agua	Cloro	0,28 mg L ^{-1 e}
Sulfuro de hidrógeno	Bacterias anaeróbicas	Huevo podrido	0,05 mg.L ^{-1 d}
Clorofenoles	Cloración de los fenoles	Medicinal	0,01, 0,04 y 0,3* mg.L ^{-1 d}

* Para: 2-clorofenol, el 2,4-diclorofenol y el 2,4,6-triclorofenol respectivamente

a) WHO, 1999.

b) Omur-Ozbek, et. al., 2008.

c) Fenaroli's handbook of flavor ingredients. 6 Edition.

d) WHO, 2004.

e) Khiari, D, 2002.

Tabla 1.3.1 Parámetros inorgánicos

Parámetros	Unidades de Medida	Limite Tolerable
Arsénico (As)	µg.L ⁻¹	50 _{p1}
Cadmio (Cd)	µg.L ⁻¹	5
Cromo (Cr)	µg.L ⁻¹	50
Cianuro (CN ⁻)	mg.L ⁻¹	0,10
Fluoruro (F ⁻)	mg.L ⁻¹	1,7*
Mercurio (Hg)	µg.L ⁻¹	1
Nitrato + Nitrito (NO ₃ ⁻)	mg L ⁻¹	45
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg L ⁻¹	0,10
Plomo (Pb)	µg.L ⁻¹	10
Selenio (Se)	µg.L ⁻¹	10
Plata (Ag)	µg.L ⁻¹	50
Boro (B)	mg.L ⁻¹	0,5
Vanadio (V)		<i>ver fundamentos</i>
Uranio (U)		<i>En revisión</i>

p₁ = provisorio, hasta finalización de estudios epidemiológicos

* Se deberá adecuar a 1,5 mg.L⁻¹ en un plazo de cinco años.

Tabla 1.4 Límites Máximos para Contaminantes Orgánicos que afectan a la Salud

Contaminante	Límite Tolerable (μL^{-1})
<i>Alcanos Clorados</i>	
1,2 Dicloro etano	10
Tetracloruro de Carbono	3
<i>Alquenos Clorados</i>	
1,2 Dicloroeteno	50
Tricloroeteno	20
Tetracloroeteno	10
Cloruro de Vinilo	2
<i>Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares</i>	
Benzo(α)pireno	0,01
<i>Plaguicidas</i>	
DDT (total isómeros)	1
Aldrín + Dieldrín	0,03
Clordano (total isómeros)	0,2
Hexaclorobenceno	0,01
Heptacloro y Heptacloroepóxido	0,1
g-HCH (lindano)	2
Metoxicloro	20
2,4 D	30
Malatión	5
Metil Paratión	1,3
Paratión	0,6
Atrazina	3
Carbofurán	40
Clorpirifos	30
Dimetoato	20
2,4 DB	90
Metalocloro	50
Dicamba	120
Endosulfán	20
Glifosato	280
Paraquat	10
Lambda cialotrina	10
Cipermetrina	50
<i>Clorobencenos</i>	
Monoclorobenceno	3
1,2 Diclorobenceno	0,5
1,4 Diclorobenceno	0,4
<i>Clorofenoles</i>	
Pentaclorofenol	10
2,4,6 Triclorofenol	10
<i>Benceno y Alquibenceno</i>	
Benceno	10
<i>Trihalometanos</i>	
Trihalometanos totales	100

Tabla 1.5 Compuestos Orgánicos

Contaminante	Valor Guía µg.L ⁻¹
Hidrocarburos Totales	500
Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP) Totales	0,2
<i>Hidrocarburos Bencénicos</i>	
Toluenos	700
Xileno	500
Etilbenceno	300
Estireno	20

Tabla 1.6.1 Parámetros Microbiológicos Básicos

PARAMETRO	LIMITE TOLERABLE	
	Método de análisis	
	Tubos múltiples	Membranas filtrantes
Coliformes Totales (*)	< 2,2 NMP/100 mL	(cero) en 100 mL
<i>Escherichia coli</i>	< 2,2 NMP/100 mL	(cero) en 100 mL
Bacterias Aerobias Heterótrofas(**) (Agar nutritivo, 35°C, 24 hs.)	100 (UFC) en 1 mL	
<i>Pseudomonas Aeruginosa</i>	Ausencia/Presencia	- 0 en 100 mL

(*) En el 95% de las muestras examinadas anualmente.

Ocasionalmente podrán aceptarse muestras que contengan un NMP de hasta 3,0 bacterias en 100 mL, pero no en muestras consecutivas.

(**) O se pueden determinar Bacterias Mesófilas totales.

Tabla 1.6.2 Parámetros Microbiológicos Complementarios

Parámetros	Tubos Múltiples (NMP/100 mL)	Membranas filtrantes
Enterococos	< 2,0	0 en 100 mL
<i>Clostridium perfringens</i>	< 2,2	0 en 100 mL
<i>Giardia Lamblia</i>	-	0 en 700/2000 L
Fitoplancton y Zooplancton	<i>Debe evitarse la presencia(***)</i>	
Microcistinas Totales	< 1µg.L ⁻¹	

UFC= Unidades Formadoras de Colonias.

(***)= Aún no hay datos suficientes para establecer un Límite numérico, pero debe evitarse la presencia de organismos o sus metabolitos perjudiciales en el agua.

Tabla 1.7 Número de muestras y frecuencia mínima de muestreo en relación a la población servida

Población Total (habitantes)		Número Mínimo de muestras en red de distrib. por mes	Intervalo máximo entre extracciones sucesivas
Hasta	5.000	1	1 mes
5.001	a 10.000	2	1 mes
10.001	a 15.000	3	1 mes
15.001	a 20.000	4	1 mes
20.001	a 25.000	5	2 semanas
25.001	a 30.000	6	2 semanas
30.001	a 35.000	7	2 semanas
35.001	a 40.000	8	2 semanas
40.001	a 45.000	9	2 semanas
45.001	a 50.000	10	4 días
50.001	a 55.000	11	4 días
55.001	a 60.000	12	4 días
60.001	a 65.000	13	4 días
65.001	a 70.000	14	4 días
70.001	a 75.000	15	4 días
75.001	a 80.000	16	4 días
80.001	a 85.000	17	4 días
85.001	a 90.000	18	4 días
90.001	a 95.000	19	4 días
95.001	a 100.000	20	4 días
100.001	a 120.000	21	2 días
120.001	a 140.000	22	2 días
140.001	a 160.000	23	2 días
160.001	a 180.000	24	2 días
180.001	a 200.000	25	2 días
200.001	a 220.000	26	2 días
220.001	a 240.000	27	2 días
240.001	a 260.000	28	2 días
260.001	a 280.000	29	2 días
280.001	a 300.000	30	2 días
300.001	a 320.000	32	1 día
320.001	a 340.000	34	1 día
340.001	a 360.000	36	1 día
360.001	a 380.000	38	1 día
380.001	a 400.000	40	1 día
400.001	a 420.000	42	1 día
420.001	a 440.000	44	1 día
440.001	a 460.000	46	1 día
460.001	a 480.000	48	1 día
480.001	a 500.000	50	1 día
500.001	a 550.000	55	1 día
550.001	a 600.000	60	1 día
600.001	a 650.000	65	1 día
650.001	a 700.000	70	1 día
700.001	a 750.000	75	1 día
750.001	a 800.000	80	1 día
800.001	a 850.000	85	1 día
850.001	a 900.000	90	1 día
900.001	a 950.000	95	1 día
950.001	a 1.000.000	100	1 día
1.000.001	a 1.100.000	110	1 día
1.100.001	a 1.200.000	120	1 día

Población Total (habitantes)			Número Mínimo de muestras en red de distrib. por mes	Intervalo máximo entre extracciones sucesivas
1.200.001	a	1.300.000	130	1 día
1.300.001	a	1.400.000	140	1 día
1.400.001	a	1.500.000	150	1 día
1.500.001	a	1.600.000	160	1 día
1.600.001	a	1.700.000	170	1 día
1.700.001	a	1.800.000	180	1 día
1.800.001	a	1.900.000	190	1 día
1.900.001	a	2.000.000	200	1 día
2.000.001	a	2.200.000	220	1 día
2.200.001	a	2.400.000	240	1 día
2.400.001	a	2.600.000	260	1 día
2.600.001	a	2.800.000	280	1 día
2.800.001	a	3.000.000	300	1 día
3.000.001	a	3.500.000	350	1 día
3.500.001	a	4.000.000	400	1 día
4.000.001	a	4.500.000	450	1 día
4.500.001	a	5.000.000	500	1 día
5.000.001	a	5.500.000	550	1 día
5.500.001	a	6.000.000	600	1 día
6.000.001	a	6.500.000	650	1 día
6.500.001	a	7.000.000	700	1 día
7.000.001	a	7.500.000	750	1 día
7.500.001	a	8.000.000	800	1 día
8.000.001	a	8.500.000	850	1 día
8.500.001	a	9.000.000	900	1 día
9.000.001	a	9.500.000	950	1 día
9.500.001	a	10.000.000	1000	1 día
10.000.001	a	11.000.000	1100	1 día
11.000.001	a	12.000.000	1200	1 día

AÑO CIII - TOMO DOCUMENTOS 155
CORDOBA, (R.A.), MIERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016



Tabla 2.3.4. Requerimientos Especiales de Muestreos y Conservación

Determinación	Envase	Vol. Mínimo	Conservación	Tiempo Máx. ¹
Acidez	P, V(b)	100 mL	Refrigerar	24 hs/14 d
Alcalinidad	P, V	200 mL	Refrigerar	24 hs/14 d
Bacteriológico	P, V (estériles) c/a	300 mL	Refrigerar y eliminar Cl res. si se trata de agua clorada	24 hs
Boro	P, V	100 mL	bajar pH < 2 con HNO ₃	28 d/ 6 meses
Bromo	P, V	100 mL	No Requiere	28 d
Carbón Orgánico Total	P, V	100 mL	Analizar inmediatamente o Refrigerar y bajar pH < 2 con H ₂ SO ₄	7 d/28 d
Carbono, dióxido	P, V	100 mL	Analizar Inmediatamente	
Cloro residual	P, V	500 mL	Analizar Inmediatamente	0,25 hs
Cloro, dióxido	P, V	500 mL	Analizar Inmediatamente	0,25 hs
Clorofila	P, V	500 mL	Sin filtrar, a la oscuridad absoluta y a -6 °C Filtrado Congelado s/luz	24 hs/48 hs 28 d
Cloruros	P, V	50 mL	-	28 d
Color	P, V	500 mL	Refrigerar	48 hs
Detergentes (MABS)	P, V	250 mL	Refrigerar	48 hs
Fenoles	P, V, PTFE s/a	500 mL	Refrigerar y bajar pH < 2 con H ₂ SO ₄	28 d hasta la extracción/2 d después de la extracción
Pesticidas	V(s) c/tapa de PTFE s/a	1000 mL	Refrigerado. Si hay Cl res. presente – agregar 1 g de ácido ascórbico / L	7 d /7 d hasta la extracción y 40 d después de la extracción

NORMAS DE CALIDAD Y CONTROL DE AGUAS PARA BEBIDA – AÑO 2016

Determinación	Envase	Vol. Mínimo	Conservación	Tiempo Máx. ¹
Extraíbles por purga	V(s) c/tapa de PTFE s/a	2 x 40 mL	Refrigerar y bajar pH < 2 con HCl. Si hay Cl res. Presente agregar 1 g de ácido ascórbico/ L Refrigerar y bajar pH < 2 con H ₂ SO ₄	7 d/14 d
Hidrocarburos	V c/tapa de PTFE s/a	1000 mL		7 d/14 d
Conductividad	P, V	500 mL	Refrigerar	28 d
Cianuro Total	P, V	500 mL	Analizar dentro de los 15 min. o Llevar pH > 12 con NaOH, refrigerac. oscuridad absoluta y agregar 100 mg de Na ₂ S ₂ O ₃ / L para neutralizar el cloro libre	24 hs/14 d
DBO	P, V s/a	1000 mL	Refrigerar	6 hs/48 hs
DQO	P, V	100 mL	Analizar lo antes posible o bajar el pH a < 2 con H ₂ SO ₄	7 d/28 d
Dureza	P, V	100 mL	Bajar pH < 2 con HNO ₃ o H ₂ SO ₄	6 mes/6 mes
Fitoplancton	P, V c/a	1000 mL	Analizar inmediatamente o conservar con Lugol 3 mL/L, refrigerar, oscuridad absoluta	24 hs 3 meses
Fluoruro	P	100 mL	No Requiere	28 d
Fosfatos Total	P, V	100 mL	Bajar pH < 2 con H ₂ SO ₄ filtrar inmediatamente y refrigerar	28 d
Fosfatos Disueltos	V			48 hs
Gas de Barro dig.	V (p/gas)	-	-	
Grasas y Aceites	V s/a	1000 mL	Bajar pH < 2 con H ₂ SO ₄ o HCl y refrigerar	28 d
Iodo	P, V	500 mL	Analizar Inmediatamente	0,25 hs
Metales, en Gral.	P(a), V(a)	1000 mL	Bajar pH < 2 c/ HNO ₃ . Para metales dis.: filtrar inmediatamente y bajar pH < 2 c/ HNO ₃	6 meses

NORMAS DE CALIDAD Y CONTROL DE AGUAS PARA BEBIDA – AÑO 2016

Determinación	Envase	Vol. Mínimo	Conservación	Tiempo Máx. ¹
Cromo VI	P(a), V(a)	300 mL	Refrigerar y analizar inmediatamente o llevar a pH entre 9,3 y 9,7 con buffer de (NH ₄) ₂ SO ₄ para conservar	24 hs/28 d
Aluminio, Arsénico y Cobre (colorim.) ²	-	-	-	-
Microcistina	V c/a	100 mL	Refrigerar y eliminar Cl res. en muestras cloradas	
Amonio	P, V	500 mL	Analizar lo antes posible o bajar el pH < 2 con H ₂ SO ₄ , refrigerar, eliminar el Cl residual	7 d/28 d
Nitrato	P, V	100 mL	Analizar lo antes posible y refrigerar	48 hs/14 d para muestras cloradas
Nitrato+ Nitrito	P, V	100 mL	Analizar lo antes posible o bajar el pH < 2 con H ₂ SO ₄ , refrigerar	1-2 d/28 d
Nitrito	P, V	100 mL	Analizar lo antes posible o refrigerar	48 hs
Orgánico, Kjeldahl	P, V	500 mL	Refrig. pH < 2 con H ₂ SO ₄	7 d/28 d
Olor	V	500 mL	Analizar cuanto antes; refrigerar	6 hs/ 24 hs
Oxígeno Disuelto	V(botella de DBO) s/a	300 mL	-	0,25 h/0,25 h
Electrodo			Analizar inmediatamente	
Winkler			La titulación puede ser retardada después de la acidificación	8 hs/8 hs
Ozono	V	1000 mL	Analizar Inmediatamente	0,25 hs
pH	P, V	-	Analizar Inmediatamente	0,25 hs
Salinidad	V	240 mL	Analizar Inmediatamente o usar sello de cera en frasco	6 m(con sello)
Sílice	P	200 mL	Refrigerar, no congelar	28 d

Determinación	Envase	Vol. Mínimo	Conservación	Tiempo Máx. ¹
Sólidos	P, V	200 mL	Refrigerar	7 d/7-14 d
Sulfatos	P, V	100 mL	Refrigerar	28 d
Sulfuros	P, V	100 mL	Refrigerar Agregar 4 gotas de Acetato de Zn (2N) cada 100 mL y llevar a pH > 9 con NaOH	28 d
Sabor	V	500 mL	Analizar cuanto antes. Refrigerar	24 hs
Temperatura	P, V	-	Analizar Inmediatamente	0,25 h
Turbiedad	P, V	100 mL	Analizar el mismo día; guardar en oscuridad absoluta hasta 24 horas refrigerado	24 hs/48 hs

REFERENCIAS:

- Refrigerar = Conservar a 4 °C y en oscuridad.
 Filtración = Filtro de 0,45 µm de diámetro de poro, excepto en el caso de determinar Clorofila en el cual debe emplearse filtro de fibra de vidrio de 1 µm de diámetro de poro
 Eliminación de Cloro Residual = con Tiosulfatos de Sodio
 P = Plástico (poliet. ó equival.)
 V = Vidrio
 V(b) = Vidrio Borosilicato
 V(a) o P(a) = Recipiente lavado con sol. 1x1 de Ac. Nítrico
 V(s) = Vidrio lavado con solventes orgánicos
 s/a = sin aire
 c/a = con aire

Tabla 3.1.1 Métodos analíticos para sustancias inorgánicas

1	Método espectrofotométrico, volumétrico y método colorimétrico
2	Método electrolítico
3	Cromatografía iónica
4	Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, del inglés « <i>high-performance liquid chromatography</i> »)
5	Espectrometría de absorción atómica de llama (FAAS, del inglés « <i>flame atomic absorption spectrometry</i> »)
6	Espectrometría de absorción atómica electrotérmica (EAAS, del inglés « <i>electrothermal atomic absorption spectrometry</i> »)
7	Espectrometría de emisión atómica con fuente de plasma acoplado por inducción (ICP/AES, del inglés « <i>inductively coupled plasma/atomic emission spectrometry</i> »)
8	Espectrometría de masas con fuente de plasma acoplado por inducción (ICP/MS, del inglés « <i>inductively coupled plasma/mass spectrometry</i> »)

Tabla 3.2.1 Métodos analíticos para sustancias orgánicas

1	HPLC
2	Cromatografía de gases (GC, del inglés « <i>gas chromatography</i> »)
3	Cromatografía de gases acoplada con espectrometría de masas (GC/MS, del inglés « <i>gas chromatography/mass spectrometry</i> »)
4	Cromatografía de gases separados en la cabeza de la columna acoplada con espectrometría de masas (en inglés « <i>headspace GC/MS</i> »)
5	Cromatografía de gases obtenidos mediante purga y trampa en inglés « <i>purge-and-trap GC</i> »)
6	Cromatografía de gases obtenidos mediante purga y trampa acoplada con espectrometría de masas (en inglés « <i>purge-and-trap GC/MS</i> »)

En la extracción se puede utilizar SPME (micro extracción en fase sólida)

Tabla 3.3.1 Capacidad de detección analítica de sustancias inorgánicas

Métodos de laboratorio							
	Espectrof.	Vol.	IC	FAAS	EAAS	ICP	ICP/M S
Aluminio	+			+	+	+	+
Arsénico	+			+(H)	++,+++ (H)	++(H)	+++
Boro	+					++	+++
Cadmio	+	+			++	++	+++
Carbonato de calcio		+					
Cianuros	+						
Cloruros		+	+++				
Cobre	+	+++		+	+++	+++	+++
Cromo	+(IV)	+		+	+++	+++	+++
Dureza	+	+++	+++		+++	+++	+++
Fluoruro	+	+	++				
Hierro	+			+	+++	+++	+++
Manganeso	+	++		++	+++	+++	+++
Mercurio	+			+(H)	+	++(H)	
Nitrato/Nitrito	+		+++				
Plata	+			+	+++	+++	+++
Plomo	+	+			+	+	++
Selenio	+	+		+(H)	+++ (H)	++(H)	+
Sulfato	+		+++				
Vanadio	+			+	+	+++	+++
Zinc	+			+	+++	+++	+++

Referencias

Espectrof.: Espectrofotometría

Vol.: Volumetría

EAAS: Espectrometría de absorción atómica electrotrémica

IC: Cromatografía iónica

ICP: Plasma acoplado por inducción

NORMAS DE CALIDAD Y CONTROL DE AGUAS PARA BEBIDA – AÑO 2016

ICP/MS: Espectrometría de masas con fuente de plasma acoplado por inducción

FAAS: Espectrometría de absorción atómica de llama

IC/FD: Cromatografía iónica con detector de fluorescencia

Notas

+ El límite de detección está entre el valor de referencia y 1/10 de dicho valor.

++ El límite de detección está entre 1/10 y 1/50 del valor de referencia.

+++ El límite de detección es menor que 1/100 del valor de referencia.

El método analítico puede utilizarse para medir la concentración del valor de referencia, pero es difícil detectar una concentración de 1/10 del valor de referencia.

□ El método de detección puede utilizarse para la sustancia.

(H) Este método puede aplicarse a la determinación de los analitos mediante su conversión a hidruros por un generador de hidruros

Tabla 3.4.1 Capacidad de detección analítica de sustancias orgánicas

	E s p	CG/ PD	CG/ ECD	CG/ FID	CG / FPD	CG/ MS	PT- CG / MS	HPLC/ FD	HPLC / UV / PAD	HPLC / MS	IC	E L I S A
Acrilamida						+		+	+	+		
2,4-D									+	+		
2,4-DB									+	+		
Atrazina			+			+				+		
Aldrin	+		+			+						
Dieldrin												
Carbofuran								+(con deriv.)		+		
λ-Cialotrina			+			+						
Cipermetrina			+			+						
Cloruro de vinilo							+					
Clordano (total e isómeros)			+			+						
Clorpirifos			+		+	+						
1,2-Diclorobenceno							+					
1,4-Diclorobenceno							+					
1,2-Dicloroetano							+					
1,1-Dicloroetano							+					
1,2-Dicloreteno							+					
DDT (total e isómeros)			+			+						
Detergentes (aniónicos)	+											
Dicamba									+			
Dimetoato					+	+				+		
Endosulfán			+			+						
Etilbenceno							+					
Estireno							+					
Glifosato								+(con deriv)		+	+	
Hidrocarburos Totales	+											
Hidrocarburos aromáticos polinucleares (Benzo [a] pireno)						+		+				
Hexaclorobenceno			+			+						
Lindano			+			+						
Malatión				+		+						
Metoxicloro			+			+						

h

NORMAS DE CALIDAD Y CONTROL DE AGUAS PARA BEBIDA – AÑO 2016

	Esp	CG/PD	CG/ECD	CG/FID	CG/FPD	CG/MS	PT-CG/MS	HPLC/FD	HPLC/UV/PAD	HPLC/MS	IC	ELISA
Metolacloro					+	+						
Microcistinas totales*									+			+
Monoclorobenceno							+					
Paratión					+	+						
Metil Paratión					+	+						
Paraquat									+	+		
Pentaclorofenol						+						
Tricloroeteno							+					
Tetracloroeteno							+					
Tetracloruro de carbono							+					
Tolueno							+					
Xilenos							+					

Referencias

Esp: Espectrofotometría UV-Visible o Infrarrojo

GC/PD: Cromatografía de gases con detector de fotoionización (del inglés «gas chromatography/photoionization detector»)

GC/ECD: Cromatografía de gases con detector de captura de electrones (del inglés «gas chromatography/electron capture detector»)

GC/FID: Cromatografía de gases con detector de ionización de llama (del inglés «gas chromatography/flameionization detector»)

GC/FPD: Cromatografía de gases con detector fotométrico de llama (del inglés «gas chromatography/flamephotodiode detector»)

GC/MS: Cromatografía de gases con detector de espectrometría de masas (del inglés «gas chromatography/massspectrometry»)

PT-GC/MS: Cromatografía de gases obtenidos mediante purga y trampa acoplada con espectrometría de masas (del inglés «purge-and-trap gas chromatography/massspectrometry»)

HPLC/FD: Cromatografía líquida de alta resolución con detector de fluorescencia (del inglés «high-performance liquid chromatography/fluorescence detector»)

HPLC/UV-Vis/PAD: Cromatografía líquida de alta resolución con detector de ultravioleta-visible y/o serie de fotodiodos (del inglés «high-performance liquid chromatography/ultraviolet-visible / photodiodearray detector»)

IC: Cromatografía iónica (del inglés «ion chromatography»)

IC/FD: Cromatografía iónica con detector de fluorescencia (del inglés «ion chromatography/fluorescence detector»)

HPLC/MS: Cromatografía líquida de alta resolución con detector de masas (del inglés «high-performance liquid chromatography/massspectrometry»)

ELISA : Enzimoimmunoensayo (del inglés: «Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay»)

Tabla 5.1 Parámetros de calidad de agua destilada

Parámetro de calidad	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Bacterias (UFC)	< 100	< 1000	< 10000
pH	Imposible exactitud		5-7
Resistividad (mΩ cm ⁻¹ 25°C)	10	1	0,1
Conductividad (µmho cm ⁻¹ 25°C)	< 0,1	1	10
SiO ₂ (mg L ⁻¹)	< 0,01	< 0,1	< 1
Sólidos totales (mg L ⁻¹)	0,1	1	5
Carbono orgánico total (mg L ⁻¹)	< 0,05	< 0,2	< 1

Referencias:

Tipo I: Utilizable en análisis que requieren mínima interferencia y máxima exactitud y precisión.

Tipo II: Utilizable para análisis comunes y uso general.

Tipo III: Utilizable para lavado de materiales y enjuagues preliminares del material de vidrio y como base de preparación de las anteriores.

PARTICIPANTES

AÑO CIII - TOMO DCXX - No 155
CORDOBA, (R.A.), MIERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016



PARTICIPANTES

SECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS-MAAySP

Bresciano, Juan Dante

Ingeniero Civil

Ingeniero sanitario

Director de Jurisdicción de Estudios y Proyectos en Secretaría de Recursos Hídricos.

Profesor Titular Cátedra Ingeniería Sanitaria - UNC

Núñez, Viviana Raquel

Ingeniera Química

Jefa de Área de Control y Regulación de Servicio.

Montachini, Gladys

Ingeniera Química con mención en alimentos e Industrias Extractivas

Curso de Microbiología en Aguas y Alimentos, Universidad de Salamanca, España.

Jefa del Laboratorio de Aguas.

O'Mill, Patricia

Ingeniera Química

Magister en Ciencias Químicas

Curso de postgrado en Ecotoxicología y Toxicología General (CEITOX – Univ. Nac. de San Martín).

Docente de Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales-UNC.

López, Claudia

Profesional Análisis clínicos Histopatología en laboratorio de Agua.

De la Secretaria de Recursos Hídricos

Bernasconi, Inés

Ingeniera Civil

Jefa de Departamento de Recursos Hídricos.

Lopez Salvia, Ma. Carolina

Estudiante Ingeniería Biomédica-Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales-UNC

Becaria en el Laboratorio de Aguas dependiente de la Secretaría de Recursos hídricos-MAAySP.

Compaginación, revisión, edición del trabajo.

ERSeP - ENTE REGULADOR DE SERVICIOS PÚBLICOS

Fedeli, Susana Norma

Jefe de Área de Calidad de Agua y Saneamiento, de la Gerencia de Agua y Saneamiento. Ingeniera Química.

Especialista en Ingeniería Ambiental.

Master en Ecoauditorías y Planificación Empresarial del Medio Ambiente.

Especialización en Dirección de Organismos Públicos, en etapa de Elaboración de Tesis.

Gómez, Silvina del Valle

Ingeniero Químico.

Doctorado en Ingeniería Mención Química

Profesional en el Área de Calidad de la Gerencia de Agua y Saneamiento

MINISTERIO DE SALUD

HOSPITAL DE NIÑOS DE LA SANTISIMA TRINIDAD

Gait, Nilda

Médica Cirujana, Especialista en toxicología y pediatría

Mgter en Salud Pública y Droga dependencia.

Directora del Curso de formación de especialistas toxicología Consejo de Médicos.

Directora del postgrado de toxicología y salud ambiental en la Escuela de Salud Publica UNC.

Asesora docente colegio de farmacéuticos.

Referente de la Unidad Toxico Ambiental de la provincia.

Referente nacional y latinoamericana de toxicología.

Miembro de la comisión de agroquímicos.

Trabajos de campos multiples para la provincia y participación con Academia de Medicina.

Miembro de la Sociedad argentina de pediatría nacional sub comisión ambiente.

Miembro SAP CBA y Asociación Toxicológica de Cba.

Pierotto, Marcelo

Biólogo.

Magíster en Ingeniería Ambiental,

Especialista en Ingeniería Ambiental.

Diplomado en Salud Ambiental.

Investigaciones en las áreas de Toxicología Ambiental.

Giunta, Sandra

Médica Cirujana

Especialista en Toxicología y Salud Ambiental

Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria

Diplomatura en Salud Ambiental. Universidad Tecnológica Nacional.

Conducción y Gestión Gerencial en Instituciones de Salud. Escuela de Salud Pública.

Docente del IPEM 115, Domingo F Sarmiento. Educación para la Salud.

Miembro de la Unidad Toxicoambiental -UTA- de la Provincia de Córdoba, con sede en el Hospital de Niños de la Santísima Trinidad.

Miembro del comité de Contralor de Toxicología. Concejo de Médicos de la Provincia de Córdoba

Docente del Curso Trienal de Postgrado de Formación de y Capacitación en Toxicología Clínica dictado en el Consejo de Médicos de la Provincia de Córdoba.

HOSPITAL SAN ROQUE

Goldaracena, Verónica

Medica Cirujana

Especialista en Toxicología

Especialista en Medicina Laboral

Jefa del Centro de Toxicología del Hospital San Roque

Jefa del Depart. de Toxicología Sanatorio Allende

Docente de la UNC facultad de Medicina -carrera de especialistas en medicina Legal

Docente de la UNC facultad de Medicina -carrera de especialistas en medicina del trabajo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

CEQUIMAC - Facultad de Ciencias Químicas

Llinares Analía

Licenciada en Bioquímica.

Coordinadora de Área Agua y Efluentes.

Especialista en Ingeniería Ambiental.

Roque Pablo Andrés

Licenciado en Química.
Especialista en Ingeniería en Calidad.
Coordinador del Área Industrial.

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS -UNC

Bracamonte, Enzo

Ingeniero Agrónomo
Magister en Ciencias
Coordinador de la Cátedra de Ecotoxicología y Terapéutica Vegetal.

**SUBSECRETARIA DE RECURSOS HIDRICOS DE LA NACION
INA-CIRSA (ÁREA DE LIMNOLOGÍA APLICADA Y CALIDAD DE AGUA).**

Ruiz, Marcia Andrea

Bioquímica- Farmacéutica-
Especialista en Ingeniería ambiental. Master en Ingeniería del Agua.

Ruibal Conti, Ana Laura

Bioquímica.
Magíster en Ingeniería del Ambiente Global.
PhD en Hidrología

Halac, Silvana Raquel

Bióloga.
Master en Ecología Marina-
Dra.En Ciencias Biológicas.

Rodríguez, María Inés

Bióloga- Prof. en Cs Biológicas.
Magister en Gestión Ambiental de Desarrollo Urbano.

Seleme, Macarena

Ingeniera Química.

**MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO, MINERÍA Y DESARROLLO CIENTIFICO TECNOLOGICO
CEPROCOR**

Corpora, Roxana María

Ingeniera Química.
Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo.
Profesional Científico-Tecnológico Adjunto - Programa AGROQUIMICOS.

Gómez, Sandra Inés

Personal Científico técnico de la Unidad de Microbiología.
Licenciada en Bioquímica.

Lucero, Patricia Antonia

Bioquímica.
Especialista en Toxicología y Bioquímica Legal
Analista del Programa Agroquímicos

Cañas, Irene

Licenciada en Química
Coordinadora Programa Agroquímicos, CEPROCOR.
Profesional Científico Tecnológico de la Pcia. de Córdoba categoría Asociado.

Crema, Natalia

Bioquímica
Profesional Científico tecnológico Adjunto
Programa AGUAS.
Laboratorista, Actividades de gestión, Calidad, Investigación (estudio de la calidad de cuerpos de agua naturales).
Diplomatura en Gestión Integral de la Calidad.

Miralles Soledad Andrea

Licenciada en Bioquímica
Cordinadora Programa Aguas, CEPROCOR

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA
FACULTAD DE MEDICINA**

Lerda, Daniel

Profesor Full-time con dedicación a la investigación, Jefe del Laboratorio de Genética Molecular, Bioquímico, Doctor en Bioquímica, Especialista en Toxicología y Bioquímica Legal por UNC, Experto Universitario en Toxicología por la Universidad de Sevilla, España.

LABORATORIO CENTRAL

Grumelli, Yanina

Bioquímica y farmacéutica.
Magister en Química
Docente de grado y postgrado
Responsable Técnico del Laboratorio Central de la UCC.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
CIQA**

Pepino Minetti, Roberto

Profesor- Ingeniero- Especialista en Ingeniería Ambiental.
Director de Área Ingeniería Ambiental.
Centro de Investigación y Transferencia en Ingeniería Química Ambiental.

AGUAS CORDOBESAS S.A.

Girbal, Alberto

Ingeniero Químico
Gerente de Operaciones Técnicas en Aguas Cordobesas.

Bonfanti, Enzo

Técnico Químico
Jefe de Calidad de Productos Aguas Cordobesas
Ex presidente de RELASA, red de laboratorio sanitarios argentinos
Actal miembro del Relas Cofes, Red Laboratorios de Empresas de Saneamiento.

Manger, Sandra Janine

Bioquímica.
Supervisora de Informes y Gestión de Análisis Calidad
Laboratorio Aguas Cordobesas

FORO AMBIENTAL CÓRDOBA

Tosco, Cristián

Médico, investigador y educador ambiental.

Diplomado en Cultivo Celular Animal y Humano. (Universidad Complutense de Madrid)

Especialista en Ecotoxicología y Toxicología General (CEITOX – Univ. Nac. de San Martín)

Diplomado en Gobernabilidad, Gerencia Política y Gestión Pública (George Washington University GWU- UCC).

Diplomado en Integración Regional y Desarrollo Sustentable (Organización Latinoamericana de Gobiernos Intermedios OLAGI - Universidad Provincial Córdoba).

Capacitador en Educación Ambiental (Convenio GTZ (Alemania)- Secretaria de Ambiente de la Nación)

Alumno de Licenciatura en Enseñanza de las Ciencias del Ambiente (UTN).

Becario- Asesor Técnico del Ministerio del Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos del Gobierno de la Provincia de Córdoba, Integrante de la Unidad de Ordenamiento Ambiental Territorial.

Tesorero en Foro Ambiental Córdoba Asoc. Civil.

Asesor Externo de la Comisión de Ambiente del Consejo Profesional de Ciencias Económicas de la Provincia de Córdoba. Miembro de Ecosistemas Argentinos - Asoc. Civil y de Red Ciudadana Nuestra Córdoba. Sus áreas de estudio son: Educación Ambiental y Salud; Problemática ambiental y consecuencias en salud; Metodología e Instrumentos de Incidencia en Políticas Públicas en Ambiente y Salud.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA

Riera, Jorge

Ingeniero Agrónomo

Díaz Yofre, Felipe

Ingeniero Agrónomo

SECRETARÍA DE SERVICIOS PÚBLICOS - MAAySP

Rodríguez, Patricia

Abogada

MUNICIPALIDAD DE LA CIUDAD DE CORDOBA

HOSPITAL INFANTIL MUNICIPAL

Fernandez, Ricardo

Médico Cirujano, Toxicólogo infantil

AÑO CIII - TOMO DCXX - Nº 155
CORDOBA, (R.A.), MIÉRCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016

BIBLIOGRAFIA



BIBLIOGRAFIA

A

Acta Pediátrica Esp. 2006; 64: 493-502 (Sandra Giunta, Nilda Gait). Published under the joint sponsorship of the United Nations Environment Programme, the International Labour Organization and the World Health Organization, and produced within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2013. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (ASTDR, 2007). Toxicological profile for arsenic. Atlanta GA: US Department of Health and human services, public Health service

Arbuckle, T.E., Burnett, R., Cole, D., Teschke, K., Dosemici, M., Bancej, C. & Zhang, J. "Predictors of herbicide exposure in farm applicators". Int. Arch. Occup. Environ. Health 2002; 75: 406-414.

Askew, G.; Finelli, L. 1994. Boilerboisse: An outbreak of methemoglobinemia in New Jersey in 1992. Pediatrics vol 94, N° 3, Setember.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2003.

ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Case Studies Environmental Medicine (CSEM) Chromium Toxicity. Course: WB 1466 Original Date: December 18, 2008 Expiration Date: December 18, 2011

ATSDR. DRAFT TOXICOLOGICAL PROFILE FOR HEXACHLOROBENZEN). Atlanta, GA: U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, Public Health Service. 2013.

Auger et al., 2005; Johansson et al., 2002; Lebel et al., 1998; Yokoo et al., 2003; Weil et al., 2005

Australian Drinking Water Guidelines. 2011. Paper 6 National Water Quality Management Strategy. National Health and Medical Research Council, National Resource Management Ministerial Council, Commonwealth of Australia, Canberra.

B

Barbería E, Cárdenas D, Suárez M, Maroto M. Fluoruros tópicos: Revisión sobre su toxicidad. Rev Estomatol Herediana 2005; 15: 86-92.

Batch. Determination of Noncancer Chronic Reference Exposure Levels. Chronic Toxicity Summary. December 2000

Becher Quinodóz, F., Blarasin M., Bachetti R. y Morgante C. 2013. Geoquímica de relaciones aguas subterráneas-superficiales en la llanura medanosa del río Quinto y detección de atrazinas. 7º Congreso de ecología y manejo de ecosistemas acuáticos pampeanos. I:30, Río Cuarto

Bell, F. W., R. A. Lautenschlager, R. G. Wagner, D. G. Pitt, J. W. Hawkins, and K. R. Ride. "Motor-manual, mechanical, and herbicide release affect early successional vegetation in northwestern Ontario". Forestry Chronicle 1997; 73.

Bianco-Prevot, D. Fabbri, E. Pramauro, A. Morales-Rubio, M. de la Guardia, Continuous monitoring of photocatalytic treatments by flow injection. Degradation of dicamba in aqueous TiO₂ Dispersions, Chemosphere, 44, 249-255, 2001.

Bocanegra, Olga, Martinez D., Massone, H., Arsénico en aguas subterráneas: su impacto en la salud, Groundwater and human development, 2002. ISBN 987-544-063-9.

Bomben, A.M.; Palacios, M.A. 2001. 5TH Regional Congress on Radiation Protection and Safety, Recife, Brasil.

Book: Goldfrank's. Toxicologic emergencies. Fifth edition 1994

Bradberry, Sally M; Proudfoot, Alex T; Vale, J Allister. "Glyphosate Poisoning". Toxicological Reviews 2004; 23 (3): 159-167.

C

CASAFE, Guía de productos fitosanitarios para la República Argentina. Tomo I 13° Edición. 1068 pp. Edición 2015.

Campdelacreu J., Parkinson disease and Alzheimer disease: environmental risk factors. Neurología (English Edition), Volume 29, Issue 9, November–December 2014, Pages 541-549.

Castro de Esparza, M.L. 2004. Presencia de Arsénico en el agua de bebida en América Latina y sus efectos en la salud pública. III seminario internacional sobre evaluación y manejo de las fuentes de agua de bebida contaminadas con arsénico; Santiago de Chile. www.bvsde.ops-oms.or/bvsacad/arsenico/Arsenic2004/theme1/Esparza.

Chorus I. and Bartram J. Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. © 1999 WHO ISBN 0-419-23930-8.

CCME. Canadian water quality guidelines, Ottawa, Ontario. Environment Canada. Canadian Council of Ministers of the Environment. 1989.

Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, Av. Chorroarín 280 (C1427CWO), Buenos Aires, Argentina. Autora responsable: Alicia Fernández-Cirelli, Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, Av. Chorroarín 280 (C1427CWO), Buenos Aires, Argentina.

Cox, C. "Glyphosate, Part 2: Human Exposure and Ecological Pesticide Reform 1995; 15 (4): 14-20. Effects". Journal

Crespo-López, M., Herculano A., Corvelo, T., Donascimento J., Mercurio Y Neurotoxicidad, Núcleo de Medicina Tropical. Av. Generalísimo Deodoro, 92. Umarizal. 66055-240 Belém, PA, Brasil. 2005, Revista de Neurología.

Cromo en aguas subterráneas y superficiales en el entorno de una curtiembre, relación con valores de fondo natural. Elena, Córdoba. Argentina. E. Matteoda, M. Blarasin, G. Damilano, A. Cabrera y J. Giuliano Albo Matteoda, E. et al., 2009. Boletín Geológico y Minero, 120: 617-630 ISSN: 0366-0176.

CULCyT//Marzo–Abril, 2007, Año 4, No 19. Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad Dr. Mohammad H. Badii y Dr. Jerónimo Landeros 2 1. UANL, 2. UAAAN.

CULCyT//Toxicología de Plaguicidas. Cultura Científica y Tecnológica.

D

Desarrollos de Niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente, Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación, (2004).

Developmental Fluoride Neurotoxicity: A Systematic Review and Meta-Analysis Anna L. Choi,¹ Guifan Sun,² Ying Zhang,³ and Philippe Grandjean^{1,4} Key words: fluoride, intelligence, neurotoxicity. *Environ Health Perspect* 120:1362–1368 (2012). <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1104912> (Online 20 July 2012).

Dong-Soon Bae,Chris Gennings,Walter H. Carter, Jr.,Raymond S. H. Yang, and Julie A. Campain,"Toxicological Interactions among Arsenic, Cadmium, Chromium and Lead in Human Keratinocytes" *Toxicological Sciences* 63, 132–142 (2001).

E

Echenique R, Giannuzzi L, Ferrari L. Drinking water: problems related to water supply in Bahiablanca, Argentina. *Actatoxicol.Argent.* 2006; 14 (2): 2-9.

Ellen J., O'Flaherty, Brent D., Kerger, Sean M., Hays and Dennis J., Paustenbach. A "Physiologically Based Model for the Ingestion of Chromium (III) and Chromium (VI) by Humans" *Toxicological Sciences* 60, 196-213 (2001).

Environmental Protection Agency (EPA). Technical Fact Sheets on: Glyphosate. National Primary Drinking Water Regulations; 1999.

F

Falconer, I.R. 1998. Algal toxins and human health. In J. HRUBEC (ed.) *The handbook of Environmental Chemistry. Vol.5. Part C. Quality and Treatment of Drinking Water II.*Springer-Verlag Berlin Heidelberg,53-82.

Fenaroli's handbook of flavor ingredients. 6th edition. George A. Burdock, CRC Press.

Fewtrell, L. 2004. Drinking – water nitrate, methemoglobinemi, and global burden of disease: a discussion. *Environmental Health Perspective. Volume 112 oct.*

Fraser, S. Muckle, G. Despres, C. (2006). The relationship between lead exposure, motor function and behaviour in Inuit preschool children. *Neurotoxicol. Teratol.*, 28:18–27. *Nigg, J.T., Knottnerus, G.M. (2008). Low blood lead levels associated with clinically diagnosed attention-deficit/hyperactivity disorder and mediated by weak cognitive control. *Biol. Psychiatry*, 63: 325–331.

G

Garry Vincent F. "Pesticides and children". *Toxicology and Applied Pharmacology* 2004; 198: 152–163.

Gallara, R., Piazza M., Piñas, E.,Moncunill,I., Ponce, R., Endemic fluorosis in northern and northwestern rural areas in the province of Cordoba, Argentina, *Revista de Salud Pública*, (XV) 1-40-48, Junio 2011.

Giesy JP, Dobson S and Solomon KR. "Ecotoxicological Risk Assessment for Roundup Herbicide". Rev. Environm. Contam. Toxicol. 2000; 167: 35-120.

Giesy, J.P., K.R. Solomon, J.R. Coats, K.R. Dixon, J.M. Giddings and E.E. Kenaga. 1999. Chlorpyrifos: Ecological Risk Assessment in North American Aquatic Environments. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 160: 1-129.

Guidelines for drinking water quality. 4th edición. World Health Organization. 2011.

Guidelines for drinking water quality. Volume 2, Health criteria and other supporting information. WHO, Geneva, 1996.

H

Hansen C., Buteler R., Procopovich E., Pagan G., Díaz B., Gait N., Medicina M., Mezzano M., Britos S., Fulginiti S. 1999. Niveles de plomo en sangre en niños de la ciudad de Córdoba. Medicina – Volumen 59 – N° 2, 59: 167-170.

Health Effects Assessment from Boron and Compound. Environmental Protection Agency. 1987.

Hellenhorn, M & Barceloux, D. Medical Toxicology. Elsevier. 1988.

I

IARC/WHO. 2015. Monographs Volume 112: evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides.

J

Jianwei Yu, Min Yang, Tsair-Fuh Lin, ZhaohaiGuo, Yu Zhang, JunnongGu, Suxia Zhang. Effects of surface characteristics of activated carbon on the adsorption of 2-methylisobornel (MIB) and geosmin from natural water. Separation and Purification Technology 56 (2007) 363–370.

K

Knobeloch, L.; Saina, B.; Hogan, A.; popstle, J.; Anderson, H. 2000. Blue babies and nitrate – contaminated well water. Environmental Health Perspective. Volume 108 jul.

Khiari, D, Barrett, S, Chinn, R, Bruchet, A, Piriou, P, Matia, L, Ventura, F, Suffet, I.H, Gittelman, T.; Leutweiler, P. Distribution generated taste-and-odor phenomena. 2002: Awwa Research Foundation and American Water Works Association.

Knuth, M.L. and L.J. Heinis. 1992. Dissipation and persistence of chlorpyrifos within litoral enclosures. J. Agric. Food Chem. 40: 1257-1263. En: Giesy, J.P., K.R. Solomon, J.R. Coats, K.R. Dixon, J.M. Giddings and E.E.

Kenaga. 1999. Chlorpyrifos: Ecological Risk Assessment in North American Aquatic Environments. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 160: 1-129.

Kornhauser C., Wrobel K., Malacara J., Nava L., Gomez L., Gonzalez R., " Possible Adverse Effect of Chromium in Occupational Exposure of Tannery Workers". Industrial Health 2002, 40,207-213

L

Lerda Giannuzzi (et.al.) Cianobacterias y cianotoxinas: identificación, toxicología, monitoreo y evaluación de riesgo. . - 1a ed. - Buenos Aires: el autor, 2009.

Lerda and Rizzi (1991) Study of reproductive function in persons occupationally exposed to 2,4 dichlorophenoxyacetic acid (2,4 D). *Mutation Research* 262: 47-30.

Lerda, D. (2001) Identificación de trihalometanos en agua de red tratada en el sudeste de Córdoba (Argentina). *Acta bioquímica Clínica Latinoamericana*. Vol 35, 2:247-253

Lerda, D. Boro en Zona Rural de Marcos Juárez. Laboratorio de Bromatología. Municipalidad de Marcos Juárez. 1995, (no publicado).

M

Manassaram, M.; Baker, L.; Mol, D. 2006. A review of nitrates in drinking water: Maternal Exposure and adverse reproductive and developmental outcomes. *Environmental Health Perspective*. Volume 114 march.

Matteoda, E, Blarasin M., Damilano G. Cabrera A, Giuliano Albo J. Cromo en aguas subterráneas y superficiales en el entorno de una curtiembre, relación con valores de fondo natural. Elena, Córdoba. Argentina. *Boletín Geológico y Minero*, 120 (4): 617-630 ISSN: 0366-0176

McDuffie, H.H., Pahwa, P., McLaughlin, J.R., Spinelli, J.J., Fincham, S., Dosman, J.A., Robson, D., Skinnider, L.F. & Choi, N.W. "Non-Hodgkin's lymphoma and specific pesticide exposure in men: Cross-Canada study of pesticides and health". *Cancer Epidemiol. Biomark. Prev.* 2001; 10: 1155–1163.

Mercury and neurotoxicity (Mercurio y neurotoxicidad) Article in revista de neurología · January 2005 Impact Factor: 0.93 · Source: PubMed.

Metodologías usadas para la determinación de Carbofuran (2,3-dihidro- 2,2-dimetilbenzofuran-7-il metilcarbamato) en muestras de distinto origen. Castillo, Alicia E. - Rojas, Julieta M. - Monteros Solito, Ramiro I. - Nardelli, José I. - Guasch, Gabriela Química Orgánica y Biológica.

Mohammad H. Badiil y Dr. Jerónimo Landeros. CULCyT, Toxicología de Plaguicidas, Marzo-Abril, 2007.

Mónica Blarasin, Adriana Cabrera y Edel Matteoda, 2014 © UniRío editora. Universidad Nacional de Río Cuarto. editorial@rec.unrc.edu.ar - www.unrc.edu.ar/unrc/editorial.cdc ISBN 978-987-688-091-6. Primera Edición: Diciembre de 2014.

Minoria C., Cavalleri A., "Chromium in urine, serum and red blood cells in the biological monitoring of workers exposed to different chromium velency states". *Sci Total Enviroment* 1988; 71:323-327. Monograph WHO: Nitrates, nitrites, and n-nitroso compounds. 1978.

Monograph ATSDR: Nitrate/Nitrite toxicity. 2001 jan.

Mueller TC, Massey JH, Hayes RM, Main CL, Stewart CN. "Shikimate accumulates in *Conyza canadensis* L. Cronq". Journal of Chemistry 2003; 51: 680-684. both glyphosate-sensitive and Agricultural and Food glyphosate-resistant horseweed.

N

Neurología, Volumen 29, Issue 9, November–December 2014, Pages 541-549.

O

Omur-Ozbek P., Dietrich M A. Developing hexanal as an odor reference standard for sensory analysis of drinking water. Water Research 42 (2008) 2598– 2604.

P

Pacheco, J.; Canul, R.; Sansores, A. 2002. Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. Ingeniería.

Perez, Carrera, A., Moscusa, C., Grassi D., Fernandez, Cirelli A., Composición mineral del agua de bebida en sistemas de producción lechera en Córdoba, Argentina. Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, Av. Chorroarín 280 (C1427CWO), Buenos Aires, Argentina, 2006.

Pesticide Properties DataBase (PPDB) 2015. University of Hersfordshire.

Petersen R, Thomsen J., Jorgensen N., Mikkelsen S. "Chromium in Urine as Measured by Atomic Absorption Spectrometry". Clinical Chemistry, vol 28. N° 11, 1982.

Q

Quintana, E.E., Gómez, J.C., Palacios, M.A. 2003. Monitoraje radiológico ambiental en los alrededores de los Complejos mineros fabriles en Argentina. IV Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear, Lima, Perú.

S

Salud Ambiental Infantil: Manual para enseñanza de grado en escuelas de medicina. 2010. Contaminación y contaminantes del agua. Gait N., Pierotto M. 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Salud de la Nación; Organización Panamericana de la Salud. ISBN 978-950-38-0097-3.

Smith L, Boyer G, Zimba PV. A review of cyanobacterial odorous and bioactive metabolites: Impacts and management alternatives in aquaculture. Aquaculture. 2008: 280: 5–20.

Suvi Suurnakki, Gonzalo V. Gomez-Saez, Anne Rantala-Ylinen, Jouni Jokela, David P. Fewer, Kaarina Sivonen. Identification of geosmin and 2-methylisoborneol in cyanobacteria and molecular detection methods for the producers of these compounds. water Research 68 (2015) 56-66.

T

The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification: 2009. 2010. ISBN 978 92 4 154796 3

Thomas R., Koch. "Chromium in Urine as Measured by Atomic Absorption Spectrometry". Clinical Chemistry, vol 28. N° 11, 1982.

Tooby T. E. (1985). Fate and biological consequences of glyphosate in the aquatic environment". En: Gossbard E, Atkinson D. (eds.). The Herbicide Glyphosate. Butterworth and Co: London, GB; 1985: 206-217.

Tsalev, D & Zaprianov, Z. Atomic Absorption Spectrometry in Health Practice. CRC press. 1983.

U

UNSCEAR. 2000. Sources and Effects on Ionizing Radiation. Report to the General Assembly, New York: United Nation.

US Environmental Protection Agency, Ambient water quality criteria for silver. Washington, DC, 1980 (EPA 440/5-80-071).

W

Ward, M.; dekok, T.; Levallois, P.; Brender, J; Gulls, G.; Nolan, B.; Vanderslice, J. 2005. Workgroup Report: Drinking – water nitrate and health – recent findings and research needs. Environmental Health Perspective. Volume 113 nov.

Weber, J., Halsall, C., Muir, D., Teixeira, C., Small, J., Solomon, K, Bidleman, T. (2010). Endosulfan, a global pesticide: A review of its fate in the environment and occurrence in the Arctic. Science of the Total Environment, 2966–2984.

Welten, R. "Ecotoxicity of contaminated suspended solids for filter feeders (*Daphnia magna*).". Archives of Env Contam and Tox 2000; 39 (3): 315-323

Whitlow SI, Rice DL. Silver complexation in river waters of central New York. Water Research, 1985, 19:619-626).

WHO (2003). Concise International Chemical Assessment Document 50 (CICAD 50), Elemental Mercury and Inorganic Mercury Compounds: Human Health Aspects, WHO Geneva 2003.

WHO, 2003: Hexachlorobenzene in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la WHO para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza).

WHO (2011). Guidelines for drinking-water quality. 4a ed. World Health Organization. Ginebra, Suiza.

WHO (World Health Organization) (2004). Guidelines for Drinking-water Quality. 3rd Edition, WHO, Geneva, Switzerland.

WHO. Glyphosate. World Health Organization International Safety. Geneva; 1994. Program on Chemical.

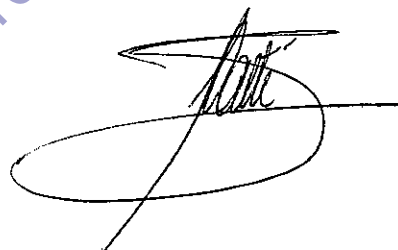
WHO. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification: 2009. 2010. ISBN 978 92 4 154796 3.

WHO/IPCS, 2004. (Amin al-Zaki et al. 1974, ATSDR 1999).

Williams GM, Kroes R, Munro IC. "Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans". Regulatory Toxicology and Pharmacology 2000; 31: 117-165.

Z

Zhongjie Wang, Renhui Li. Effects of light and temperature on the odor production of 2-methylisoborneol-producing *Pseudanabaena* sp. And geosmin-producing *Anabaena ucrainica* (cyanobacteria). Biochemical Systematics and Ecology 58 (2015) 219-226.



AÑO CIII - TOMO DCXX - N° 155
CORDOBA, (R.A.), MIERCOLES 10 DE AGOSTO DE 2016