

SISTEMA INTEGRADO PROVINCIAL de DESARROLLO, REGULACIÓN y CONTROL de SERVICIOS de AGUA y SANEAMIENTO

Anexo C:

Normas Provinciales de Calidad y Control del Agua para Consumo Humano

A todos los efectos de interpretación y aplicación de las disposiciones de esta Ley se instituyen las Normas Provinciales de Calidad y Control del Agua para Consumo Humano, conforme este Anexo C y sus Apéndices Técnicos.-

El presente documento fue elaborado en la Provincia del Chaco, con la participación de funcionarios y agentes de distintas entidades públicas provinciales; habiéndose contado en todo el proceso con la activa, generosa y fructífera colaboración de autoridades y profesionales de Universidades públicas y privadas con radicación y/o sedes en El Chaco.

Para su elaboración se partió de la recopilación de normas, procedimientos, manuales, instructivos y otros antecedentes nacionales e internacionales relacionados, su revisión y verificaciones; así como también se actualizaron pautas y criterios técnicos, incorporándose parámetros de calidad y control aplicables al territorio provincial.

La estrategia de intervención se corresponde en general con lineamientos gubernamentales de la Provincia relativos al acercamiento del Estado, sus normas y realizaciones, a las condiciones y necesidades de los diferentes territorios y de la gente que en ellos habita; así como también en relación al trabajo articulado con otros sectores de la comunidad conforme el objeto y circunstancias.

En ello ha sido muy valioso el trabajo conjunto y aportes de técnicos provenientes de organismos provinciales relacionados a los Ministerios de Salud Pública -en especial de la Dirección de Bromatología Provincial-, de Infraestructura y Servicios Públicos -en especial de la Administración Provincial del Agua-, de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial -especialmente de "Servicio de Agua y Mantenimiento Empresa del Estado Provincial"- y de Planificación, Ambiente e Innovación Tecnológica -en especial de la Subsecretaría de Ambiente-; de la Secretaría de Inversiones, Asuntos Internacionales y Promoción; de la Universidad Nacional del Nordeste, Universidad Nacional del Chaco Austral, Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Resistencia, Universidad Cuenca del Plata, Universidad Gastón Dachary-sede Resistencia; así como también de otros profesionales y técnicos de la actividad pública y privada con conocimientos sobre la temática.-

SISTEMA INTEGRADO PROVINCIAL de DESARROLLO, REGULACIÓN y CONTROL de SERVICIOS de AGUA y	
Anexo C	NORMAS PROVINCIALES DE CALIDAD Y CONTROL DEL AGUA PARA CONSUMO
Sumario	
INTRODUCCIÓN	<i>Objeto</i> <i>Información preliminar</i> <i>De la gestión y ámbito de aplicación</i> <i>Vigilancia, observancia y actualización</i>
TÍTULO I	ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO (Bebida y Preparación de alimentos)
CAPÍTULO	1.1 Características Físicas y Químicas que pueden afectar la aceptabilidad o estética del agua
»	1.2 Componentes inorgánicos que pueden afectar la salud.
»	1.3 Compuestos orgánicos que pueden afectar la salud.
»	1.4 Compuestos orgánicos de monitoreo recomendable
»	1.5 Plaguicidas, subproductos y residuos de plaguicidas
»	1.6 Desinfectantes y subproductos de la desinfección
»	1.7 Parámetros microbiológicos y desinfección del agua
TÍTULO II	CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA
CAPÍTULO	2.1 Aplicación
»	2.2 De la Toma y Preservación de Muestras
»	2.3 Diseño de un Programa de Muestreo y Análisis
»	2.4 De Métodos y Laboratorios
TABLAS	
1.1.1	Parámetros que pueden afectar la aceptabilidad o estética del agua
1.1.2	Compuestos que pueden generar sabores y olores en el agua
1.2.1	Sustancias inorgánicas que pueden afectar la salud
1.2.2	Parámetros radiactivos (Radionúclidos)
1.3	Compuestos orgánicos que pueden afectar la salud
1.4	Compuestos orgánicos de monitoreo recomendable
1.5	Plaguicidas, subproductos y residuos de plaguicidas
1.6	Desinfectantes y subproductos de la desinfección
1.7.1	Parámetros Microbiológicos
1.7.2	Concentración de cloro residual libre.
2.3.1	Frecuencia recomendada de muestreo y análisis de parámetros del agua cruda, según origen del agua y población servida.
2.3.2	Frecuencia mínima de muestreo y análisis en aguas tratadas y/o desinfectadas antes del ingreso al sistema de suministro (red de distribución u otro medio de provisión) según origen del agua y población servida
2.3.3	Frecuencia mínima y dimensionamiento de muestreo y análisis de parámetros en la red de distribución de agua, según población servida.
APÉNDICES:	
I	Acerca de valores de referencia y las normas provinciales
II	Parámetros incluidos
III	Laboratorios

SISTEMA INTEGRADO PROVINCIAL de DESARROLLO, REGULACIÓN y CONTROL de SERVICIOS de AGUA y SANEAMIENTO

Anexo C:

Normas Provinciales de Calidad y Control del Agua para Consumo Humano

INTRODUCCIÓN

Objeto

Estas normas tienen como objetivo general establecer los requisitos físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir el efluente tratado antes de su volcamiento al cuerpo de disposición final.

Información preliminar

En el orden internacional no sólo se plantea el agua como una cuestión de derecho: es indudablemente un recurso indispensable para la vida misma y, en ello, para el desarrollo humano. Mientras aumente la población habrá mayor necesidad de agua para satisfacer su creciente demanda.

Por otra parte, las soluciones de problemas del agua y del saneamiento ameritan crecientemente su tratamiento integrado. Ambas cuestiones son indispensables para evitar o reducir enfermedades y para mejorar la salud pública, la educación y productividad económica de la población.

La experiencia de la Humanidad demuestra que, entre otros factores, la falta de acceso al agua segura para bebida y preparación de alimentos (agua para consumo humano), y la exposición al agua contaminada, son problemas que generan creciente preocupación en y para las sociedades modernas; cuestiones que los países deben resolver según sus particularidades.

Al respecto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) periódicamente hace revisiones y adecuaciones a sus recomendaciones internacionales sobre valores de parámetros que caracterizan la calidad del agua para consumo.

El alcance de las “Guías para la calidad de agua potable” de la OMS está contenido en su misma denominación. Son orientaciones o recomendaciones conducentes al paulatino desarrollo de prácticas en beneficio de la salud; proporcionan valoraciones que -en ejercicio de la jurisdiccionalidad soberana de los Estados- las autoridades locales pueden utilizar como referencia para el desarrollo de reglamentos y normas, en el marco de planes de agua y saneamiento adecuados al contexto regional y territorial.

Ello significa que la elaboración e instrumentación de normas de calidad y control del agua debe reconocer condiciones y horizontes -entre lo tolerable o aceptable y lo aconsejable o ideal- propios de las características naturales de

la región, la realidad sanitaria territorial y su dinámica temporal impuesta por otras realidades de fondo, preexistentes o emergentes; entre ellos el crecimiento poblacional y su continua y creciente necesidad de cobertura de agua y saneamiento, la situación socio-económica y sanitaria de la población, sus capacidades financieras y las de los servicios.

El Código Alimentario Argentino (CAA) hace de ello y del carácter orientativo de las Guías-OMS un inteligente reconocimiento implícito: “La autoridad sanitaria competente podrá admitir valores distintos si la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieren necesario” (CAA, Capítulo XII, Arts. 982 y 983).

Acierta aquí el CAA toda vez que el conocimiento de las condiciones del territorio y sus reales situaciones sanitarias y económico-sanitarias (propias de cada jurisdicción) es clave para evaluar la aplicabilidad de criterios, recomendaciones, guías, reglas o pautas suprajurisdiccionales en esta materia.

Esta estrategia es, por otra parte, la vía de acción razonable por la cual realmente se posibilite en cada territorio provincial la aplicabilidad de reglas y pautas nacionales al respecto, conforme a condiciones objetivas que responden a situaciones sanitarias propias.

Todos los elementos ambientales y sociales están fuertemente interrelacionados y condicionados entre sí y, por tanto, estudiarlos y resolverlos requiere enfoques, políticas y programas multisectoriales y multidisciplinarios y de acciones integradas transversales.

En esta línea se inscriben el sentido y las razones que fundamentan la evaluación provincial sobre la aplicabilidad de aquellas recomendaciones, sugerencias o guías, conforme a propios análisis de decisión; es decir, siguiendo un proceso local que proporcione un marco lógico situado, para la toma de decisiones sanitarias apropiadas, considerando ventajas-desventajas, costo-beneficio y otros aspectos de distintas alternativas posibles.

Corresponde en consecuencia a las autoridades jurisdiccionales pertinentes establecer y regular las condiciones que debe cumplir el agua para consumo humano; para lo cual el Estado Provincial tiene atribuciones para tomar en consideración aquellas guías o recomendaciones, su pertinencia, oportunidad y mérito, en el marco de su desarrollo sanitario local y particularidades sociales, geográficas y económico-financieras inmanentes.

En orden a ello, se han adoptado en la Provincia criterios y recomendaciones emergentes de un pormenorizado trabajo interjurisdiccional, interinstitucional e interdisciplinario. El cuerpo normativo incluye:

- a) La calidad del agua de consumo suministrada por los servicios de abastecimiento público, sean de gestión privada o pública; y
- b) El control sanitario que debe efectuarse sobre dicha agua.

Estas normas estipulan estándares de calidad del agua para consumo humano y pautas de procedimientos técnicos y administrativos para su control.

Incluye asimismo apéndices referidos a valores de referencia (Ap. I), parámetros normados (Ap. II) y laboratorios de análisis de agua (Ap. III).

Sobre el particular, dado que el control de calidad del agua de consumo humano es un permanente desafío que requiere de laboratorios de análisis específicamente equipados y personal técnico-profesional idóneo y sujeto a entrenamiento y capacitación, estas Normas provinciales también enuncian condiciones técnicas mínimas que deben reunir, cumplimentar y certificar los laboratorios, como prestadores de servicios a la comunidad; en aras de organizar e integrar un sistema provincial de control de calidad de estas aguas.

Asimismo, la norma reconoce acepciones de accesibilidad al agua, dadas en el ámbito de la Organización de Naciones Unidas (ONU), que consideran como fuentes de agua segura, tanto a los “servicios de agua por tubería”: conexiones por tubería en una vivienda, parcela o patio (redes domiciliarias); como a “otras fuentes mejoradas protegidas de la contaminación exterior”: fuentes o grifos públicos, pozos entubados o perforados, pozos excavados cubiertos, recolección de agua de lluvia, y otras fuentes protegidas.

Al respecto la norma incorpora niveles de calidad y controles pertinentes para todo suministro que constituya servicio público de agua por tubería u otras fuentes mejoradas protegidas de la contaminación exterior; incluyendo en éstas los suministros con cisternas, servicios de agua disponible para retiro y otros servicios públicos sin red domiciliaria.

Este conjunto conforma las **Normas Provinciales de Calidad y Control del agua para Consumo Humano** (bebida y preparación de alimentos)

Las mismas son concordantes con el Código Alimentario Argentino (CAA) del que, fundamentalmente, constituyen en la Provincia una instancia superadora en orden a: contenido de más parámetros, gradualidad de aplicación y aplicabilidad misma en el territorio provincial.

Los componentes (elementos, compuestos, sustancias o iones) no contemplados en este cuerpo, y que conforme las circunstancias resulten de interés analítico, habrán de ser resueltos tomando en consideración la aplicabilidad territorial de pautas o recomendaciones del CAA o, en su defecto, criterios o guías de salud ambiental en el orden internacional.-

Disposiciones especiales

- a) La Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento (ADRYC), responsable de vigilancia y verificación de la norma, guardará su interacción de consulta con el Comité Técnico de Revisión y Actualización (CTRA) en las situaciones que la norma estipula.
- b) La revisión y actualización quinquenal de las Normas Provinciales de Calidad y Control del agua para Consumo Humano se sustentará en

informes del Comité Técnico de Revisión y Actualización (CTRA) que la Ley instituye.

- c) El temperamento de este dispositivo normativo provincial es válido para la prestataria responsable del suministro y/o distribución, para las autoridades encargadas de su vigilancia, así como también para las autoridades en capacidad de facilitar los medios para su aplicación y mejoramiento; de modo especial en orden a las siguientes disposiciones:
1. Para aquellos parámetros cuyos valores exceden los valores máximos permitidos (VMP) que la norma establece, el prestador del servicio en cuestión presentará a la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento un plan de adecuación especial con programas y medidas de mitigación o remediación para adecuarse progresivamente a los niveles estipulados. La referida presentación, con proyectos y presupuestos concretos, deberá hacerse en un plazo máximo que en cada caso acordará formalmente el prestador con la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios. Las presentaciones realizadas y documentaciones pertinentes serán analizadas evaluadas y resueltas por la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento, previo informe del Comité Técnico de Revisión y Actualización (CTRA).
 2. Para aquellos parámetros que la norma no contemplare, y que generen riesgos a la salud, la prestataria del servicio de agua y saneamiento -de gestión pública o privada, sea ésta una persona física o jurídica-, siguiendo similar procedimiento que el señalado en el caso anterior, acordará la factibilidad de un plan de adecuación especial, las medidas de mitigación o remediación o, eventualmente, el cierre de la fuente.
 3. En cualquiera de las anteriores situaciones planteadas, cuando no existiere otra fuente de suministro de agua con la cual se pueda satisfacer o morigerar la problemática se solicitará el acompañamiento del Ministerio de Salud Pública de la Provincia en orden a la consideración de medidas y/o acciones factibles para la mitigación/remediación, evaluación de sus alcances, y en las gestiones del prestador para solucionar el problema.
 4. Cuando haya algún parámetro cuyo valor permanente se encuentre entre el valor aconsejable (VA) y al valor máximo permitido (VMP) el prestador del servicio en cuestión incluirá en sus planes de inversión la estrategia para alcanzar el objetivo de VA en niveles apropiados al parámetro en cuestión; involucrando en ello el compromiso de autoridades de la localidad servida, así como también el de la comunidad beneficiaria del servicio y de las mejoras a alcanzar.-

.....

SISTEMA INTEGRADO PROVINCIAL de DESARROLLO, REGULACIÓN y CONTROL de SERVICIOS de AGUA y SANEAMIENTO

Anexo C:

Normas Provinciales de Calidad y Control del Agua para Consumo Humano

TÍTULO I

ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

La expresión “agua segura” es una denominación genérica del agua apta para ser utilizada para bebida y preparación de alimentos, tanto a nivel doméstico o domiciliario como comercial, de servicios e industrial.

Sus características químicas refieren a parámetros de esta naturaleza, sean inorgánicos -incluyendo radiactivos- u orgánicos. Sus características físicas y biológicas remiten a aspectos de calidad de su fuente, y de procesos a los que es sometida el agua: captación, tratamiento, distribución, almacenamiento (incluso domiciliarios).

Los fundamentos implícitos en los procesos de establecimiento de rangos de estándares de calidad del agua parten de información científica específica que a nivel mundial se ha estado generando, durante varias décadas, para cada una de las principales sustancias ambientales a las cuales más frecuentemente se exponen a diario las personas.

Una vez que ha sido rigurosamente procesada dicha información, se obtiene una detallada y extensa descripción de datos sobre relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta de las sustancias, así como datos sobre la relación cuantitativa entre exposición y efectos expresados en magnitud y gravedad. Esta información se consolida en publicaciones con el apelativo de *criterios de salud ambiental*; los que representan una base científica.

En particular, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otras agencias internacionales y nacionales, adoptan los criterios como mensajes prácticos bajo la forma de *guías o recomendaciones*, ordenados como *valores de referencia* (V. Apéndice I) o *pautas* hacia las cuales habría que converger reglamentariamente según resuelvan autoridades jurisdiccionales pertinentes, conforme las respectivas circunstancias de organización política y de administración de Gobierno, teniendo en cuenta características y condiciones naturales, de desarrollo sanitario, socioeconómicas y financieras, entre otros factores territoriales.

Las pautas refieren a concentraciones ambientales y/o dosis de exposición que pueden ser adoptadas en los países y regiones como *normas* por las autoridades jurisdiccionales pertinentes.

En materia de calidad del agua para consumo humano aquellas pautas se conjugan con las de su aplicabilidad en la gestión concreta, pudiendo ser asumidas como tales o modificadas a niveles menos exigentes en base a una variedad de antecedentes locales relacionados, entre otros, a la composición normal del agua en los distintos territorios y a las capacidades técnicas, tecnológicas, administrativas, socioeconómicas y financieras locales.

La función de los valores de referencia es guiar la interpretación de los datos de monitoreos y análisis; y al mismo tiempo orientar la gestión de valores de calidad, entre lo ideal o aconsejable y lo tolerado o aceptable.

Ningún valor de referencia establecido o a establecer obliga a asumir tal valor sin más, ni a realizar monitoreos sistemáticos de calidad mediante análisis de laboratorios en base a tales referencias.

Por el contrario, se reafirma que la formulación e implementación de normas de calidad y control del agua debe reconocer horizontes y condiciones propias de las características naturales de la región, la realidad sanitaria territorial y su dinámica temporal impuesta por otras realidades de fondo, preexistentes o emergentes; entre ellos el crecimiento poblacional y su continua y creciente necesidad de cobertura de agua y saneamiento, la situación socio-económica y sanitaria de la población, sus capacidades financieras y las de los servicios.

Por ello es que el Código Alimentario Argentino (CAA) hace de ello y del carácter orientativo de las guías de la OMS un reconocimiento implícito, dando cuenta de la no inexorabilidad de sus pautas ante la variabilidad zonal de la composición del agua en el país y otras condiciones y condicionamientos inmanentes a cada territorio provincial.¹

El CAA asume que el conocimiento de las condiciones naturales del territorio y de las reales situaciones sanitarias y económico-sanitarias que les son propias a cada jurisdicción es la estrategia de base clave para evaluar la aplicabilidad de criterios, recomendaciones, guías, reglas o pautas suprajurisdiccionales en esta materia.

Tal estrategia requiere considerar una multiplicidad de factores, por cuanto las normas y la regulación sanitaria son parte integrante de un conjunto mayor de instrumentos que participan en la gestión del agua y del ambiente; e involucran a muchas de las funciones esenciales de la política sanitaria vinculada a la salud pública.

¹ . Código Alimentario Argentino, Capítulo XII, Arts. 982 y 983.-

La preocupación primordial de la Políticas Sanitarias son los servicios y programas sanitarios. Las instituciones gubernamentales territoriales son las que definen tales políticas a través de directrices oficiales que ordenan prioridades y parámetros de actuación como respuesta a la situación sanitaria territorial y necesidades de salud, a los recursos disponibles y a otras presiones y necesidades propias de cada jurisdicción.

En este marco, a todos los fines de la presente, para los parámetros que inciden en la calidad del agua de consumo humano se establecen las siguientes categorías de valores límites: Aconsejable (VA) y Máximo Permitido (VMP), según define la Ley en su Anexo A.

Los valores de tablas se corresponden con los textos desarrollados en el Apéndice II (Parámetros incluidos).

La parte descriptiva y el valor tabulado guardan correspondencia entre sí, formando un solo cuerpo: textos y valores tabulados en conjunto es la regla o norma para cada sustancia, compuesto o componente.

Según el caso, éstos pueden presentar entre uno y dos valores: Aconsejable (VA) y/o Máximo Permitido (VMP). Cuando para determinados parámetros de las tablas que integran el presente Título no se haya establecido alguno de sus valores, queda indicado con un guión (-).

Los valores estipulados no se entenderán como absolutamente rígidos. Deben ser cuidadosamente considerados en el contexto regional y provincial, teniendo en cuenta que es imposible satisfacer con una norma todas las situaciones que se pueden presentar en sistemas de captación, conducción, tratamiento y distribución de agua segura; los que difieren en aspectos naturales, económicos, geográficos, culturales y sociales, ente otros.

Las sustancias específicas y productos comerciales que se empleen en los procesos de tratamiento del agua para consumo humano deberán estar autorizados por los organismos competentes.-
--

Los valores normados se fundamentan dentro de estos lineamientos generales; y entre sus fines se consideran los siguientes:

- Contribuir a la formación de criterio de profesionales vinculados al tema, para facilitar la implementación de esta norma, conforme al contexto regional y provincial; y
- Otorgar previsibilidad jurídica, bajo el punto de vista de calidad de agua exigible, para el desarrollo de inversiones públicas y/o privadas en el marco de un plan provincial de agua y saneamiento.-

DESARROLLO

1.1 Características físicas y químicas que pueden afectar la aceptabilidad o estética del agua

El agua para consumo humano debe tener aspecto, sabor y olor aceptables en general.

Los indicadores de calidad perceptibles por receptores humanos -sabor, olor, color, turbiedad, capas o espuma en la superficie, otros-, son comúnmente conocidos como *propiedades organolépticas* del agua.

Las siguientes Tablas 1.1.1 y 1.1.2 se corresponden con los parámetros que se describen en Apéndice II:

Tabla 1.1.1 Parámetros que pueden afectar la aceptabilidad o estética del agua.

Parámetro	Unidad de Medida	Valor límite	
		Aconsejable (VA)	Máx. Permitido (VMP)
Aluminio (Al)	mg/L	–	0,9
Cloruros (Cl ⁻) (a)	mg/L	350	400
Cobre (Cu)	mg/L	–	2
Color (a)	U.C. (esc Pt-Co)	5	10
Detergentes (a)	mg/L	–	0,5
Dureza (CO ₃ Ca) (a) (b) (c)	mg/L	400	500
Etilbenceno (d)	µg/L	–	300
Hierro(Fe) (e)	mg/L	0,3	0,8
Manganeso (Mn) (e) (f)	mg/L	0,1	0,4
Monoclorobenceno (d)	µg/L	–	120
pH (a)	Unidades	6,5 – 8,5 (pH sat.: ± 0,2)	6,5 – 8,5 (pH sat.: ± 0,5)
Sabor y Olor	-	No ofensivo para la mayoría de los usuarios (Ver tabla 1.1.2)	
Sodio (Na ⁺)	mg/L	50	200
Sólidos Disueltos (b)	mg/L	600	1500
Sulfatos (SO ₄ ⁼) (g)	mg/L	250	500
Turbiedad o Turbidez (h)	UNT	1	3
Zinc o Cinc (Zn)	mg/L	3	5

REFERENCIAS de Tabla 1.1.1:

(a) La OMS (4° Ed- 2018) no ha derivado un valor guía específico en agua potable en base a efectos en salud.

- (b) Para evitar percepción de cierta agresividad del agua es recomendable que su dureza y cantidad de sólidos disueltos estén por encima de un cierto valor mínimo: 40 mg/L y 50 mg/L respectivamente.
- (c) No siempre es posible alcanzar los valores deseados para todos los parámetros. Por ejemplo, el pH de las aguas duras no se puede aumentar demasiado o se producirá ablandamiento. La aplicación de cal y dióxido de carbono a aguas blandas puede utilizarse para aumentar tanto la concentración de calcio y la alcalinidad a al menos 40 mg/L como carbonato de calcio. Debe tenerse en cuenta que las aguas habitualmente conocidas como “blandas” (dureza menor a 100 mg/L), pueden tener una baja capacidad de amortiguación del pH y ser más corrosivas para las tuberías de agua (OMS, 2018)
- (d) El valor estipulado es un límite en base a efectos en la salud. No obstante, mínimas concentraciones pueden afectar la aceptabilidad del agua por parte del consumidor; por lo que bajo este punto de vista es recomendable la ausencia de clorobenzenos, clorofenoles e hidrocarburos bencénicos en general.
- (e) Cuando las concentraciones de Fe y/o de Mn superen sus respectivos valores aconsejables (VA), siempre que no se sobrepase el máximo permitido (VMP), se podrán usar *quelantes* para evitar problemas de color, turbidez y sabor.
- (f) Para evitar depósitos en paredes de instalaciones y eventuales desprendimientos posteriores, es conveniente que el agua no alcance el VMP más que en forma circunstancial, ocasional.
- (g) En particular, los umbrales de sabor están comprendidos dentro de las siguientes concentraciones según sea el catión predominante (Na, Ca o Mg) asociado al ión sulfato (SO₄=): Sulfato de Sodio: 200 a 250 mg/L, Sulfato de Magnesio: 400 a 600 mg/L y Sulfato de Calcio: 250 a 900 mg/L. Lo importante es que el agua no resulte de sabor ofensivo o sea rechazada por los usuarios, ni se informen efectos fisiológicos perjudiciales en los mismos.
- (h) UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad o Turbidez. Hasta una unidad (1 UNT) la turbiedad no es perceptible para la mayoría de usuarios; puede observarse inicialmente a simple vista por encima de aproximadamente 4,0 NTU (OMS, 2018).

Valores de turbidez ≤ 1 UNT potencian la eficacia de la desinfección del agua. Así, por ejemplo, un valor de Turbiedad $\leq 0,5$ UNT puede facilitar la remoción de enterovirus, quistes de Giardia o de Cryptosporidium en procesos de potabilización con tratamiento con filtración rápida.

En general, en el caso de fuentes expuestas a contaminación (cloacal sobre todo) es recomendable que el agua tratada y liberada al consumo tenga una Turbidez $\leq 0,5$ UNT.

Valores de turbiedad ≤ 3 UNT no son en general objetables bajo el punto de vista higiénico.

Valores ocasionalmente superiores al valor máximo permitido (VMP) no justifican de por sí el rechazo del agua, si su origen -cuidadosamente evaluado- no implica riesgos para la salud.

Para juzgar un agua de turbiedad elevada deben simultáneamente considerarse otros parámetros, entre ellos y principalmente el resultado de análisis biológicos.

La Tabla 1.1.2 presenta información de origen o fuente, incidencia en sabor/olor y umbrales de percepción o detección sensorial de sustancias que se describen en Apéndice II:

Tabla 1.1.2 Compuestos que pueden generar sabores y olores en el agua

Compuesto	Fuente	Sabor y Olor	Umbral de percepción
Amoniaco	Desinfección con cloramina. Procesos metabólicos. Productos de limpieza	Característico de amoniaco	Olor 1,5 mg/L; Sabor 35 mg/L
Cloraminas	Desinfección del agua	Cloro	0,28 mg/L ^a
Cloro			0,6 mg/L ^b
2-clorofenol	Cloración con fenoles	Medicinal	Olor 10 µg/L ^c Sabor 0,1 µg/L ^c
2,4-diclorofenol			Olor 40 µg/L ^c ; Sabor 0,3 µg/L ^c
2,4,6-triclorofenol			Olor 300 µg/L ^c ; Sabor 2 µg/L ^c

Etilbenceno	(Hidrocarburo bencénico. Ver Sección 1.4)		Olor 2 a 130 µg/L ^c ; Sabor 72 a 200 µg/L ^c
Geosmina	Actinomicetos, Cianobacterias	Tierra	< 0,00001 mg/L ^d
2-Metilisoborneol		Moho (humedad)	< 0,00001 mg/L ^d
Monoclobenceno	(Comp. orgánico descrito en Sección 1.3)		Olor 40 a 120 µg/L ^c ; Sabor 10 a 20 µg/L ^c
Sulfuro de hidrógeno	Bacterias anaeróbicas	Huevo putrefacto	0,05 a 1 mg/L ^c
Tolueno	(Hidrocarburos bencénicos. Ver Sección 1.4)		Olor 0,024 a 0,17 mg/L ^c ; Sabor 0,04 a 0,12 mg/L ^c
Xileno			0,02 a 1,8 mg/L ^c
n-hexanal	Algas flageladas (Ceratium, Hirundinella)	Pescado	0,0008 mg/L ^f
2-trans, 4cis, 7cis-decsatrienal	Cianobacterias		0,025 mg/L ^e

REFERENCIAS de tabla 1.1.2:

- (a) Khiari, D, 2002.
- (b) OMS, 2004.
- (c) OMS, 2018 .
- (d) OMS, 1999.
- (e) Omur-Ozbek, 3t.al., 2008.
- (f) Fenaroli's handbook of flavor ingredients. 6 Edition.

Deben controlarse las sustancias indicadas en anterior Tabla 1.1.2; cuya presencia, por encima de sus respectivos umbrales de percepción, puede generar episodios de sabor y olor que provoquen alarmas o quejas de usuarios.

1.2 Componentes inorgánicos que pueden afectar la salud.

Las Tablas 1.2.1 y 1.2.2 contienen valores admitidos para las sustancias y compuestos descritos en Apéndice II:

Tabla 1.2.1 Sustancias inorgánicas que pueden afectar la salud

Parámetro	Valor límite (mg/L)	
	Aconsejable (VA)	Máx. Permitido (VMP)
Antimonio (Sb)	-	0,02
Arsénico (As)	0,01	0,05
Bario (Ba)	0,7	1
Boro (B)	-	2,4
Cadmio (Cd)	0,003	0,005
Cianuro (CN ⁻) (a)	0,1	0,2
Cromo total (Cr)	-	0,05
Fluoruro (F ⁻) (b)	0,7 a 1,1	1,5
Mercurio inorg. (Hg)	-	0,006
Molibdeno (Mo)	-	0,07

Nitrato (NO ₃ ⁻) (c)	-	50
Nitrito (NO ₂ ⁻) (c)	-	3
Nitrógeno (N) (d)	-	1
Níquel (Ni)	-	0,07
Plata (Ag)	-	0,1
Plomo (Pb)	0,01	0,05
Selenio (Se)	-	0,04

REFERENCIAS de Tabla 1.2.1:

- (a) La OMS (4° Ed 2018) no ha derivado un valor guía específico en agua potable en base a efectos en salud.
- (b) En virtud de que el consumo de agua es normalmente variable con la temperatura ambiente, la concentración admitida de F⁻ en agua potable puede variar -incluso estacionalmente- con el régimen de temperaturas (T°) de la zona. La norma toma como referencia las correspondientes a las localidades de Resistencia (Ciudad de mayor población y Capital de la provincia) y Roque Sáenz Peña (Segunda ciudad en importancia demográfica, ubicada a 157 km al WNW de la anterior).
- Las temperaturas mínima media, media y máxima media anuales en Resistencia son 15,6°C, 21°C y 27°C respectivamente; las de Roque Sáenz Peña son de 16,2°C, 21,4°C y 27,8°C, en el mismo orden. Las temperaturas en todo el territorio, en general se acrecientan en dirección WNW.
- Los valores consignados en la Tabla 1.2.1 son mínimos y máximos referenciales aproximados, correspondientes a las T° media anual y T° media máxima anual de ambas ciudades. El valor máximo permitido (VPM) considera el valor de referencia de la OMS.
- (c) Dado que NO₃⁻ y NO₂⁻ pueden estar simultáneamente presentes en agua de bebida, se establece que la suma de sus razones en relación a sus respectivos valores tabulados no debe superar la unidad; es decir: $\frac{NO_3}{50} + \frac{NO_2}{3} \leq 1$.
- (d) Excluido el N en forma de nitratos y nitritos.

Parámetros radiactivos (Radionúclidos)

Se exigirá la investigación de parámetros radiactivos cuando se presuma la existencia de radiactividad (natural o artificial).

Tabla 1.2.2 Parámetros radiactivos (Radionúclidos).

Radiactividad /Parámetro (a)	Unidades de medida de Radiactividad	Valor Máximo Permitido (VMP)
Alpha Global	pCi/L (a)	15 (Equivalente a dosis anual)
	Bq/L (b)	0,1
Beta Global		1
Actividad partícula beta y fotones	Mrem/año ©	4 (Equivalente a dosis anual)
Radio 226 y 228	pCi/L	5 (Equivalente a dosis anual)
Uranio 238 (U ²³⁸)	Bq/L	10
Uranio 234 (U ²³⁴)	Bq/L	1

REFERENCIAS de Tabla 1.2.2:

- (a) picocuries/L. Equivalencias: 1 curie (1Ci) equivale a 37 x 10⁹ Bq (becquerels).

(b) bequerel o bequerelio/L (1 Bq equivale a 1 desintegración nuclear/seg)

(c) milirem/año

1.3 Compuestos orgánicos que pueden afectar la salud

La Tabla 1.3 contiene valores admitidos para los componentes que se describen en Apéndice II:

Tabla 1.3 Compuestos orgánicos que pueden afectar la salud

Parámetro	Valor límite (µg/L)	
	Aconsejable (VA)	Máx. Permitido (VMP)
Aceites y grasas	(ausencia)	
2 Etilxil ftalato	-	8
1,4 Dioxano	-	50
Acido edético (EDTA) (a)	-	600
Acido Nitrilo Triacético (NTA)	-	200
Acrilamida (b)	-	0,5
Epiclorhidrina (b)	-	0,4
Hexaclorobutadieno (HCBd)	-	0,6
Tricloroetileno (TCE) (c)	-	30
Benceno y Alquilbenceno		
Benceno (Alquilbenceno)	10	
Alcanos Clorados		
1,2 Dicloroetano	-	30
Diclorometano	-	20
Tetracloruro de Carbono	-	4
Alquenos Clorados		
1,1 Dicloroetano (c)	0,3	7
1,2 Dicloroetano	-	50
Tricloroetano	20	30
Tetracloroetano	40	
Cloruro de Vinilo	0,3	2
Clorobencenos (d)		
Monoclorobenceno	-	300
1,2 Diclorobenceno (1,2 DCB)	-	1.000
1,4 Diclorobenceno (1,4 DCB)	-	300
Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (V. Tabla 1.4)		

REFERENCIAS de Tabla 1.3:

(a) EDTA como ácido libre.

(b) Estos compuestos se investigarán en aguas en las que se apliquen poliaminas o poliamidas en concentraciones tales que el monómero pueda superar el límite vigente.

- (c) No se ha derivado por parte de la OMS (2018) un valor guía específico en agua potable en base a efectos en salud.
- (d) El valor estipulado en cada caso es un límite en base a efectos en la salud. No obstante, mínimas concentraciones pueden afectar la aceptabilidad del agua por parte del consumidor; por lo que bajo este punto de vista es recomendable la ausencia de cualquier clorobenceno.

1.4 Compuestos orgánicos de monitoreo recomendable

Dado que en el agua es posible la presencia de compuestos cuyos efectos no están completamente estudiados, y sobre los que se considera podrían tener consecuencias en la salud, es especialmente recomendable el control de los siguientes compuestos orgánicos en áreas o zonas donde se sospeche su presencia y/o sea indicado o sugerido por la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento:

Tabla 1.4. Compuestos orgánicos de monitoreo recomendable

Compuestos	Máximo Permitido (VMP) en µg/L
<i>Hidrocarburos</i>	
Totales	700 (a)
<i>Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP)</i>	
HAP Totales	0,7
Benzo(α)pireno (b)	
<i>Hidrocarburos Bencénicos (c)</i>	
Etilbenceno	300
Estireno	20
Tolueno	700
Xilenos	500

REFERENCIAS de Tabla 1.4:

- a) La sumatoria (en µg/L) de cada uno de los hidrocarburos presentes no debe superar este total.
- b) Una concentración significativa de benzo[α]pireno en el agua podría indicar la presencia de partículas de alquitrán, que pueden proceder de revestimientos de tuberías muy deteriorados u otros orígenes.
- c) El valor estipulado en cada caso es un límite en base a efectos en la salud. No obstante, mínimas concentraciones pueden afectar la aceptabilidad del agua por parte del consumidor; por lo que bajo este punto de vista es recomendable la ausencia de cualquier hidrocarburo bencénico.

1.5. Plaguicidas, subproductos y residuos de plaguicidas

Algunos plaguicidas o fito-domisaniarios de la siguiente Tabla 1.5 no se fabrican en la República Argentina y/o son de uso prohibido en todo país.

No obstante se los incluye porque debe ser continuado su control mediante análisis de aguas y suelos, debido a su amplio uso previo a que fueran prohibidos, dado que ciertos plaguicidas, sus subproductos y/o residuos

eventualmente pueden permanecer encapsulados en estructuras vegetales de reserva, o bien perdurar en sedimentos y/o acuíferos, durante algún tiempo:

Tabla 1.5. Plaguicidas, subproductos y residuos de plaguicidas

Parámetro	Valor límite (µg/L)	
	Aconsejable (VA)	Máx. Permitido (VMP)
Alaclor	-	20
Aldicarb	-	10
Aldrín + Dieldrín	-	0,03
AMPA (a)	-	700
Atrazina o Atrazine	-	100
Bentazón	-	500
Carbofurán	7	40
Cipermetrina (a)	20	50
Clordane o Clordano	0,2	0,3
Clorotolurón	-	30
Clorpirifós	-	30
Cyanazine o Cianazina	-	0,6
2,4 D (2,4 - ácido diclorofenoxiacético)	30	100
2,4 DB (4 - (2,4 - diclorofenoxi) butírico ácido)	-	90
DDT	-	1
1,2- Dibromo - 3 - cloropopano (DBCP)	-	1
1,2- Dibromoetano	-	0,4
Dicamba (a)	-	120
1,2- Dicloropropano (1,2 -DCP)	-	40
1,3 – Dicloropropeno	-	20
Diclorprop (2,4-DP)	-	100
Dimetoato	6	20
Endosulfán o Thiodán (a)	-	20
Endrín	-	0,6
Fenoprop [ácido 2-(2,4,5-triclorofenoxi) propiónico]	-	9
Gamma-HCH (Lindano)	2	3
Glifosato + AMPA (a)	-	700
Heptacloro + Heptacloroepóxido (a)	0,1	0,4
Hexaclorobenceno o HCB	0.05	1
Isoproturón	-	9
Lambda cialotrina (a)	-	10
Malatión (a)	35	190
MCPA [ácido 4-(2-metil-4-clorofenoxi) acético]	-	2
Mecoprop	-	10
Metil Paratión (a)	-	7
Metolacoloro	10	50
Metoxycoloro o Metoxicloro	20	30
Molinato	-	6

Paraquat o Paracuat (a)	-	10
Paratión (a)	-	35
Pendimethalin o Pendimetalín	-	20
Simazine o Simazina	-	2
2,4,5-T (ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético)	-	9
Terbutilazina	-	7
Trifluralina o Trifluralín	-	20

REFERENCIA de Tabla 1.5:

(a) La OMS (2018) no ha derivado un valor guía específico para agua potable en base a efectos en salud.-

1.6. Desinfectantes y subproductos de la desinfección

La Tabla 1.6 ordena valores aconsejables y máximos permitidos para los siguientes compuestos:

Tabla 1.6 Desinfectantes y subproductos de la desinfección

Parámetro	Valor límite (µg/L)	
	Aconsejable (VG)	Máx. Permitido (VMP)
Bromato	-	10
Clorato	700	1.000 (a)
Clorito	700	
Cloruro de cianógeno	-	600
Dicloroacético (ADCA)	-	50
Dióxido de cloro	-	800 (a) (b)
Formaldehído (c)	900	2600
Monocloroacético	-	20
Tricloroacetaldehído (Hidrato de cloral)	10	100 (b)
Clorofenoles (d)		
2,4,6 – Triclorofenol	-	200
Pentaclorofenol o PCF	-	10
Haloacetónitrilos o Acetónitrilos halogenados		
Dicloroacetónitrilo	-	20
Dibromoacetónitrilo	-	70
Tricloroacetónitrilo	-	30
Trihalometanos (THM)		
Trihalometanos (THM) total:	(e)	
- Bromodiclorometano (BDCM)	-	60
- Bromoformo	-	100
- Cloroformo	-	300
- Dibromoclorometano (DBCM)	-	100

REFERENCIAS de Tabla 1.6:

(a) Las concentraciones de clorito y dióxido de cloro en el agua para consumo humano pueden ser habitualmente algo mayores o algo menores a las indicadas.

- (b) En OMS (2018) no se ha derivado un valor guía específico en agua potable en base a efectos en salud.
- (c) Debido a la alta reactividad del formaldehído, los efectos en el tejido del primer contacto después de la ingestión tienen más relación con la concentración del formaldehído consumido que con su ingesta total. Para efectos histopatológicos en la mucosa oral y gástrica en animales de laboratorio a los que se les ha administrado formaldehído, se ha establecido una concentración tolerable de 2600 µg/L para el formaldehído ingerido en base a un NOEL de 260 mg/L, en su agua de consumo durante 2 años, usando un factor de incertidumbre de 100 (para interespecies y variación intraespecie). En general la concentración de formaldehído en aguas de consumo está muy por debajo de los valores que pueden afectar la salud (OMS 2018)
- En vista de la diferencia significativa en lo esperado entre concentraciones de formaldehído en el agua potable y la concentración tolerable, la OMS (2018) no ha considerado necesario establecer un valor de referencia formal para este parámetro.
- (d) El valor estipulado en cada caso es un límite en base a efectos en la salud. No obstante, mínimas concentraciones pueden afectar la aceptabilidad del agua por parte del consumidor; por lo que, bajo este punto de vista, es recomendable la ausencia de clorofenoles.
- (e) La sumatoria de las razones de concentración de cada trihalometano presente en el agua con sus respectivos valores límites estipulados no debe exceder a 1 (uno). O sea: $\sum (C / VT) \leq 1$.

1.7 Parámetros microbiológicos y desinfección del agua

1.7.1 Parámetros microbiológicos

Bajo el punto de vista microbiológico, los parámetros microbiológicos de las aguas para consumo humano no deberán superar los valores máximos permitidos (VMP) que se indican en Tabla 1.7.1:

Tabla 1.7.1 Parámetros Microbiológicos

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS (a)		
Parámetro	Técnica analítica	Máx. Permitido (VMP)
<i>Coliformes totales</i>	NMP	≤ 3
<i>Escherichia coli</i>	Presencia / Ausencia	Ausencia en 100 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
<i>Bacterias heterótrofas aerobias mesófilas</i>	Recuento en Placa	<500 UFC/ml

REFERENCIA de Tabla 1.7.1:

- (a) En el periodo de un año, el 80 % de los resultados de los análisis deben cumplir con estipulaciones de esta tabla. No obstante, toda vez que se exija "ausencia", la misma debe darse en el 95% de las muestras analizadas (OMS).

En función de resultados de análisis de estos parámetros microbiológicos, complementariamente el prestador evaluará otros agentes microbiológicos que correspondieren según al caso; sin perjuicio de otras indicaciones y/o ensayos que pudiere sugerir o exigir la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento conforme estas normas de calidad y control.

En cada técnica de la anterior Tabla 1.7.1 se pueden usar sustratos tradicionales o sustratos-enzimas aprobadas por entidad internacional reconocida y relacionada con la calidad del agua potable.

Antes de cada toma de muestra para análisis microbiológico se deberá medir *in situ* el cloro residual presente en el agua a examinar y los frascos estériles que se utilicen para esta tarea, deberán contener un inhibidor de cloro residual.

La Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento podrá exigir el análisis de otros parámetros microbiológicos en base a criterios sanitarios derivados, entre otros aspectos, de inspecciones, brotes epidemiológicos y/o informes de resultados.-

1.7.2 Desinfección del agua

Toda agua destinada al consumo humano, con o sin tratamiento previo, debe obligatoriamente ser sometida a desinfección.-

Si para desinfectar el agua se practicare la cloración, se debe analizar frecuentemente la concentración de cloro (Tabla 1.7.2) su tiempo de contacto con el agua y el pH de ésta:

Tabla 1.7.2 Concentración de cloro residual libre.

LUGAR DE MEDICIÓN (respecto al punto de inyección de Cl)	Valores sugeridos (mg/L) (a)
A. En ingreso del agua a vivienda más próxima	Máx: 5
B. En ingreso del agua a vivienda más alejada y final de red. (b)	Mín: 0,5
C. En general, en sectores donde exista mayor riesgo de contaminación bacteriológica; y particularmente en partes del sistema de tratamiento, almacenamiento y/o distribución (cualquiera sea el medio en que el agua llegue al usuario) ante situaciones extraordinarias o estacionales u ocasión, de o en las que pueda resultar una amenaza sanitaria o en las que prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico. (b)	Mín: 1,1 a 1,5 Máx: 3 a 5

REFERENCIAS de Tabla 1.7.2:

- (a)** La tabulación indica las concentraciones de cloro residual libre, medidas después de un tiempo de contacto de al menos treinta (30) minutos a $\text{pH} \leq 8$.
- (b)** Es recomendable no reducir el tenor de cloro residual libre por debajo de los valores mínimos indicados, según sean de aplicación los puntos B o C haciendo caso omiso de olores y sabores consecuentes en el agua de consumo.

Toda medición de cloro residual que se realicen en la red de distribución se hará *in situ* y en el grifo más próximo a dicha red y que se encuentre en óptimas condiciones, dejando escurrir al menos 10 litros de agua previamente.

La eficacia en la desinfección, en relación a algunos patógenos, puede en ciertas condiciones verse disminuida ante presencia de flóculos o partículas que los protegen de la acción de desinfectantes: si la turbidez del agua es

elevada, protegerá a microorganismos de los efectos de la desinfección, estimula la proliferación bacteriana y genera demanda significativa de cloro.

La cloración no es la única técnica que puede utilizarse para desinfectar el agua que se libere para el consumo humano. Por otra parte, la desinfección no debiera ser la única estrategia a utilizar para el cuidado del agua y la salud.

Para evitar, morigerar o eliminar la contaminación del agua hay que añadir e instrumentar eficazmente el concepto de barreras múltiples: protección de fuentes de agua, operaciones de tratamiento adecuadas, desinfección en planta, protección del agua durante su almacenamiento y distribución, y protección domiciliaria.-

<p><i>LAS AGUAS DESTINADAS AL CONSUMO HUMANO (para bebida y cocción)</i> NO DEBEN CONTENER ORGANISMOS PATÓGENOS; SÍ DEBEN SER DESINFECTADAS CONVENIENTEMENTE.</p>

.....

SISTEMA INTEGRADO PROVINCIAL de DESARROLLO, REGULACIÓN y CONTROL de SERVICIOS de AGUA y SANEAMIENTO

Anexo C:

Normas Provinciales de Calidad y Control del Agua para Consumo Humano

TÍTULO II

CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

La calidad del agua para bebida y preparación de alimentos (en adelante agua para consumo humano) puede asegurarse con la concurrencia de estrategias integradas. Ello involucra el establecimiento e implementación sostenida de un complejo de medidas y acciones que abarcan la protección y control de las fuentes de agua (superficiales y subterráneas), los procesos de tratamiento y desinfección, y la adecuada gestión del sistema de distribución, suministro y manipulación² del agua, incluso a nivel domiciliario.

El control así concebido es un progresivo mecanismo preventivo de la contaminación microbiológica, física y/o química del agua de consumo y de su impacto en la salud; se inicia en el agua cruda y termina en la manipulación y uso del agua por las personas en el ámbito domiciliario.

En este marco, las Normas Provinciales de Calidad y Control del agua para el Consumo Humano son de aplicación en todos los servicios de abastecimiento, provisión, abasto o suministro público de agua destinada por las personas para bebida y preparación de alimentos (con o sin cocción). En los servicios de agua para consumo humano, la calidad de la misma debe controlarse:

- En la captación del agua cruda y/o ingreso de ésta a la planta de tratamiento, según sea de fuente única o múltiple. No obstante el control se realice conforme se estipula en Tabla 2.3.1, este párrafo y concordantes, el prestador que correspondiere sólo es responsable de la calidad del agua suministrada y sus controles a partir de las siguientes instancias:
- Desde la salida de la planta de tratamiento y desinfección, o (donde no hubiere tal planta) desde la salida de la perforación con bombeo directo a red, o bajada de cisternas o tanques de almacenamiento y desinfección;
- En toda la red de distribución, en otros sistemas de suministro donde no hubiere redes (provisión de agua por cisternas, grifos públicos, tanques, perforaciones o pozos privados o públicos/comunitarios, otros); y

² El término remite a la manipulación tanto en el servicio proveedor como en los domicilios receptores y por los usuarios individuales del agua suministrada.

- En los servicios públicos de agua disponible para retiro (cit. Anexo A).

La inspección sanitaria es abarcativa, entre otros aspectos, de la verificación de las instalaciones y procedimientos y el control de calidad del agua. Éste incluye la realización de muestreos y exámenes o ensayos analíticos de campo y laboratorio, rutinarios y extraordinarios, a fin de cerciorarse del funcionamiento satisfactorio de: procesos de tratamiento, calidad del agua producida y entregada al usuario, y ausencia de contaminación en sistemas de distribución y suministro.

Dado que eventuales desvíos de la calidad del agua en algún punto o parte de un sistema de abastecimiento de agua pueden eventualmente tener serias implicancias en la salud, el control de calidad involucra estrictamente al prestador o prestatario del servicio público de suministro o provisión de agua para consumo humano; y abarca desde la toma o captación del agua cruda hasta el punto de entrega del agua en el domicilio del consumidor, sin perjuicio de las actividades de contralor a cargo de la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento.

En el presente Título se establecen pautas y reglas de muestreo, conservación, preservación y análisis de muestras, incluyendo frecuencias y parámetros a analizar, así como también pautas y referencias generales para laboratorios intervinientes.

Salvo casos expresamente contemplados, los controles deben ser realizadas por el proveedor del servicio de agua, pudiendo contar con la supervisión y apoyo de la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento responsable de la regulación y control o vigilancia; la que, por otra parte, también está obligada a efectuar muestreos y análisis del agua conforme la frecuencia y cantidad de muestras que la norma establece o, por defecto, establezca para sí la misma Agencia de Desarrollo, Regulación y Control Servicios de Agua y Saneamiento.

No obstante ello, es ineludible obligación del prestador la realización de tomas de muestras y sus correspondientes análisis conforme estas Normas.

2.1 APLICACIÓN

En todo abastecimiento o suministro de agua para consumo humano es obligatoria la valoración de la *calidad sanitaria del agua* mediante muestreos y determinaciones analíticas de sus parámetros según se determina a continuación:

- a) El **prestador o prestatario** del servicio público de suministro o provisión de agua para consumo humano -de gestión pública o privada- es responsable de la calidad y seguridad del agua que produce, distribuye y suministra o provee al usuario, de conformidad a las Normas Provinciales de Calidad y

Control del agua para el Consumo Humano; lo que se logra a través de la concurrencia de:

- Mantenimiento preventivo;
 - Buenas prácticas operativas;
 - Evaluación de la calidad química, física y microbiológica del agua; e
 - Inspecciones sanitarias en las partes que componen el sistema de abastecimiento, abasto, provisión o suministro.
- b)** Por cada servicio de agua el prestador, diseñará su programa de muestreo y análisis en el marco de esta norma, y exigencias de las reglas y técnicas del arte aplicadas a las particulares condiciones de cada sistema; e informará cada programa a la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento. Ésta podrá efectuar observaciones, solicitar detalles y aclaraciones, y sugerir modificaciones.
- c)** El prestatario del servicio realizará los muestreos y análisis de agua e inspecciones sanitarias en todas y cada una de las partes que componen el servicio público de suministro o provisión de agua para consumo humano; incluyendo:
- Toma o captación en la fuente de agua cruda,
 - Instalaciones de tratamiento, almacenamiento y desinfección, y
 - Red o sistemas de distribución y/o transporte de agua hasta el punto de suministro o entrega del agua.
- d)** Sin perjuicio de otras estipulaciones, en las siguientes situaciones es obligación del prestador la realización de muestreos y sus correspondientes análisis microbiológicos:
- Cuando el contenido de cloro residual sea inferior al valor pertinente sugerido en el Título I.
 - Cuando la turbidez del agua sea superior al valor máximo permitido y, en particular, cuando la fuente de origen del agua sea superficial, toda vez que la turbiedad supere el valor aconsejable establecido en Título I.
 - Cuando el tiempo de contacto agua-cloro y/o el nivel de turbiedad hagan suponer la presencia de interferentes del cloro.
 - Cuando haya Notificación de Brote (o información equivalente) por parte del Ministerio de Salud Pública de la Provincia, o presentación inusual de afecciones con sospecha de ser transmitidas mediante el agua.
- e)** Por cada uno de los servicios de agua a su cargo el prestador o prestatario llevará registros vinculados de análisis microbiológicos, físico-químicos y especiales (de la fuente y del servicio de suministro); en los que deberá constar:
- Fecha, lugar y hora de la toma de muestra, y datos del interviniente.
 - Georreferenciación del punto o instalación de muestreo.
 - Identificación de la muestra (agua cruda, proceso de tratamiento, conducciones, depósitos, red de distribución, otros datos identificatorios).
 - Números y fechas de análisis.

- Laboratorio, e identificación de la persona que realizó el análisis.
 - Métodos analíticos empleados.
 - Resultados completos de los análisis.
 - Incidentes: en dichos Registros los Prestadores documentarán incidentes en el abastecimiento relacionados a caudales y calidad del agua, en ambos casos tanto de ingreso como de egreso a la planta; así como también las medidas adoptadas al respecto, por propia iniciativa o a requerimiento de las autoridades competentes.
- f) El prestador del servicio de provisión de agua deberá presentar informes periódicos, con la frecuencia que se establezca conforme estas Normas, con copias autenticadas de los protocolos de laboratorio, u otro formato que se acuerde, donde consten los exámenes realizados y los resultados de tales análisis de agua, para su control y evaluación.
- g) Por su parte, la **Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento** efectuará inspecciones sanitarias incluyendo muestreos y análisis de agua en la red o sistemas de distribución y/o transporte de agua suministrada al usuario por el prestador o prestatario.
- h) La Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento tiene facultades para:
- Aprobar -exclusivamente bajo el punto de vista de la calidad del agua para consumo humano- nuevas fuentes y/o nuevos sistemas de distribución o suministros, así como también cambios, ampliaciones u otras modificaciones a los mismos.
 - Efectuar, por sí y/o terceros, inspecciones sanitarias y controles de calidad del agua.
 - Autorizar disminuciones en las frecuencias de muestreo, cantidad de muestras y análisis de control estipulados en la norma, sin poner en riesgo la efectividad de ésta, cuando lo indiquen las circunstancias locales, de la fuente o del servicio, y su dinámica.
 - Indicar el control circunstancial, temporal o permanente de diferentes parámetros, incluso no contemplados por el prestador o en estas normas.
 - Efectuar observaciones, solicitar detalles y aclaraciones, así como también sugerir modificaciones de conformidad a la presente norma.
 - Proceder a la aprobación, observación, solicitud de detalles, aclaraciones, indicación de mejoras o modificaciones a programas de muestreo y análisis correspondientes a cada servicio público de abastecimiento de agua para consumo humano.
 - Rechazar propuestas de cambios o modificaciones a programas de controles del prestador, cuando las mismas no sean justificadas con informes y datos que les validen.
 - Establecer, conforme estas normas, plazos especiales de cumplimiento de los valores paramétricos estipulados en el Título I, en consideración a

distintas situaciones geohídricas, hidráulicas, de infraestructura, técnica, económicas y/o financieras.

- Admitir transitoriamente valores distintos a los estándares establecidos en el Título I, si la composición del agua de la fuente sufre cambios excepcionales que afecten su composición físico-química.
- i) Ambos, la **prestataria** y la **Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento**, deberán efectuar análisis de agua e inspecciones en los servicios de abastecimiento, en oportunidad y frecuencia especialmente acordadas *ad-hoc* toda vez que:
- Se adopten o agreguen nuevas fuentes de agua cruda;
 - Se interrumpa el servicio y/o realicen trabajos de reparaciones, mejoras o ampliaciones en la planta de tratamiento o red de distribución.
 - Los análisis indiquen riesgo sanitario;
 - Se detecten anomalías en los análisis, o riesgos de contaminación de la fuente.
 - El Ministerio de Salud Pública de la Provincia informe riesgo sanitario general o brote por enfermedades de origen hídrico.
- j) En beneficio de la economía y funcionamiento del conjunto, el prestador o prestatario y la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento procurarán intercalar respectivos análisis e inspecciones ordinarios, de modo tal que los correspondientes resultados sirvan a ambos de información recíproca. En relación al anterior y presente párrafos, también podrán acordar la realización unificada de análisis completos o parciales de agua, caso en el cual se utilizará el/los laboratorios de referencia de la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento y/u otros que ambos acuerden.
- k) Cuando haya que disminuir la concentración de parámetros tales como arsénico, conductividad, fluoruros, hierro, manganeso, nitratos, sodio, sulfatos u otros a través de tratamientos adicionales, el prestador o prestatario y el responsable de la vigilancia deberán realizar el control de los parámetros en cuestión:
- En cada fuente de agua cruda que alimentan a la planta de tratamiento;
 - Cuando el agua cruda haya ingresado a la planta y previo a que se inicie cualquier tipo de tratamiento a la misma; y
 - En el sistema de distribución y suministro, sea por redes u otros medios.
- l) Todo control de rutina será reforzado complementariamente (parámetros pertinentes) en zonas vulnerables y críticas. Los controles en estas zonas serán realizados tanto por el prestador o prestatario como por la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento.
- m) En caso de detectarse presencia de compuestos peligrosos no contemplados en estas normas, la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento adoptará para los mismos un valor guía según criterios y pautas nacionales e internacionales; y podrá fijar

al respecto una concentración máxima tolerable apropiada a condiciones y condicionamientos territoriales de la provincia, siempre que no implique una afectación grave en la salud. El prestatario adoptará en consecuencia los procesos necesarios para la corrección de las anomalías que se detecten.-

2.2 De la TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

Una muestra es sólo una parte de un universo en estudio, aislada para un determinado fin; por lo que, antes de su extracción, deberán determinarse adecuadamente: el o los sitios de extracción, cantidad de muestras necesarias y frecuencia de muestreo.

El resultado del análisis de *una muestra* aislada, da valores numéricos que expresan condiciones de un acotado volumen de agua, para un determinado momento.

La generalización que de ese resultado se haga será una probabilidad, cuya incertidumbre disminuirá al comparar con resultados de mayor cantidad de muestras³.

El muestreo se realizará por personas responsables e instruidas *ad-hoc*. Previamente se sanitizará adecuadamente cada envase destinado al muestreo.

Se evitará muestreos en bocas de incendio, viviendas deshabitadas o locales en malas condiciones de higiene; así como la extracción en días lluvias o vientos intensos si el grifo o punto de toma no estuvieren protegidos de ello.

Se identificará el recipiente en forma inequívoca, y se acompañará la muestra con un parte o registro de extracción que contenga los siguientes datos:

- Número o Código de muestra,
- Localidad y Departamento,
- Fecha y hora de extracción,
- Fuente originaria del agua: *red, pozo, perforación, río, arroyo, otra (especificar)*,
- Sitio de extracción: *grifo, tanque tanque (especificar), equipo de bombeo (especificar), cisterna (especificar), otro (especificar)*,
- Datos de georreferenciación,
- Nombre y Firma del/a agente responsable de la extracción de muestra,
- Análisis solicitados,
- Otros datos de interés, y
- Observaciones.

³ Es recomendable no definir categóricamente un agua como “buena” o “mala” en base a un único análisis y/o de una sola muestra.

En el parte o registro de extracción se consignará también la temperatura del agua, su pH, y cloro libre residual (éste en el sistema de tratamiento y distribución o suministro), y otros datos e información relevantes.

Los exámenes de turbiedad, oxígeno disuelto, color y conductividad podrán ser realizados *in situ* o en laboratorio, dependiendo de la disponibilidad de equipamiento de campaña; en el primer caso también se consignarán los datos pertinentes en el parte o registro de extracción.

Además, es importante consignar información local sobre cambios ocurridos en el punto o área de muestreo, en el proceso de tratamiento, en la zona de captación (en particular actividades agrícolas e industriales), cuyos datos pueden usarse preventivamente en relación a posibles problemas de contaminación y, por consiguiente, en orden a determinar la necesidad de vigilar con más frecuencia la presencia de compuestos específicos.

En lo concerniente a envases, envasado, preservación y conservación de muestras, la presente norma remite a consultas de requerimientos basados en "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater" -20th Ed.-. APHA-AWWA-WPCF- Publication Official Health Association y ediciones posteriores; u otras que en futuro rijan en la Provincia.

Sin perjuicio de ello y de los requerimientos básicos que resume el presente Apéndice, antes de realizar muestreos de agua se consultará al respecto con el laboratorio encargado de realizar las determinaciones.-

2.2.1 Requerimientos básicos

2.2.1.1 Análisis Físico-Químicos

Para el muestreo en general se utilizarán envases de vidrio boro-silicato, plástico u otro material inerte y apropiado *ad hoc* (cualidad aplicable también a la capacidad del envase) según los análisis a realizar.

Para el muestreo propiamente dicho, previo al envasado se observará el estado general del grifo o punto de toma y se limpiará muy bien el mismo y su entorno adyacente, eliminando sustancias extrañas; y se dejará correr libremente el agua durante 2 a 3 minutos.

En pozos cavados o aljibes es necesario que la bomba haya funcionado 2 ó 3 horas sin interrupción, antes del muestreo; en perforaciones entubadas es conveniente asegurar que al momento del muestreo la bomba haya estado funcionando durante 3 a 5 minutos. En ambos casos es recomendable extraer la muestra directamente de la cañería ascendente.

Una capacidad de envase adecuada para un examen habitual es de al menos 1.000 ml. Podrán usarse frascos de mayor volumen si fuese necesario.

Se llenará los envases completamente, se procediendo al cierre y rotulado (se recomiendan rótulos adheridos y escritos con tintas indelebles).

El tiempo máximo recomendable entre la extracción y la recepción de la muestra será de cuarenta y ocho (48) horas; lapso que podrá variar en función de los parámetros a analizar y tratamiento de conservación de la muestra, según indicaciones previas del laboratorio.

2.2.1.2 Análisis Microbiológicos

La toma, preservación, traslado y manipulación de muestras de agua para examen microbiológico debe efectuarse con el mayor cuidado posible.

La contaminación accidental en el momento de obtención, el envío de muestras en condiciones inadecuadas o cualquier descuido durante la extracción, hace variar significativamente el resultado del examen e impiden, por lo tanto, confiar en conclusiones sobre la calidad bacteriológica del agua.

El personal a quién se encomienda esta operación, debe ser convenientemente instruido, tener criterio y responsabilidad. Además, se deberá supervisar constantemente la tarea de la toma de muestra.

Normalmente no conviene extraer muestras cuando existan condiciones anómalas, salvo para estudiar causas o consecuencias de esas anomalías.

En particular para análisis microbiológicos se utilizarán envases esterilizados similares a los utilizados para análisis bioquímicos (Opcionalmente podrán utilizarse envases de vidrio neutro con tapa esmerilada, o plástico resistente a tratamiento de autoclave; con envoltura protector de papel aluminio, que impida la contaminación externa).

Una capacidad adecuada para un examen habitual es de 200-250 ml, pero podrán utilizarse frascos de distinto volumen si fuese necesario.

En frascos destinados a muestras de agua que contengan cloro residual, antes de esterilizar el frasco debe agregarse una sustancia que neutralice la acción bactericida de éste entre el momento de muestreo y el análisis del agua. A tal efecto, se podrá agregar 0,1 ml de solución de Tiosulfato de Sodio al 2 % por cada 100 ml de capacidad del envase para muestra.

El muestro deberá hacerse preferentemente en grifos o salidas metálicas.

Para el muestreo propiamente dicho, previo al envasado se limpiará muy bien el punto de muestreo y su entorno adyacente, eliminando sustancias extrañas; se dejará salir agua abundantemente durante 2 a 5 minutos y luego cerrar. Se esterilizará el grifo (específicamente la boca): **a)** preferiblemente calentando 1 a 2 minutos con la llama de un hisopo de algodón impregnado en

alcohol o bien mediante un soplete de gas; o **b)** si el grifo fuere de material plástico, limpiando con algodón o hisopo embebido en alcohol.

Se abrirá cuidadosamente el grifo y se dejará correr el agua durante 1 minuto, regulando la apertura en chorro sea suave y continuo.

Cuando se muestree en pozos de balde o aljibes o de cursos de agua u otro continente donde no exista sistema de bombeo, se colectará un volumen de agua en un recipiente previamente lavado y enjuagado varias veces con la misma agua a analizar; y luego se verterá una porción en el frasco estéril.

Se destapará el frasco estéril tomando precauciones para no contaminarlo (al destapar, la boca de la tapa del frasco estéril debe quedar hacia abajo). Inmediatamente abierto, llenar el frasco, de manera tal que quede una pequeña cámara de aire; tapar y asegurar la tapa para evitar derrames.

Es indispensable rotular el frasco inmediatamente.

Se colocará el mimos en recipiente térmico con hielo o en la heladera, para que la temperatura del agua se mantenga próxima a 4°C. (NO congelar).

Se remitirá inmediatamente las muestras al laboratorio, cuidando de que en todo momento se mantenga refrigerada.

El tiempo máximo recomendable entre extracción y siembra de muestra será de cuarenta y ocho (48) horas. Importa acortar tiempos de transporte: *una muestra sembrada con demora, puede no resultar representativa.*

2.3 DISEÑO de un PROGRAMA de MUESTREO y ANÁLISIS

En los controles deben incluirse, además de los parámetros físicos y/o químicos, el análisis de microorganismos indicadores de contaminación y - según correspondiere- la determinación de patógenos específicos.

Las muestras deben ser lo más representativas posibles. Deberán existir puntos de toma adecuados en distintas partes del sistema para que se puedan efectuar oportunas tomas de muestras, y con ello controlar las condiciones del agua en los distintos tramos del sistema de suministro o provisión.

Los mismos deberán estar convenientemente distribuidos y ubicados, incluyendo el punto de captación del agua cruda, instalaciones de tratamiento y desinfección, la red de conducción (y transporte si correspondiere), depósitos, tanques o cisternas, y el punto de entrega del agua al usuario.

Por ende es necesario el cumplimiento de un “programa de muestreo” para verificar periódicamente la calidad del agua de consumo. Las principales variables a tener en cuenta en un programa de muestreo son las siguientes:

- a) Población total y población abastecida dentro del sistema administrado por el prestador (en Habitantes y en Usuarios o conexiones).
- b) Calidad del agua en la fuente de abastecimiento.
- c) Tipo de tratamiento en el proceso de potabilización.

- d) Sistema de abastecimiento y estado de instalaciones.
- e) Estado de unidades, cisternas, tanques y recipientes de transporte de agua.
- f) Factores de riesgo de contaminación exógena.
- g) Sitios o puntos de extracción.
- h) Frecuencia de muestreo (referenciados en la Norma).
- i) Deben incluirse muestreos aleatorios en sitios que se definirán *ad-hoc*.

Con el fin de cubrir de manera amplia, dinámica y representativa la inspección de un sistema típico de captación, tratamiento, almacenamiento, desinfección y distribución o suministro de agua por red y/u otros medios, el diseño del programa de muestreos deberá incluir puntos de muestreo “fijos” - situados en puntos de captación y/o ingresos del agua, tanques, cisternas, estaciones de bombeo y de rebombeo, otros- y otros sitios “variables” o “aleatorios”, seleccionados estratégicamente *ad hoc*.

Se incluyen en estas normas el análisis de puntos de captación del agua, dado que la calidad del agua cruda puede variar según el tipo de fuente, condiciones del punto de toma, captación o carga, época del año, proximidad a posibles focos de contaminación y entre otros factores.

Cualquiera de éstos es crucial cuando el agua no sea sometida a tratamiento completo y/o no exista sistema de distribución en red.

La selección de los puntos fijos de muestreo tiene en cuenta, según corresponda, cuestiones tales como:

- Ingresos individuales o unificados al sistema desde una o más captaciones (sean superficiales o subterráneas).
- Egreso único o más de un ingreso (desde una o más fuentes o instalaciones de tratamiento) al sistema de distribución o suministro (red u otro medio)
- Zonificación de la red de distribución;
- Representatividad de calidad del agua de una determinada zona de la red;
- Distribución homogénea por áreas de muestreo.

A continuación se dan algunas recomendaciones para la selección dinámica de sitios variables o aleatorios de muestro:

- Distancia a la planta de tratamiento.
- Diámetro de cañerías
- Topografía de la traza.
- Cantidad de habitantes.
- Demanda cuali-cuantitativa del sitio.
- Estado de la red de distribución.
- Existencia de puntos ciegos en la red.
- Tiempo de recorrido para la extracción.

- Características y estado de medios de suministro de agua en bloque: *camiones cisternas, bidones, otros (especificar)*.

Las frecuencias de muestreos y tipos de análisis a efectuar dependerán, en general, también de la fuente de origen del agua cruda, del tratamiento dado al agua, del abasto y de la población servida, entre otras variables.

Las frecuencias de muestreo y determinaciones estipuladas en Tablas 2.3.1, 2.3.2 y 2.3.3 son indicativas para el apropiado control de calidad del agua de servicios públicos -de gestión privada o pública- para el consumo humano.

Tabla 2.3.1 Frecuencia recomendada de muestreo y análisis de parámetros del agua cruda, según origen del agua y población servida.

FUENTE DE AGUA		SUBTERRÁNEA		SUPERFICIAL	
FRECUENCIA		LAPSO ENTRE CONTROLES			
POBLACIÓN SERVIDA (Hab.)	PRESTADOR	AUTORIDAD DE APLICACIÓN	PRESTADOR	AUTORIDAD DE APLICACIÓN	
PARÁMETROS BÁSICOS: (a)					
Color - Conductividad - Temperatura - pH - Turbiedad - Oxígeno disuelto					
Pobación indistinta	6 meses	1 año	6 meses	1 año	
ANÁLISIS QUÍMICOS:					
Arsénico (b) - Flúor (b) - Nitratos y Nitritos (c) - Sodio - Sólidos Totales Disueltos - Dureza total - Cloruros - Sulfatos - Amonio - Hierro - Manganeseo. Otros componentes característicos (d)					
Hasta 10.000	2 años	2 años	3 años	3 años	
10.001 a 100.000	1 año		2 años		
Más de 100.000	6 meses		1 año	2 años	
Metales pesados y Cianuros (e)					
Pobación indistinta	3 años	4 años	2 años	3 años	
Compuestos Orgánicos, Plaguicidas, Desinfectantes (f)					
Pobación indistinta	2 años	3 años	1 año	2 años	
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS: (g)					
Hasta 10.000	6 meses	1 año	6 meses	1 año	
Más de 10.000	3 meses	6 meses	3 meses	6 meses	
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS COMPLETOS (h)					
Hasta 10.000	3 años	4 años	2 años	4 años	
Más de 10.000	2 años	3 años	1 año	3 años	

El muestreo del agua cruda se hará a su ingreso al sistema de potabilización o sitio fijo cercano anterior (antes de tratamiento o desinfección).

Cuando haya más de una fuente de origen, además se deberá muestrear el agua de cada de fuente de origen que alimentan al sistema.

En relación a la Tabla 2.3.2, conviene que el agua sea analizada a la salida de planta o bajada de instalaciones de almacenamiento o bombeo, según corresponda (previo al ingreso a la red u otro medio de suministro):

Tabla 2.3.2. Frecuencia mínima de muestreo y análisis en aguas tratadas y/o desinfectadas, antes del ingreso al sistema de suministro (red de distribución u otro medio de provisión), según origen del agua y población servida.

FUENTE DE AGUA		SUBTERRÁNEA		SUPERFICIAL	
FRECUENCIA		LAPSO ENTRE CONTROLES			
POBLACIÓN SERVIDA (Hab.)	PRESTADOR	AUTORIDAD DE APLICACIÓN	PRESTADOR	AUTORIDAD DE APLICACIÓN	
PARÁMETROS BÁSICOS: (a)					
Cloro residual (i) - Color - Conductividad - Temperatura - pH - Turbiedad.					
Hasta 10.000	1 mes	4 meses	1 mes	4 meses	
Más de 10.000 (j)	1 día. Por defecto, 1 semana	2 meses	1 día. Por defecto, 1 semana	2 meses	
ANÁLISIS QUÍMICOS:					
Arsénico (b) - Flúor (b) - Nitratos y Nitritos (c) - Sodio - Sólidos Totales Disueltos -Dureza total - Cloruros - Sulfatos - Amonio - Hierro - Manganeseo. Otros componentes característicos (d)					
Hasta 10.000	1 año	2 años	2 años	3 años	
10.001 a 100.000	4 meses		6 meses	2 años	
Más de 100.000	3 meses		4 meses	1 año	
Metales pesados y Cianuros (e)					
Hasta 10.000	3 años	4 años	2 años	3 años	
10.001 a 100.000	2 años		1 año	2 años	
Más de 100.000	1 año	2 años	6 meses	1 año	
Compuestos Orgánicos. Plaguicidas. Desinfectantes (f)					
Hasta 10.000	2 años	2 años	18 meses	2 años	
10.001 a 100.000	18 meses		1 año		
Más de 100.000	1 año	1 año	6 meses	1 año	
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS: (g)					
Hasta 10.000	6 meses	2 años	6 meses	1 año	
10.001 a 100.000	2 meses	1 año	2 meses	6 meses	
Más de 100.000	1 mes	6 meses	1 mes	3 meses	
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS COMPLETOS (h)					
Hasta 10.000	2 años	3 años	2 años	3 años	
Más de 10.000	1 año	2 años	1 año	2 años	

Las siguientes son Referencias en común de las anteriores Tablas 2.3.1 y 2.3.2:

REFERENCIAS COMUNES de Tablas 2.3.1 y 2.3.2:

- (a) Deberán medirse rutinariamente. La Temperatura y el pH deben controlarse *in situ*; los demás parámetros podrán medirse *in situ* o en Laboratorio. Cuando se detectaren niveles de pH < 6,5, es recomendable que, en laboratorio, se procure la determinación de Plomo
- (b) Si la concentración de As o F, durante dos años consecutivos fuese inferior al valor máximo permitido (VMP) se podrá autorizar al prestador la reducción de la frecuencia de muestreo y análisis a la misma frecuencia que la establecida para metales pesados según población servida y tipo de fuente.

Si en el servicio se practicare la fluoruración del agua o la corrección de tenores excesivos de Arsénico y/o Flúor, estos dos componentes deberán controlarse en la fuente con igual frecuencia indicada para ellos en agua liberada para el consumo (Ver Tabla 2.3.2).

Cuando en el agua cruda el contenido de flúor o arsénico supere sus respectivos valores máximos permitidos (VMP) en el agua para consumo humano, el prestador deberá comunicar la situación a la población, y procederá a su tratamiento en el servicio de agua mediante proyectos específicos a desarrollar de conformidad a estas Normas Provinciales.

- (c) Si la concentración de nitratos determinada en agua subterránea o superficial es mayor en un 50% por sobre el valor aconsejable (VA) en el agua de consumo humano, se incrementará la frecuencia de análisis según indique la Agencia Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento, en base a condiciones locales y la vulnerabilidad de la fuente; al mismo tiempo que el prestador extremará las medidas y acciones para que la concentración de nitratos y nitritos del agua liberada a red de distribución u otros medios de provisión no superen el valor aconsejable (VA).
- (d) La expresión "Otros componentes característicos" refiere a aquellos no identificados en la Tabla pero que puedan eventualmente ser habituales en el agua, en concentraciones incluso superiores al valor de referencia de la OMS. Amerita su seguimiento mediante ensayos de laboratorio.
- (e) Si la concentración de alguno de estos componentes, durante dos (2) años consecutivos fuese significativamente inferior al valor máximo permitido (VMP) estipulado en Título I, y siempre que no se haya detectado ningún factor que pueda empeorar la calidad del agua, el lapso entre controles podrá ampliarse por única vez: en un cincuenta por ciento (50%) para las de origen subterráneo, y en un veinticinco por ciento (25%) para las de origen superficial o mixto. En caso de que posteriormente se detectare que alguno alcance el VMP se volverá a la frecuencia original de muestreo y control; y si la tal concentración superare el VMP, se procederá conforme establece la Norma al respecto.
- (f) La periodicidad establecida para la medición de estos compuestos es durante los primeros dos (2) años desde la publicación de la norma; y, en el futuro, a partir de la puesta en marcha tanto de fuentes, como de sus correspondientes plantas de tratamiento y/o sistemas de distribución indistintamente. En cualesquier caso, si luego de los dos (2) años no se hubiere detectado ninguno de estos componentes (en la/s fuente/s naturales de origen, ni en el agua librada para consumo, proveniente de dicha/s fuente/s natural/es), así como tampoco ningún factor que pueda empeorar la calidad del agua del servicio, se podrá pasar a frecuencia bianual a cuatrianual (si la fuente fuere subterránea) o bien frecuencia anual, bianual o trianual (si la fuente fuese superficial o mixta); en todos los casos según que la población servida sea mayor a 100.000 habitantes, entre 10.000 y 100.000 habitantes, o menor de 10.000 habitantes respectivamente. Si posteriormente se detectare la presencia de cualquiera de estos componentes, se restablecerá la frecuencia original.
- (g) La programación y realización de muestreos y determinaciones microbiológicas ajustará su dinámica a las condiciones de desinfección del agua. Por caso: cuando la acción desinfectante sea en base a la cloración del agua, toda vez que la concentración de cloro residual libre sea menor a los valores mínimos sugeridos (Título I) indefectible e inmediatamente se realizarán análisis de parámetros microbiológicos estipulados; y, en función de estos resultados, se analizarán de inmediato parámetros complementarios pertinentes, sin perjuicio de otros que solicite la Agencia.
- (h) Para evitar duplicaciones innecesarias, todo parámetro incluido en Tablas 2.3.1 y 2.3.2 podrá ser analizado únicamente en oportunidad de análisis completos sólo si ha transcurrido más de un semestre (6 meses) o más de un trimestre (3 meses), respectivamente, desde su última determinación.
- (i) No se determinará cuando la desinfección no sea realizada con cloro, sino con radiación ultravioleta u otro método de desinfección del agua.
- (j) Esta exigencia es de estricta exigencia para las plantas que potabilicen agua superficial y cuenten con laboratorio propio o de terceros para sus controles. En los demás servicios que no se encuentren en esta condición, el control antes del ingreso al sistema de suministro (red de distribución u otro medio de provisión) se realizará conforme acuerde expresamente la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Agua y Saneamiento con el prestador y la máxima autoridad municipal de la localidad.

En zonas de producción agrícola, ganadera, agroindustrial, industrial en general o de frigoríficos y/o de concentración o faena de animales, también se deberá hacer un análisis durante y/o posterior, según corresponda, a la aplicación o descargas de productos eventualmente contaminantes.-

Tabla 2.3.3 Frecuencia mínima y dimensionamiento de muestreo y análisis de parámetros en la red de distribución de agua, según población servida.

Población Total abastecida (Hab)	PRESTADOR o PRESTATARIO DEL SERVICIO DE PROVISIÓN		AUTORIDAD DE APLICACIÓN	
	Cantidad Mensual Mínima de Muestras (M) en el sistema administrado	Intervalo máximo entre extracciones sucesivas	Cantidad Mínima de Muestras (M) en cada inspección	Intervalo máximo entre extracciones sucesivas
PARÁMETROS BÁSICOS: (a)				
Cloro residual (b)- Color - Conductividad - Temperatura - pH - Turbiedad.				
Hasta 5.000	1	1 mes	2	4 meses
5.001 a 20.000	1 M c/ 5.000 Hab		1 M c/ 5.000 Hab	
20.001 a 100.000	1 M c/ 5.000 Hab (+5 M adicionales)	2 semanas	1 M c/ 20.000 Hab	2 meses
100.001 a 200.000	1 M c/ 10.000 Hab (+20 M adicionales)	1 semana	1 M c/ 25.000 Hab	1 mes
200.001 a 500.000	1 M c/ 20.000 Hab (+ 50 M adicionales)		1 M c/ 50.000 Hab	
500.001 a 1.000.000				
Más de 1.000.000			1 M c/ 100.000 Hab	2 semanas
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS: (c)				
Hasta 5.000	1	1 mes	1	2 años
5.001 a 20.000	1 M c/ 5.000 Hab		1 M c/ 5.000 Hab	
20.001 a 100.000			1 M c/ 20.000 Hab	1 ño
100.001 a 200.000	1 M c/ 10.000 Hab (+10 M adicionales)	2 semanas	1 M c/ 40.000 Hab	6 meses
200.001 a 500.000	1 M c/ 20.000 Hab (+10 M adicionales)	1 semana	1 M c/ 50.000 Hab	
500.001 a 1.000.000	1 M c/ 100.000 Hab		1 M c/ 100.000 Hab	
Más de 1.000.000	1 M c/ 200.000 Hab			2 semanas

REFERENCIAS de Tabla 2.3.3:

- (a) Deberán medirse rutinariamente. La Temperatura y el pH deben controlarse *in situ*; los demás parámetros podrán medirse *in situ* o en Laboratorio. Cuando se detectaren niveles de pH < 6,5, es recomendable que, en laboratorio, se procure la determinación de Plomo
- (b) No se determinará cuando la desinfección no sea realizada con cloro, sino con radiación ultravioleta u otro método de desinfección del agua.
- (c) La programación y realización de muestreos y determinaciones microbiológicas ajustará su dinámica a las condiciones de desinfección del agua. Por caso: cuando la acción desinfectante sea en base a la cloración del agua, toda vez que la concentración de cloro residual libre sea menor a los valores mínimos sugeridos (Título I) indefectible e inmediatamente se realizarán análisis de parámetros microbiológicos estipulados; y, en función de estos resultados, se analizarán de inmediato parámetros complementarios pertinentes, sin perjuicio de otros que solicite la Agencia Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento.

En cada **servicio de agua disponible para retiro** son aplicables las Tablas 2.3.1 y 2.3.2; excepto el control de parámetros básicos y microbiológicos del agua potabilizada, que se hará según la frecuencia indicativa de la Tabla 2.3.3.

Es recomendable que el responsable del suministro (prestataria del servicio) efectúe controles de calidad sanitaria adicionales de y en los recipientes o medios en los que el usuario efectúe el retiro del agua para consumo humano (bebida y preparación de alimentos).

Los **suministros de agua a través de cisternas u otros medios de transporte y entrega de agua en bloques** (a granel) obligatoriamente deben efectuar la carga de agua en plantas de tratamiento o puntos de la red de conducción y/o distribución de agua tratada, debidamente autorizados por la entidad responsable de dichas plantas y redes.

En todos los casos se efectuará y controlará la desinfección del agua antes de la carga y descarga del agua en y de la unidad de transporte de la misma. Adicionalmente, antes de la descarga del agua de dicha unidad se controlarán parámetros básicos y, eventualmente, microbiológicos.

Cada cisterna u otro medio de transporte y entrega de agua segura en bloques deberá ser de uso exclusivo para ello; y será sometido a control y acreditación de aptitud sanitaria periódicos a tales efectos.

La Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento efectuará por sí o terceros, en lugares y oportunidades aleatorias según determine, muestreos y controles de calidad del agua transportada y/o entregada por cisternas u otros medios de transporte de agua en bloques o a granel. Tales controles se harán analizando todos o cualquiera de los parámetros de calidad conforme estipulaciones del Título I.-

2.3.1 Disposiciones complementarias

Todo programa de muestreo y análisis podrá ser perfeccionado por el prestatario, en consideración de las variables que intervienen en el diseño de tal programa, y a las precedentes estipulaciones generales, particulares y complementarias; debiendo contar para ello con la aprobación de la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento.

El carácter “sanitario” de un servicio de provisión para de agua se sustenta en el control de calidad como retroalimentación del sistema productor.

Los resultados que se obtengan de todo muestreo y análisis de campaña y laboratorio son imprescindibles para el óptimo funcionamiento del *sistema de control de calidad*; cuya necesaria retroalimentación permitirá al prestador optimizar el tratamiento del agua, en pos del objetivo de cuidado de la salud.

Cualquier deterioro de la calidad que se detecte exige una indagación y atención inmediata.

La programación y realización misma de muestreos y determinaciones microbiológicas ajustará su dinámica a las condiciones de desinfección del

agua. Cuando la acción desinfectante sea en base a la cloración del agua, toda vez que la concentración de cloro residual libre sea menor a los valores mínimos sugeridos (Título I) indefectible e inmediatamente se realizarán análisis de parámetros microbiológicos estipulados –v.g. Coliformes y *Pseudomona aeruginosa*-; y, en función de estos resultados, se analizarán de inmediato parámetros complementarios pertinentes.

En general, han de realizarse muestreos y ensayos de campo y laboratorio correspondientes:

- a)** Con las periodicidades y sobre los componentes sujetos de análisis que la Norma establece;
- b)** Antes e inmediatamente después de la puesta en servicio de una nueva fuente de agua, planta de tratamiento y desinfección, sistema de almacenamiento y/o red de distribución y otro sistema de suministro.
- c)** Inmediatamente después de intervenciones de ampliación, mantenimiento, reparación u otras en cualquier parte del sistema que integra al servicio público, incluyendo intervenciones en la fuente y en estaciones de bombeo.
- d)** En oportunidades de brotes, epidemias, inundaciones u operaciones de emergencia.
- e)** Inmediatamente después de eventos que afecten la fuente, instalaciones y/o procesos de tratamiento, almacenamiento, bombeo o distribución.
- f)** Ante una emergencia o avería (v.g. problemas en la planta de tratamiento de agua, instalaciones de almacenamiento, cañerías, cisternas, estaciones de bombeo u otras alteraciones del suministro).
- g)** Sobre los parámetros básicos y componentes críticos del agua suministrada al usuario por medios distintos a las redes de distribución, antes de carga de agua y al entregar la misma al/los usuario/s (provisión por camiones cisternas, bidones, otros).
- h)** Toda vez que el proveedor sospeche de anomalía en la calidad del agua, en particular cuando sospeche la presencia de sustancias extrañas en el agua -contempladas o no en el Título I de estas normas-. En estos casos el prestador deberá incluir las determinaciones que a su juicio correspondan, y otros componentes cuya determinación le sean solicitados. Se podrá establecer también, de común acuerdo entre el prestador y la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento, una frecuencia especial de muestreo de tales parámetros.
- i)** Cuando la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Agua y Saneamiento indique la necesidad de determinar parámetros incluidos en la norma y no tabulados, así como otros eventualmente no contemplados y que expresa y fundadamente considere relevantes para el control de calidad del agua para consumo humano. También podrá acordar con la prestataria una frecuencia especial de muestreo de tales parámetros.

Cuando en el agua cruda o en el agua liberada para consumo, la concentración de algún parámetro superare el valor máximo permitido (VPM) del agua para consumo, el mismo podrá ser sujeto a un monitoreo especial. Además se procederá a su tratamiento en el servicio de agua mediante proyectos específicos de conformidad a estas Normas Provinciales de Calidad y Control del agua para Consumo Humano.-

Toda modificación a las Tablas 2.3.1, 2.3.2 y/o 2.3.3, o situaciones no contempladas en las mismas ni en sus Referencias o en estas disposiciones complementarias, serán resueltas por la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento, de conformidad a los procedimientos que la norma estipula.

Las frecuencias de control y demás estipulaciones precedentes deben ser cumplimentadas de manera tal que no obstruyan indebidamente la gestión de los prestadores ni la elección, por parte de éstos, de los medios que consideren más adecuados para cumplir con sus obligaciones de prestaciones eficaces y de calidad en el suministro de agua segura.-

2.4 De MÉTODOS y LABORATORIOS

Suele considerarse que puede alcanzarse exactitud analítica suficiente si todos los laboratorios utilizan el mismo método normalizado; sin embargo, la experiencia diaria demuestra que no siempre es así.

Diversos factores pueden afectar la exactitud de resultados (p.ej.: pureza de reactivos, tipo de instrumentos analíticos, su rendimiento, grado de modificación del método en un laboratorio, aptitudes y destreza del analista).

En el caso de variables “no específicas” -como sabor y olor, color y turbiedad- el resultado es función del método empleado y hasta de la pericia y experiencia del analista, lo cual debe tenerse en cuenta al realizar comparaciones basadas en los datos.

Es siempre probable que estos y otros factores varíen entre laboratorios, e incluso en uno mismo de ellos a lo largo del tiempo; además, la precisión y exactitud alcanzables mediante un método particular dependen con frecuencia de la naturaleza de la muestra (matriz) e incluso de que se haya realizado correctamente la toma de muestras.

Si bien no es imprescindible utilizar métodos normalizados, es aconsejable que los laboratorios utilicen métodos estandarizados reconocidos.

Para análisis de aguas existen diversos métodos *normalizados* o *recomendados* por distintas entidades nacionales e internacionales; siendo de referencia para la Provincia las normas IRAM aplicables (Serie 29012), los “Standard Methods for Examination of Water and Wastewater”, APHA-AWWA-WPCF -Publication

Official Health Association, Edición 20ª y sucesivas-; u otros métodos que en el futuro reconozca la Agencia Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento, en consulta con la autoridad concedente, y autoridades provinciales del agua y de salud, entidades académicas y expertos que considere conveniente.

En todo protocolo de resultados de análisis se informará el/los métodos utilizado/s; en cuya selección es importante considerar ciertas pautas básicas:

- a) Es primordial comprobar que el método proporcione la exactitud necesaria.
- b) Factores como celeridad y comodidad, sólo deben tenerse en cuenta al seleccionar diferentes métodos que cumplen el anterior criterio primordial.
- c) Existen varios procedimientos notablemente diferentes para medir y notificar los errores existentes en todos los métodos; lo que complica y prejuzga la eficacia de la selección de método.
- d) Si han de compararse resultados analíticos entre laboratorios sobre una misma muestra, o con un patrón numérico, es preferible que los resultados no lleven asociado ningún error sistemático. En la práctica ello no es frecuente, por lo que cada laboratorio debe seleccionar métodos cuyos errores sistemáticos hayan sido evaluados concienzudamente y se haya comprobado que son aceptablemente pequeños.

Los Laboratorios de la Provincia se darán estrategias de mejoras continuas para asegurar la confiabilidad de sus procesos y resultados.-

El aseguramiento de calidad de los laboratorios en orden a condiciones básicas de los mismos se referenciarán en recomendaciones de Apéndice III.-

El presente Anexo y sus Apéndices podrán ser actualizados, ampliados, modificados o precisados en sus contenidos por la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento; previa intervención del Comité Técnico de Revisión y Actualización.-

.....

**SISTEMA INTEGRADO PROVINCIAL de DESARROLLO, REGULACIÓN y
CONTROL de SERVICIOS de AGUA y SANEAMIENTO**

Anexo C:

**Normas Provinciales de Calidad y Control
del Agua para Consumo Humano**

Apéndices

- I: Acerca de valores de referencia y las normas provinciales.
- II: Parámetros incluidos.
- III: Laboratorios.

Apéndice I

De valores de Referencia y Normas Provinciales

Existen dos fuentes principales de información en orden a la prevención de efectos dañinos sobre la salud derivados de la exposición a sustancias o compuestos químicos. Ambas básicas para estimar la peligrosidad de éstos, y en consecuencia para derivar las concentraciones ambientales y las dosis de exposición que se considerarán seguras:

- *Estudios toxicológicos en humanos.* Son la fuente más confiable y preferible; pueden realizarse según poblaciones (epidemiológicos), casos clínicos y experimentos en voluntarios. No son los más abundantes; y en ocasiones el valor de dichos estudios para muchas sustancias es limitado, especialmente si se trata de cancerígenos o si producen efectos adversos irreversibles.
- *Estudios de toxicidad en animales de laboratorio.* Son la segunda principal fuente de información y la más abundante y frecuentemente usada. Estos estudios toxicológicos pueden verse limitados por el número relativamente reducido de animales utilizados, largos periodos de observación, los costos y las dosis relativamente altas administradas, lo que puede generar incertidumbres sobre la pertinencia de resultados para la salud de personas.

Usualmente, para calcular valores de referencia o guía, tales estudios se orientan a métodos para sustancias químicas con umbral de toxicidad y a métodos para sustancias sin umbral de toxicidad:

- a) Sustancias con “nivel umbral” de toxicidad en su curva dosis-respuesta son aquellas que, en dicha curva, presentan una dosis con la cual aparece un primer caso con un efecto adverso;
- b) Sustancias “sin umbral” son aquellas en las cuales la posibilidad del primer caso con efecto adverso puede darse con la dosis más baja que es posible administrar, incluso a niveles que pueden estar más bajos que la capacidad de detección analítica disponible en los laboratorios. En esta segunda categoría se encuentran en general los carcinógenos y las sustancias que pueden causar daño genético.

Los procedimientos de *evaluación del riesgo* y de *gestión del riesgo* son significativamente diferentes para estos dos tipos de sustancias:

En el caso de las **sustancias con umbral** se identifica, habitualmente en animales experimentales y a veces en humanos, la dosis más alta en la

curva dosis-respuesta que no produce efecto adverso (se la llama NOAEL, por su sigla en inglés, y se le considera la dosis más segura para el organismo bajo estudio) y luego se identifica la dosis que le sigue en dicha curva que produce el primer caso con efecto adverso de naturaleza no carcinogénica (se la llama LOAEL, por su sigla en inglés).

Para extrapolar a humanos la dosis segura del NOAEL identificada en animales, se reduce su valor en 10, 100 o hasta 1.000 veces según un conjunto de premisas relacionadas con incertidumbres; de este modo se obtiene una dosis que se asume será segura para los humanos. Cuando se obtiene un NOAEL en estudios epidemiológicos, en humanos, la magnitud de la extrapolación es mínima ya que no participan los factores inciertos propios de la extrapolación desde animales.

Estos enfoques son válidos tanto para exposiciones agudas a altas concentraciones ambientales de entre horas y algunos días, como ocurre en las exposiciones laborales, así como para exposiciones crónicas⁴ de larga duración a bajas concentraciones ambientales como ocurre en las poblaciones generales no ocupacionalmente expuestas.

La dosis segura, para humanos, de sustancias con umbral, obtenida de la extrapolación a partir del NOAEL, recibe diferentes denominaciones según el organismo o entidad científico administrativa que la promueve, pero conceptualmente y el modo como se elaboran son esencialmente similares; a saber:

- Ingreso/ingesta diaria admisible/aceptable (*IDA*) de FAO/OMS,
- Dosis de referencia (*DRf*) de EPA/EUA,
- Ingreso/ingesta diaria tolerable (*IDT*) de OMS, y
- Nivel de riesgo mínimo (*MRL*) de ATSDR/EUA

Estas dosis están orientadas a prevenir la aparición de efectos adversos de tipo no carcinogénico, los cuales a menudo son varios para una misma sustancia, y que aparecen progresivamente a medida que la dosis de exposición sube a partir del LOAEL pudiendo los últimos efectos llegar a ser los más dañinos y letales.

La expresión “*valor de referencia*” equivale al “*valor guía*” y alude a la concentración ambiental de un compuesto (o a la dosis de exposición humana equivalente a dicha concentración) que no ocasione determinado riesgo para la salud cuando ingresa al organismo humano o se consume regularmente

⁴ La exposición crónica de poblaciones generales ha adquirido progresivamente una importancia relativa creciente en la medida en que la investigación ha venido demostrando que los efectos adversos aparecen cada vez con concentraciones ambientales más bajas, lo cual genera situaciones de riesgos cada vez más extendidas y prevalentes en las poblaciones, y además al hallazgo progresivo del hecho de que enfermedades crónicas tradicionalmente de causas imprecisas están asociadas a exposición a bajas concentraciones ambientales, entre las cuales destacan diversos tipos de cáncer.

durante toda la vida. Estrictamente, estas dosis de referencia se definen como las dosis a las que un individuo puede estar expuesto diariamente por toda su vida y que no va a significar riesgo para su salud.

En evaluaciones bien controladas estos valores de dosis de referencia se deben corresponder estrictamente con concentraciones ambientales precisas de las mismas sustancias, concentraciones que igualmente sirven como parámetro de seguridad cuando, por ejemplo, no se dispone de una dosis de referencia; y se las denomina concentración de referencia (CRf), las cuales existen preferentemente para las sustancias en agua y aire, medio éste último en donde es complejo estimar con precisión las dosis de exposición por vía respiratoria.

En la práctica de la gestión sanitaria representan normalmente el valor guía ideal a alcanzar, según la mejor información científicamente disponible en ese momento, y las capacidades del prestador y de las autoridades jurisdiccionales en el marco de condiciones territoriales y del conjunto de las problemáticas sanitarias contemporáneas existentes en el territorio.

Estas entidades adoptan o acuerdan adoptar el valor guía ofrecido por OMS u otro organismo, o deciden un valor superior o menor según la propia realidad local.

En las **sustancias sin umbral** en general no se puede identificar con certeza una dosis segura, dado que teóricamente desde la primera dosis de la sustancia existe la posibilidad de detectar un primer efecto adverso; la frecuencia de casos con efectos adversos en la población iría creciendo a medida que las dosis suben a partir de 0 en la curva dosis-respuesta.

A ello se agrega la limitación dada por los niveles de detección de las técnicas analíticas en laboratorio, que impiden identificar la concentración que genera el primer efecto.

En este caso la agresividad del agente químico está preferentemente dada por la inclinación (pendiente) del ascenso en la curva dosis-respuesta y por lo que se denomina *factor de potencia carcinogénica* (FPC) o factor de pendiente, que corresponde a un indicador de la potencia carcinogénica de los carcinógenos y que se puede expresar en forma numérica, en función de la dosis medida, expresada en mg/kg/día.

En estas sustancias el equivalente ambiental del FPC es la *unidad de riesgo* (UR) expresada en función de la concentración en agua o en aire del carcinógeno, medida en $\mu\text{g/L}$ o $\mu\text{g/m}^3$ respectivamente. Un gran número de carcinógenos tienen valores de FPC y UR establecidos: son valores específicos y propios para cada uno de ellos; valores bajos de FPC significan que el potencial de desarrollar cáncer es bajo y a la inversa, valores muy altos significan un alto potencial carcinogénico de la sustancia.

Al no poder establecerse un nivel seguro de exposición a sustancias sin umbral, en la sanción de normas para la jurisdicción se está admitiendo una dosis que va a generar una cierta incidencia del efecto adverso, que se acuerda incorporando criterios propios de manejo del riesgo. Este nivel de exposición así establecido denomina *riesgo aceptable*; y tiene especial aplicabilidad para estas sustancias, pues no hay alternativa de riesgo “0”: siempre hay un nivel dado de exposición y riesgo asociado.

En líneas generales los países desarrollados aceptan un exceso de riesgo de cáncer del orden de 1 caso de cáncer por millón de individuos expuestos (1/1.000.000).

Cuando hay limitaciones de variado orden, incluso de capacidades de gestión, algunos países aceptan 1 caso por 100 mil (1/100.000).

Incluso hay comunidades que aceptan 1 caso por 10 mil expuestos (1/10.000).

Para cada carcinógeno estas incidencias significan un nivel de exposición y un riesgo cuantificables y definidos.

Asumir riesgos según distintos niveles de exposición resulta de procesos de negociación en función de la situación socio-económica, y sanitaria de la población, las capacidades tecnológicas, legislativas y económico-financieras, así como las de los servicios y otras particularidades territoriales y jurisdiccionales.

Los valores de referencia pueden ser sobrepasados en algunas condiciones y/o durante cierto tiempo. Ha de señalarse como habitual que en las siguientes situaciones los valores de referencia logrados no sean categóricos y sea necesario adoptar *valores provisionales*; sea porque:

- El cálculo basado en efectos sobre la salud está sujeto a incertidumbres científicas significativas.
- El valor calculado está por bajo el límite de cuantificación analítica (el valor se establece entonces dentro del límite de cuantificación alcanzable en la jurisdicción).
- El valor calculado es menor que la concentración ambiental equivalente de la sustancia, alcanzable mediante tecnologías de tratamientos prácticos a escala (OMS, 2018) en las condiciones locales.

La verdadera trascendencia de los valores de referencia es la de oficiar como valores guía para las políticas sanitarias, cuya instrumentación necesariamente debe reconocer siempre condiciones y horizontes - entre lo ideal o aconsejable y lo tolerado o aceptable- propios de las características naturales de la región, la realidad sanitaria territorial y su dinámica temporal impuesta por otras realidades de fondo, preexistentes o emergentes como pueden ser el crecimiento poblacional y su continua y creciente necesidad de

cobertura de agua y saneamiento, la situación socio-económica y sanitaria de la población, sus capacidades financieras y las de los servicios, entre otros aspectos.

Al respecto, las *Guías para la calidad del agua potable* de la OMS tienen su alcance contenido en la misma denominación: son pautas, orientaciones o recomendaciones conducentes al paulatino desarrollo de prácticas en beneficio de la salud, al proporcionar valoraciones que -en ejercicio de la jurisdiccionalidad soberana de los Estados- las autoridades correspondientes pueden utilizar como referencia para el desarrollo de normas sobre el agua para consumo humano, en el marco de sus propias políticas de agua y saneamiento y de la situación de los contextos regionales o territoriales.

En orden a ello el Código Alimentario Argentino (CAA) reconoce que “La autoridad sanitaria competente podrá admitir valores distintos si la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieren necesario” (CAA, Capítulo XII, Arts. 982 y 983).

El CAA da cuenta, implícitamente, de que sólo el conocimiento de las condiciones naturales del territorio y de las reales situaciones sanitarias y económico-sanitarias que les son propias a cada jurisdicción constituyen bases reales para evaluar la aplicabilidad de criterios, recomendaciones, guías, reglas o pautas suprajurisdiccionales en esta materia.

Esta estrategia es por otra parte la vía de acción razonable por la cual realmente se posibilite en cada territorio provincial la aplicabilidad de reglas y pautas suprajurisdiccionales al respeto, conforme condiciones objetivas que responden a situaciones sanitarias propias de cada jurisdicción; lo que requiere tener en cuenta una multiplicidad de consideraciones en torno a la factibilidad de aplicación real de cualquier regla o norma.

Las normas y la regulación sanitaria son parte de un conjunto mayor de instrumentos que participan en la gestión del agua y del ambiente; e involucran a gran parte de las funciones esenciales de la salud pública, en particular las siguientes:

1. Seguimiento, evaluación y análisis de la situación de salud.
2. Promoción de la salud.
3. Desarrollo de políticas y capacidad institucional para planificación y gestión-
4. Fortalecimiento de la capacidad institucional de regulación y fiscalización
5. Evaluación y promoción del acceso equitativo de la población a servicios de salud.
6. Reducción del impacto de emergencias y desastres en salud de la población.
7. Vigilancia, investigación y control de riesgos.

Las autoridades provinciales tienen competencia para el manejo específico de riesgos; es decir, para tomar decisiones que impliquen la consideración de factores políticos, sociales, económicos, normativos y de ingeniería, con evaluaciones de riesgos relevantes relacionadas con uno o más asuntos, eventos, impactos o peligros potenciales, a fin de desarrollar, analizar y comparar opciones de control y seleccionar respuestas apropiadas para, progresivamente, reducir o eliminar riesgos.

Conceptualmente, el control y reducción progresiva de riesgos es un proceso destinado a seleccionar los medios prácticos para lograr, en horizontes temporales variables, el menor nivel de peligro de acuerdo con los resultados de la evaluación y del manejo de riesgos. Esta evaluación puede ser formal (realizarse en la etapa de análisis de riesgos) o puede depender principalmente de técnicas de juicio profesional.

El elemento vital en la reducción de riesgos es que el proceso conduzca a una mejora permanente (OMS, 1997) progresiva, paulatina (aun cuando el devenir de distintas realidades, en los hechos obligue a que a misma se logre en forma discontinua).-

.....

Apéndice II
Parámetros incluidos

1.1 Características físicas y químicas que pueden afectar la aceptabilidad o estética del agua

Las Tablas 1.1.1 y 1.1.2 guardan relación con los siguientes fundamentos:

1.1.1 *Aluminio (Al)*

El aluminio (Al) es uno de los elementos metálicos más abundantes en el planeta Tierra, constituyendo alrededor del 8% de la corteza terrestre.

Las fuentes más comunes de aluminio en el agua de consumo son las sales de Al utilizadas como coagulante en el tratamiento de agua (OMS, 2018) y las de origen natural.

Cuando la concentración de Al en el agua es mayor a 0,1 mg/L se forma un flóculo de hidróxido de aluminio que puede precipitar y conferir turbidez; también se evidencia un aumento de coloración del agua, especialmente cuando hay presencia de hierro (OMS, 2018).

Habría escasos indicios de toxicidad aguda en el ser humano, a pesar de la frecuente aparición del elemento en el agua de consumo y numerosos alimentos.

La principal vía de exposición de la población al aluminio es el consumo de alimentos, sobre todo si contienen compuestos de aluminio, como los aditivos alimentarios (OMS, 2018).

En general, la contribución del agua de consumo a la exposición total al Aluminio por vía oral suele ser menor que el 5% del ingreso total del mismo (OMS, 2018).

Los datos científicos disponibles no permiten calcular un valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el aluminio en el agua de consumo (OMS, 2018).

1.1.2 *Cloruros (Cl)*

La presencia de elevadas concentraciones de cloruros en agua de consumo humano influye marcadamente sobre el sabor y potencialidad corrosiva de la misma, y en la salud de personas que sufren enfermedades cardíacas o renales.

Los valores límites habituales para cloruros se refieren principalmente a requerimientos de sabor, más que a efectos perjudiciales para la salud. El

umbral de sabor varía según predominen los cationes de calcio, potasio o sodio.

Habría escasos indicios de toxicidad aguda en el ser humano, a pesar de la frecuente aparición del elemento en el agua de consumo y numerosos alimentos.

Los datos científicos disponibles no permite calcular un valor de referencia basado en efectos sobre la salud para cloruros en el agua de consumo (OMS, 2018).

1.1.3 Cobre (Cu)

El cobre es un nutriente esencial y, al mismo tiempo, un contaminante del agua de consumo humano.

Es utilizado para fabricar tuberías, válvulas y accesorios, así como en aleaciones y revestimientos. Las concentraciones de cobre en el agua de consumo humano varían mucho (desde menos de 0.005 mg/L a más de 30 mg/L); y la fuente principal más frecuente es la corrosión interior de las tuberías de cobre.

Cuando el agua que habitualmente se consume adquiere niveles de Cu por encima de lo normado, ello podría deberse a la acción corrosiva del agua sobre el cobre, bronce, latones de cañerías o recipientes; a la contaminación por descargas industriales; o al uso de sulfatos de cobre para control de crecimiento de organismos planctónicos.

Las altas concentraciones pueden interferir con los usos domésticos del agua. Puede manchar la ropa al lavarlas y los sanitarios, a concentraciones superiores a 1 mg/L. En niveles superiores a 5 mg/L, el cobre también imparte color y sabor amargo indeseable al agua.

El elemento Cu es esencial para la nutrición: un adulto requiere hasta 3 mg/día y un niño 2 mg/día; su deficiencia produce anemia nutricional.

El Cu es generalmente considerado como no tóxico a las concentraciones en que se halla normalmente en agua de consumo humano; no existen evidencias de envenenamiento como resultado del consumo de agua con alto contenido de cobre.

La mayor parte del cobre ingerido es excretado.

Aun con algún efecto organoléptico (sabor) el Cu puede ser aceptable en el valor de referencia basado en efectos sobre la salud de 2 mg/L (OMS, 2018).

1.1.4 Color

El color de un agua puede ser de origen mineral (p. ej: debido a compuestos de hierro y/o manganeso, por impurezas naturales o resultado de la corrosión); de origen orgánico (por casos, descomposición de materiales orgánicos, materia húmica, algas, plantas acuáticas y protozoarios); y/u originado por residuos solubles orgánicos e inorgánicos producidos por las industrias, en cuyo caso puede advertirnos de alguna implicancia de peligro.

Normalmente el agua de consumo no debe tener color apreciable. Colores de hasta seis (6) unidades (en escala Pt-Co) no son perceptibles por la mayoría de usuarios, al observar pequeños volúmenes de agua (p.ej.: un vaso o jarra de uso doméstico).

Colores de quince (15) unidades podrían ser percibidos por los usuarios; pero podrían no ser objetables.

Valores superiores pueden evidenciar deficiencias en el tratamiento del agua, posible generación de subproductos en los procesos de desinfección, o algún desmejoramiento de la calidad en la red de distribución; coloraciones que no justifican por sí el rechazo del agua para la provisión, *si su origen - cuidadosamente investigado- no generar sospechas respecto de su inocuidad*.

No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el color en el agua de consumo (OMS, 2018).

1.1.5 Detergentes

En muchos países, los detergentes sintéticos aniónicos persistentes se han sustituido por otros que se biodegradan con más facilidad; por lo que han disminuido sustancialmente la presencia de aquellos en fuentes de agua.

detección de detergentes puede indicar la contaminación del agua con otras de tipo residual (OMS, 2018). Los niveles de detergente en agua de consumo no deben generar espumas ni problemas de sabor.

1.1.6 Dureza Total (expresada como CO_3Ca)

La dureza de las aguas se relaciona principalmente con sales de Calcio (Ca^{2+}) y Magnesio (Mg^{2+}) presentes en el agua⁵. La dureza *temporaria* se debe a la presencia de carbonatos de estos cationes; mientras que la *permanente* se manifiesta cuando en el agua hay sulfatos, cloruros o nitratos de tales elementos químicos.

La dureza del agua se expresa como concentración de carbonato de calcio (CO_3Ca).

El valor del umbral sensorial se encuentra entre poco menos de 100 y 300 mg/L, según predomine el ión Mg o Ca; en muchos casos los consumidores toleran un valor de dureza de agua algo mayor a 500 mg/L.

La OMS (2018) no recomienda ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la dureza del agua de consumo.

1.1.7 Hierro Total (Fe)

El hierro (Fe), elemento esencial para la nutrición humana, particularmente del hierro en su estado de oxidación (II). Las necesidades diarias mínimas de este elemento (10 a 50 mg/día) varían en función de la edad, sexo, estado físico y la biodisponibilidad del hierro.

⁵ Otros cationes, tales como aluminio, manganeso, hierro, zinc en cantidades significativas, también inciden en la dureza del agua.

El Fe es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre; en aguas dulces naturales está presente generalmente en concentraciones de 0,5 a 50 mg/L. También puede haber hierro en el agua de consumo humano, debido al uso de coagulantes de hierro o a la corrosión de tuberías de acero o hierro fundido en las redes de distribución del agua.

Las aguas ferruginosas y manganosas pueden dar lugar a que se desarrollen las denominadas bacterias del hierro y del manganeso en depósitos o conductos donde existan zonas de poca circulación del agua, confiriendo: a las tuberías, la formación de una capa viscosa; y al agua, un olor fétido y/o color.

En el caso del Fe el color se debe a la presencia del ión ferroso (Fe^{2+}): al estar en contacto con la atmósfera, se oxida a férrico (Fe^{3+}) y tiñe el agua con tonalidades pardas.

No se aprecia ningún sabor en aguas con concentraciones de hierro por debajo de 0.3 mg/L, aunque pueden aparecer turbiedad y coloración. En concentraciones mayores a 0,3 mg/L, el Fe mancha la ropa lavada y accesorios de fontanería.

No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el hierro (OMS, 2018).

1.1.8 Manganese (Mn)

El manganeso (Mn) es un elemento esencial en la alimentación del ser humano y animales; tanto la carencia como la sobreexposición pueden causar efectos adversos.

Está presente de forma natural en muchas fuentes de agua superficial y subterránea, sobre todo en condiciones anaerobias o de micro oxidación.

Su deficiencia produce alteraciones en el desarrollo, en la producción de sangre, en la formación de los huesos y en la reproducción.

Por otra parte, la presencia elevada de Mn en aguas de consumo origina algunos inconvenientes: por encima de 0,1 mg/L puede producir turbiedad, sabor indeseable, manchas (ropa, sanitarios y recipientes); además de depósitos en los sistemas de distribución. Aún a concentraciones de 0,2 mg/L, el Mn tiende a formar una película en las cañerías, que puede desprenderse como un precipitado negro.

El valor recomendado basado en la salud (OMS, 2018) es cuatro veces superior al umbral gustativo (0,1 mg/L). Precisamente, estando aquel valor (0,4 mg/L) muy por encima de concentraciones de manganeso que normalmente se encuentran en el agua potable, la misma OMS no lo ha considerado necesario para derivar un valor de referencia formal.

1.1.9 pH

El pH, aunque por sí mismo no afecte directamente a los consumidores, es uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua.

Un pH inadecuado del agua de consumo humano, puede ocasionar desmejoramiento de su calidad: por aumento del color o turbiedad, o eventualmente facilitando la incorporación de metales como Plomo, Zinc, Hierro u otros.

El pH también afecta la eficiencia de la desinfección durante el proceso de potabilización: para que la desinfección del agua sea eficiente es preferible que la misma tenga un pH menor a 8, sin embargo el agua con pH bajo puede ser corrosiva.

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

La OMS (2018) no propone valor de referencia basado en efectos sobre la salud.

1.1.10 Sabor y Olor

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

En aguas de suministros para el consumo, eventuales sabores y olores en el agua pueden ser originados por contaminantes químicos (naturales o sintéticos, orgánicos e inorgánicos), fuentes o procesos biológicos (microorganismos acuáticos, o resultante de actividades metabólicas de algas); o por funcionamiento deficiente de algún proceso durante la captación, tratamiento, conducción y/o distribución del agua.

El agua para consumo humano debe presentar olor y sabor inobjetable para la mayoría de los usuarios: debe tener aspecto, sabor y olor aceptables en general.

La Tabla 1.1.2 presenta información de origen o fuente, incidencia en sabor/olor y umbrales de percepción o detección sensorial de sustancias que se describen a continuación:

1.1.10.1 Amoníaco

Además del amoníaco en su forma no ionizada (NH_3), se incluye la forma ionizada, o ión amonio (NH_4).

El NH_3 ambiental procede de procesos metabólicos (es uno de los principales productos del metabolismo de mamíferos), agropecuarios (en especial de la explotación ganadera intensiva) e industriales, así como de la desinfección con cloramina.

El amoníaco es, por otra parte, un indicador de posible contaminación del agua con bacterias, aguas residuales o residuos de animales.

La presencia de amoníaco en el agua puede reducir la eficiencia de la desinfección, ocasionar la formación de nitritos en sistemas de distribución,

obstaculizar la eliminación de manganeso mediante filtración y producir problemas organolépticos.

El amoníaco en agua de consumo no tendría repercusiones inmediatas sobre la salud: la IARC y la EPA no han clasificado al amoníaco en cuanto a carcinogenicidad; la OMS no ha propuesto un valor de referencia basado en efectos sobre la salud.

Sin embargo, amoníaco y amonio pueden, a pH alcalino, ocasionar problemas de sabor y olor en el agua de consumo. La concentración correspondiente al umbral olfativo del amoníaco a pH alcalino es de aproximadamente 1.5 mg/L, y se ha sugerido un umbral gustativo de 35 mg/L para el catión amonio. Estas concentraciones de amoníaco no tienen un impacto directo en la salud y no se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud (OMS,2018).

El amoníaco reacciona con cloro libre y forma cloraminas (OMS, 2018).

1.1.10.2 Cloraminas

Se consideran subproductos de la cloración del agua. También suele añadirse monoclорaminas en sistemas de distribución de agua, con el fin de mantener una actividad residual de desinfección. El uso de cloraminas para desinfectar el agua disminuye la formación de trihalometanos, pero es menos eficaz que el cloro; por otra parte suelen formarse otros subproductos: halocetonas, cloropirina, cloruro de cianógeno, ácidos haloacéticos, haloacetónitros, aldehídos y clorofenoles.

La mayoría de las personas puede detectar con el olfato o gusto la presencia de monoclорamina en el agua, generada por la reacción del cloro con el amoníaco, en concentraciones mucho menores a 5 mg/L; y algunas a niveles tan bajos como 0,3 mg/L.

El umbral gustativo de monoclорamina es menor que su valor de referencia basado en efectos sobre la salud: 3 mg/L (OMS, 2018).

1.1.10.3 Cloro (residual)

El cloro (Cl) se produce en grandes cantidades y es utilizado habitualmente en el ámbito industrial y doméstico como importante desinfectante y como lejía; reacciona con el agua formando ácido hipocloroso o hipocloritos. En particular, se utiliza ampliamente para la desinfección de piscinas y es el desinfectante y oxidante más utilizado en la potabilización.

La mayoría de las personas pueden detectar, mediante el olfato o el gusto, la presencia de Cloro en el agua de consumo, a concentraciones menores a los 5 mg/L.

Si la concentración de cloro libre residual alcanza valores de 0,6 mg/L o más, es posible que consumidores encuentren desagradable el sabor del agua. Independientemente del umbral de percepción (Tabla 1.1.2) el agua de consumo debe acreditar contenidos de Cloro residual activo conforme Sección 1.7.2 y Tabla 1.7.2.

El umbral gustativo del cloro es menor que su valor de referencia basado en efectos sobre la salud, de 5 mg/L (OMS 2018).

1.1.10.4 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, o bien como productos de degradación de herbicidas fenoxiácidos.

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 olfativos y gustativos del 2-clorofenol, el 2,4-diclorofenol y el 2,4,6-triclorofenol en agua son los indicados en Tabla 1.1.2;
- Por otra parte, en sistemas de distribución puede haber microorganismos que metilen clorofenoles y produzcan cloroanisol, cuyo umbral olfativo es más bajo (OMS, 2018).

Si el agua que contiene 2,4,6-triclorofenol no tiene ningún sabor, y es poco probable que suponga un riesgo importante para la salud.

1.1.10.5 Etilbenceno

El etilbenceno es un hidrocarburo bencénico cuyo umbral de sabor varía de 72 a 200 µg/L, y el de olor (aromático) entre 2 y 130 µg/L; ambos muy inferiores al valor de referencia basado en la salud: 0,3 mg/L (OMS, 2018).

1.1.10.6 Geosmina

La geosmina es uno de los principales compuestos que causan problemas de calidad del agua con sabores y olores; a menudo se presenta con bajas concentraciones de células de *Anabaena*. Fue identificada a partir de cultivos de actinomicetos

Los actinomicetos y hongos pueden ser abundantes en aguas superficiales. También pueden crecer en partes del sistema de distribución de agua manufacturados con materiales inadecuados (p.ej: caucho).

Los actinomicetos y hongos, las floraciones de cianobacterias y otras algas, pueden producir geosmina, 2-metil isoborneol y otras sustancias, lo que resulta en sabores y olores objetables en el agua potable (OMS 2018).

La presencia de geosmina, aunque no es tóxica, presenta un olor muy similar al que produce el insecticida organoclorado, comercialmente denominado “gamexane”.

1.1.10.7 2-Metilsoborneol (MIB)

Suele tener similar origen que la geosmina; y, en ocasiones, también puede causar trastornos respiratorios y digestivos en personas sensibles. (Echenique R., et al., 2006).

Este compuesto no sería tóxico, aunque altera significativamente las características organolépticas del agua al generar olores y sabores desagradables.

1.1.10.8 Monoclorobenceno

Sus umbrales de olor suelen ser de 40 a 120 µg/L y los de sabor de 10 a 20 µg/L.

No se ha derivado valor de referencia basado en salud, aunque el que podría derivarse supera con creces el sabor más bajo reportado y umbral de olor en el agua (OMS 2018).

1.1.10.9 Sulfuro de hidrógeno

El particular olor del sulfuro de hidrógeno (“huevo putrefacto”) resulta especialmente perceptible en ciertas aguas estancadas: charcos, pozos, en alguna parte del sistema de distribución (puntos ciegos) o tanques; ello se debe al agotamiento del oxígeno y a la consiguiente reducción del sulfato por la actividad bacteriana.

Se considera que los umbrales gustativo y olfativo del sulfuro de hidrógeno en el agua se encuentran entre 0,05 y 0,1 mg/L.

Cuando el agua de consumo contiene sulfuro de hidrógeno, los consumidores pueden detectarlo con facilidad y es necesario aplicar inmediatamente medidas correctoras.

El sulfuro se oxida rápidamente a sulfato en aguas bien oxigenadas o cloradas: por lo tanto el nivel de sulfuro de hidrógeno en suministros de agua suelen ser muy bajos.

No es muy probable que una persona pueda ingerir una dosis dañina de sulfuro de hidrógeno en el agua de consumo; por lo que para este compuesto no se ha derivado un valor de referencia basado en la salud (OMS, 2018).

1.1.10.10 Tolueno

Es un hidrocarburo bencénico (Sec. 1.4.3) de olor dulce, picante, parecido al benceno.

Los rangos de umbral de sabor informados son de 0,04 a 0,12 mg/L; y los de olor en agua son de 0,024 a 0,17 mg/L.

Por lo tanto puede afectar la aceptabilidad del agua en concentraciones menores al valor de referencia basado en la salud: 0.7 mg/L (OMS, 2018).

1.1.10.11 Xileno

El xileno es un hidrocarburo bencénico (Ver Sección 1.4.3) *con umbral de percepción bastante mayor que el anterior (0,3 mg/L).*

Se ha informado un umbral de olor, para los isómeros de xileno en el agua, entre 0.02 y 1,8 mg/L, muy por debajo del valor de referencia basado en la salud: 0,5 mg/L (OMS, 2018).

1.1.11 Sodio (Na)

Las sales de sodio (cloruro sódico, la más conocida) se encuentran en casi todas las preparaciones de alimentos -principal fuente de exposición diaria- y en el agua de consumo; las concentraciones de sales de sodio (Na) en el aire son normalmente bajas con respecto a las presentes en los alimentos o el agua.

Aunque las concentraciones de sodio en el agua de consumo son por lo general inferiores a los 20 mg/L, en muchos lugares pueden superar en gran medida esta cantidad.

No se pueden extraer conclusiones definitivas respecto a la asociación entre presencia de Na en agua y la hipertensión arterial; por consiguiente, no se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos del Na sobre la salud (OMS 2018). No obstante, si las concentraciones rebasan los 200 mg/L, el agua podría tener un gusto inaceptable.

1.1.12 Sólidos Disueltos Totales (SDT)

La concentración elevada de “sólidos disueltos totales” (SDT)⁶ en agua de consumo ocasiona varios inconvenientes: influencia sobre el sabor (que suele guardar relación con excesos en otros parámetros tales como cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, sodio y potasio); precipitación y depósitos (en calderas, cañerías o recipientes de uso doméstico, en especial durante la cocción de alimentos); corrosión en instalación de redes de distribución como consecuencia de mayor conductividad del agua, pudiendo con ello desmejorarse su calidad en orden a color, turbiedad, presencia de hierro, plomo o zinc, entre otros.

Para que un agua no sea excesivamente agresiva debe contener una concentración mínima de sólidos disueltos: se considera que la concentración salina de aguas de buena calidad no debe ser menor 50 mg/L.

Por otra parte, la presencia de concentraciones altas de SDT en el agua de consumo (del orden de 1.500 mg/L) puede no agradar a los consumidores.

Aguas con SDT > 2.000 mg/L en general presentan sabores desagradables, pueden no calmar satisfactoriamente la sed y hasta resultar laxantes en personas no habituadas a estas aguas.

No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para los SDT (OMS 2018).

1.1.13 Sulfatos(SO₄²⁻)

Los sulfatos se encuentran naturalmente en las aguas como resultado de la lixiviación del yeso y otros minerales comunes que contienen azufre (S). 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

⁶ En diferentes protocolos de análisis de agua pueden encontrarse indistintamente las expresiones SD (sólidos disueltos) o bien ST (Sólidos totales).

de energía para las sulfo-bacterias que transforman a los sulfuros en sulfatos. Pueden asimismo provenir de diversas descargas industriales.

La limitación impuesta al contenido de $\text{SO}_4^{=}$ se basa principalmente en que, dependiendo de su concentración, puede conferir al agua sabor desagradable y ejercer acción laxante en personas no habituadas a su ingestión⁷. Sin embargo, son frecuentes en nuestro país los abastos públicos con concentraciones $\text{SO}_4^{=}$ superiores a 250 mg/L sin que se hayan observado efectos fisiológicos perjudiciales.

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 a 250 mg/L, Sulfato de Magnesio: 400 a 600 mg/L y Sulfato de Calcio: 250 a 900 mg/L.

En la más reciente edición de las recomendaciones internacionales o guías para la calidad del agua potable (OMS, 2018) no se proponen valores de referencia basados efectos sobre salud, para este ítem.

1.1.14 Temperatura (T°)

El agua fría generalmente es más apetecible que el agua tibia. Altas temperaturas del agua aumentan el crecimiento de microorganismos y pueden agravar problemas relacionados con sabor, olor, color y corrosividad del agua.

No se establece un valor de Temperatura para agua de consumo; sí una valoración conceptual: la T° no debe hacer que los usuarios sientan rechazo. La T° tiene influencia en la aceptabilidad de varios otros constituyentes inorgánicos y contaminantes que pueden afectar el sabor (OMS, 2018).

1.1.15 Turbiedad o Turbidez

La turbidez o turbiedad en el agua es causada por partículas suspendidas o materia coloidal que obstruye la transmisión de luz a través del agua; puede ser causado por materia inorgánica u orgánica, o bien combinación de ambas. Hasta una unidad (1 UNT) la turbiedad no es perceptible para la mayoría de usuarios; puede observarse inicialmente a simple vista por encima de aproximadamente 4,0 NTU (OMS, 2018).

El valor de turbiedad del agua tiene significancia bajo puntos de vista distintos:

- * Estéticos: Los consumidores tienden a rechazar aguas que no sean límpidas, 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 bacterial.

La turbiedad es un parámetro operativo importante en el control de los procesos de tratamiento, y su nivel puede incluso utilizarse como indicador

⁷ Este efecto es mayor con el SO_4Mg .

de posibles dificultades, sobre todo en la coagulación, sedimentación y en la filtración.

Valores de turbidez ≤ 1 UNT potencian la eficacia de la desinfección del agua; y en el caso de fuentes expuestas a contaminación (cloacal sobre todo) es recomendable que el agua tratada y liberada al consumo tenga una Turbidez $\leq 0,5$ UNT.

Valores de turbiedad ≤ 3 UNT no son en general objetables bajo el punto de vista higiénico; sin perjuicio de que puedan indicar, eventualmente, alguna deficiencia de tratamiento o un desmejoramiento de la calidad en el sistema de distribución.

Sin embargo, valores de turbiedad ocasionalmente superiores al valor máximo permitido (VMP) no justifican de por sí el rechazo del agua, si su origen -cuidadosamente evaluado- no implica riesgos para la salud.

Para juzgar un agua de turbiedad elevada deben simultáneamente considerarse otros parámetros, entre ellos y principalmente el resultado de análisis biológicos.

1.1.16 Zinc (Zn)

El zinc o cinc (Zn) es un elemento esencial para la nutrición: los requerimientos diarios fluctúan entre 4 y 10 mg., según edad y sexo. La ingesta prolongada de cantidades superiores no provocaría efectos negativos.

El agua de suministros públicos para consumo humano rara vez tiene una concentración de Zn superior a 0,1 mg/L. El valor máximo permitido (VMP) se basa en consideraciones organolépticas, puesto que el agua con Zn en cantidades superiores, tiene un sabor astringente desagradable, adquiere opalescencia e incluso producir una película grasosa cuando se la hierva.

No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en la salud para el zinc en el agua potable (OMS, 2018).-

1.2 Componentes inorgánicos que pueden afectar la salud.

La mayoría de los conocimientos sobre el potencial de daño o toxicidad que ciertos componentes del agua pueden tener para el ser humano está basada en observaciones clínicas y experimentos con animales. Los métodos convencionales para determinar la toxicidad, no siempre son adecuados para evaluar los riesgos a largo plazo (sobre todo los ligados a carcinogénesis, teratogénesis, y efectos mutágenos).

De hecho, en las dosis en que habitualmente se encuentran en el agua de consumo humano, ninguno de los compuestos hallados puede provocar un fenómeno de toxicidad aguda; sin perjuicio de que en determinadas zonas y características geográficas y poblacionales el agua pueda provocar cuadros de intoxicación en lapsos diversos.

Ciertos elementos, debido a su presencia y concentración, hacen rechazar el empleo de un agua que les contenga; otros pueden ser en general aceptados o tolerados si no se sobrepasan ciertos límites y otras condiciones.

En general, no todos los elementos y sus compuestos actúan con igual toxicidad sobre la salud humana; e incluso algunos con cierta capacidad de daño no causan enfermedades en determinadas condiciones, siendo muchas las variables que en ello podrían influir.

Respecto a ello, debiera tenerse en cuenta la posibilidad de sinergismo entre la toxicidad de las sustancias, es decir: no solamente el efecto de un tóxico considerado aisladamente, sino también un efecto nocivo superior a la suma de los mismos efectos adversos de todos los elementos tóxicos presentes.

Algunos países imponen un límite a la presencia simultánea de diferentes productos, cuyas concentraciones deben satisfacer la relación siguiente:

$$\sum (C_i / CMA_i) < 1; \text{ donde:}$$

C_i = Contenido del elemento en cuestión en el agua; y

Las Tablas 1.2.1 y 1.2.2 contienen valores admitidos para los elementos que se presentan a continuación:

1.2.1 Antimonio (Sb)

El antimonio (Sb) no es un elemento abundante; raras veces se encuentra en forma natural, a menudo como una mezcla isomorfa con arsénico (la allemonita).

Su presencia no es importante en aguas naturales; las concentraciones en aguas naturales, subterráneas y superficiales, son normalmente de 0,1 a 0,2 µg/L.

La ingesta diaria de antimonio es, al parecer, significativamente mayor que la exposición por inhalación. Pero en general la exposición total procedente de fuentes medioambientales, alimentos y agua de consumo es muy baja comparada con la exposición por motivos laborales; en aguas de consumo raramente supera los 5 µg/L.

Dado que la fuente más común de antimonio en aguas de consumo parece ser la disolución de cañerías y accesorios metálicos de fontanería, el control del antimonio en estos casos se realizaría mediante el control de estos productos.

El tipo de antimonio en el agua de consumo es un determinante clave de su toxicidad; al parecer, el procedente de materiales que le contienen está en forma de oxoanión de antimonio (V), que es la forma menos tóxica. Aunque hay algunos indicios de la capacidad cancerígena de ciertos compuestos de

antimonio por inhalación, no hay datos que indiquen capacidad cancerígena por vía oral.

1.2.2 Arsénico (As)

Independientemente de algunas actividades humanas con incidencia en contaminación arsenical del aire, suelos y aguas (minas, fundiciones, algunas actividades de la industria maderera u otras) el arsénico (As) se encuentra ampliamente distribuido en forma natural tanto en la corteza terrestre como en la atmósfera.

Raramente se presenta en forma elemental sino como compuesto inorgánico y, especialmente en la biota marina, como compuesto orgánico; siendo más tóxica la primera forma. Se encuentra en sedimentos y aguas subterráneas, y asociado en muchos casos a otras sustancias (p. ej.: flúor, a veces selenio y/u otros).

Su concentración suele ser significativa en algunas formaciones geológicas ricas en arsénico, o bien en suelos y aguas vecinas a áreas mineras, fundiciones, industrias madereras y en terrenos agrícolas donde se usen o hayan usado plaguicidas arsenicales. Es común encontrar As en aguas naturales, por lo general en mayor concentración en las subterráneas (v.g.: Argentina, Bangladesh, Chile, China, India, México, Estados Unidos).

Las concentraciones en aire son del orden de nanogramos: en áreas remotas podrían alcanzar 1 a 3 ng/m³; en ambientes urbanos pueden estar entre 20 y 30 ng/m³.

Las concentraciones en alimentos varían según el tipo de alimento y su procedencia. Los alimentos marinos pueden llegar a tener cantidades importantes de arsénico pero en general bajo la forma menos tóxica de compuestos orgánicos (OMS, 1981).

Los niveles en aguas naturales “generalmente oscilan entre 1 y 2 µg/L, aunque las concentraciones pueden ser elevadas (hasta 12.000 µg/L) en áreas que contienen fuentes naturales” (OMS, 2018).

El agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento en muchas zonas argentinas de la Región Pampeana, NEA y NOA; por lo que muchas poblaciones dependen casi exclusivamente de este recurso en el país.

El origen de As en estas aguas es esencialmente de tipo natural, por disolución del arsénico contenido generalmente en sedimentos loésicos que, entre otros, contienen minerales de origen volcánico. La variabilidad del contenido arsenical allí puede deberse a factores químicos, litológicos y/o hidráulicos: acuíferos instalados en sedimentos finos (de tipo loésico o similar), bajas velocidades de circulación, pH altos, ambientes oxidantes, aguas bicarbonatadas sódicas, entre otros factores.

Es conocido que la exposición humana al arsénico ambiental puede ocurrir a través del aire, de los alimentos o el agua que se consume. La

inhalación y/o la ingesta prolongada que impliquen altas dosis de As produce, con el tiempo, efectos adversos carcinogénicos y no carcinogénicos.

En la población no ocupacionalmente expuesta, en general la principal vía de ingreso del As al organismo es la digestiva: por el agua y alimentos.

El consumo de aguas con altas concentraciones de As durante largos períodos de tiempo se asocia a distintas afecciones de la salud; una de las cuales ha sido denominada Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE) o “mal de Bell Ville”, caracterizada por presentar lesiones en piel y alteraciones sistémicas cancerosas y no cancerosas, que se pueden manifestar a lo largo de un periodo variable de tiempo.

La Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer, de la OMS (International Agency for Research on Cancer - IARC), clasificó al arsénico y los compuestos de arsénico como cancerígenos para los seres humanos con base en estudios epidemiológicos que relacionan la ingestión de arsénico en agua con algunos cánceres y estudios ocupacionales que relacionan la exposición respiratoria al arsénico con cáncer de pulmón. Evaluando evidencias epidemiológicas de estudios de la India, norte de Chile, Córdoba (Argentina), Taiwán -valores frecuentes de As en agua de 400 a 800 µg/L- y Bangladesh -aguas de hasta 500 o 1000 µg/L-, concluye que existe evidencia para confirmar la asociación entre la exposición a altos valores de As a través del consumo de aguas y el cáncer de pulmón, vejiga y piel.

La IARC (2012) también enuncia que *la evidencia es aún limitada* para la asociación entre la exposición a As por agua de consumo humano y cáncer de hígado, riñón y próstata Hopenhayn-Rich et al (1996 ,1998), Hinwood et al. (1999), Kurtio (1999), Lewis et al. (1999), Bates et al (1992, 2004), Steinmaus et al (2003), Marshal et al (2007).

No obstante, la exposición a altas dosis de As durante tiempo prolongado ocasiona a largo plazo problemas en salud, por lo que es uno de los elementos importantes a considerar en el análisis de aguas para consumo.

La información científica acumulada a nivel mundial permite ensayar cuatro categorías o niveles de exposición al arsénico según su concentración en el agua de consumo humano y según la frecuencia y gravedad de los efectos asociados; a saber: a) *Muy alto* (valores de As > 400 µg/L); b) *Alto* (intervalo de 100 < As ≤ 400 µg/L); c) *Mediano* (intervalo de 50 < As ≤ 100 µg/L); y d) *Bajo* (valores de As por debajo de los 50 µg/L).

El riesgo no carcinogénico en la salud aumenta (no necesariamente en forma lineal) con la exposición prolongada a valores superiores a los 50 µg/L de As en el agua de consumo. La frecuencia y la gravedad, y el tipo de efecto, disminuyen con el descenso de las concentraciones (curva dosis / respuesta y relación dosis / efecto, respectivamente).

Por otra parte, en los efectos del As u otros elementos o compuestos sobre la salud pueden influir *variables fisiológicas, genéticas, capacidad de*

biotransformación, dieta, estado general de salud, los hábitos, factores ambientales de tipo físico con carácter debilitante (p.e. condiciones de ambiente laboral), así como también la eventual presencia de otras sustancias en el agua de consumo. En las mismas Guías para la Calidad de Agua Potable de la OMS se ha informado (en relación al cáncer de piel, asociado al As) que *“puede existir una sobreestimación del riesgo real, debido a la posible contribución de otros factores a la incidencia de esa enfermedad en la población y a posibles variaciones metabólicas dependientes de la dosis que no se tuvieron en cuenta”* (OMS, 1993).

Entre las diferencias individuales habrá de considerarse la influencia de ciertas variables protectoras (p. ej.: capacidad de metilación de arsénico) y modificadoras de efecto (p. ej.: alto o bajo consumo de proteínas), entre otras.

Los efectos tóxicos se manifiestan en personas de distinta edad y condición social. Se identifican como grupos e individuos más susceptibles: niños, mujeres embarazadas, tabaquistas, individuos con estado nutricional deficitario, personas que *tienen bajas capacidades de biotransformación o metilación y/o con enfermedades preexistentes* (ATSDR, 2007).

En resumen: los síntomas y signos asociados a elevados niveles de exposición prolongada (As inorgánico) son muy diversos y difieren entre las personas, grupos de población y zonas geográficas.

El efecto depende de la concentración ambiental, lapso y condiciones de exposición, la dosis y la sensibilidad de las personas, entre otros factores.

En orden a la *magnitud* del riesgo con bajas concentraciones ambientales de As, no existiría certidumbre científica universal, incuestionable al respecto.

En efecto, no se tienen certezas absolutas de la magnitud de efectos del $As \leq 50 \mu g/L$: *a distintas concentraciones menores a 50 $\mu g/L$ de As en agua de consumo, existe todavía controversia acerca de la magnitud diferencial de riesgo para la salud; el que para algunos investigadores podría estar subestimado y para otros sobreestimado.*

Desde una perspectiva clínico-epidemiológica, el riesgo está relacionado con varios factores, como la dosis, la duración de la exposición, la forma físico-química del compuesto arsenical, y -en síntesis- otros factores individuales⁸ o poblacionales asociados a la situación socio-económica, el estado nutricional, la genética, capacidad de biotransformación⁹, el estado general de salud (v.g.: hipertensión, diabetes), el sexo, los hábitos (actividad física, tabaquismo, tipo de dieta diaria, niveles de consumo de proteínas, otros).

⁸ El espectro de síntomas podría verse disminuido con un saludable régimen de actividades físicas, el cese del tabaquismo y con dietas nutritivas de alto contenido proteico de buena calidad, sea de origen animal o vegetal (ej.: lenteja, soja, trigo). Por el contrario, afecciones como la diabetes o la hipertensión arterial agregarían un riesgo potencial a poblaciones expuestas al As.

⁹ Algunos estudios vinculan el componente genético con la capacidad de depuración del arsénico del organismo. (Esparza C. et al, 2004).

Existen además muchas y disímiles condiciones de exposición externas al individuo, que también podrían incidir sobre la mayor o menor “vulnerabilidad” de éste, tales como: nivel de acceso a servicios públicos de agua y saneamiento, insolación, presencia en el agua de otros elementos químicos, entre otros. Por caso: efecto morigerador del Se ante la toxicidad del arsénico en situaciones de exposición simultánea a ambos elementos, lo cual podría incidir en la interpretación de los resultados de estudios de exposición crónica al arsénico. (Toxicological Profile para selenio, ATSDR).

En el año 2018 el Comité Mixto de Expertos en Aditivos Alimentarios (FAO/WHO/JEFCA), reevaluó los efectos del As en salud, según nuevos datos disponibles. Entre sus conclusiones destaca que donde las concentraciones de arsénico inorgánico en agua de bebida superan los 50 µg/L hay frecuentes evidencias de efectos adversos.

Pero para regiones donde las concentraciones de As en agua están entre 10 y 50 µg/L el Comité concluyó que, si bien existe riesgo de efectos adversos, éste sería mínimo y los efectos se presentarían con una incidencia tan baja que sería difícil detectarlos mediante estudios epidemiológicos.

En definitiva, “persiste una considerable incertidumbre sobre los riesgos reales a bajas concentraciones”, y “los datos disponibles sobre el modo de acción no proporcionan una base biológica para uso de la extrapolación lineal o no lineal” (Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos / OMS, 2018).

“También existe incertidumbre sobre la contribución del arsénico en los alimentos (una mayor ingesta de arsénico inorgánico a partir de los alimentos conduciría a una estimación de riesgo más baja para el agua) y el impacto de factores como la variación en el metabolismo del arsénico y el estado nutricional. Algunos estudios en áreas con concentraciones de arsénico algo superiores a 50 µg/L no han detectado efectos adversos relacionados con el arsénico en los residentes” (OMS, 2018).

En este contexto general, en documentos oficiales de Argentina se reconoce incluso que “la definición del límite aceptable de arsénico en agua de bebida será una decisión técnica que tendrá en cuenta diferentes factores que dependen del contexto nacional, regional y local. El límite máximo a cumplir resultará de armonizar condiciones adecuadas en dichos ámbitos, adaptándolo a las circunstancias ambientales, sociales, económicas y culturales existentes, así como el establecimiento de prioridades.”¹⁰

1.2.3 Bario (Ba)

El bario (Ba), oligoelemento presente en rocas ígneas y sedimentarias, ocupa el decimoctavo lugar en abundancia en la corteza (0,04%, valor intermedio entre el calcio y el estroncio, los otros metales alcalinotérreo).

¹⁰ Comunicaciones oficiales de la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación al Consejo Hídrico Federal (COHIFE): NO-2019-52957780-APN-DNAPS#MI y NO-2019-52991758-APN-SIPH#MI.-

Sus compuestos tienen una gran diversidad de aplicaciones industriales.

El bario en el agua proviene principalmente de fuentes naturales. La concentración en aguas de consumo generalmente es inferior a 100 µg/L, aunque en algunas procedentes de fuentes subterráneas se han registrado concentraciones superiores.

No hay pruebas de que el Ba sea cancerígeno o mutágeno. Produce nefropatías en animales de laboratorio, pero el criterio de valoración toxicológico que implica un mayor riesgo para las personas parece ser su potencial para causar hipertensión.

1.2.4 Boro (B)

El boro (B) es un elemento no metálico frecuentemente encontrado en la corteza terrestre. Su presencia en el ambiente deviene de fuentes naturales (océanos, volcanes y vapores geotérmicos), y por acción antrópica a partir de las industrias. Los compuestos de boro comunes incluyen: ácido bórico, tetraborato de sodio (bórax) y óxido de boro.

En nuestro país, en la Puna salteña se encuentra un salar importante con alto contenido de sales de boro, entre otras. Los minerales que contienen boratos se extraen y procesan para ser utilizados en industrias de las comunicaciones, energía, vidrio y la cerámica, en la producción de baterías, jabones, detergentes, blanqueadores, retardantes del fuego, algunos fertilizantes foliares y productos para preservar madera.

La concentración de boro en aguas dulces es por lo general baja a nivel mundial.

En principio, los organismos del reino animal, incluidos los seres humanos, en general no necesitan boro para su desarrollo y funcionamiento.

En humanos la exposición al boro se produce principalmente a través de la ingesta de alimentos y agua. La concentración de B en agua de consumo en la mayor parte del mundo sería 0,1 a 0,5 mg/L (OMS). Se excreta en la orina.

Su efecto sobre la salud humana no está claramente definido. Algunas evidencias provenientes de diversos ensayos de mutagenicidad concluyeron que el ácido bórico y el bórax no se asociarían con ello.

1.2.5 Cadmio (Cd)

El cadmio (Cd) es un elemento relativamente raro en la corteza terrestre; con frecuencia se presenta asociado con minerales de Zinc y Plomo, pudiendo también encontrarse trazas en algunos carbones minerales y petróleo.

Se lo utiliza en la industria metalúrgica, del plástico, de plaguicidas y fertilizantes. Sus compuestos son muy utilizados también como componentes de pilas eléctricas.

El Cd en el aire proviene de algunas actividades de la minería y otras industrias, de la combustión del carbón o desechos domésticos (El Cd es liberado en procesos de combustión en plantas incineradoras)

Ingresa en el agua normalmente a partir de derrames, o escapes en sitios de desechos peligrosos, o por mal uso de fertilizantes y/o de sus contenedores. La solubilidad en aguas es diversa según la fuente de origen y la acidez del agua.

La principal vía de exposición al Cd es través de los alimentos; siendo el consumo de tabaco una fuente adicional significativa.

Las aguas de consumo normalmente son pobres en Cd. Pero es posible que los niveles 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 lo contenga en su constitución; en tal caso es probable que el nivel de Cd en una muestra de agua sea función del tiempo que dicha agua haya estado en contacto con el sistema de plomería.

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

Tiene un prolongado tiempo de vida media en el cuerpo humano (10 a 20 años o más), por lo que se acumula con la edad. El Cd absorbido se encuentra en sangre, tanto en los glóbulos rojos como en el plasma, unido a proteínas ricas en grupos sulfhídricos.

La IARC, clasifica el Cd y compuestos en el grupo 2A por inhalación. No hay pruebas de su carcinogenicidad por vía oral ni pruebas definitivas de su genotoxicidad (OMS, 2018).

1.2.6 Cianuro (CN)

El ácido cianhídrico (HCN) 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 (forma menos tóxica) ocurrirá a niveles de pH de 8,5 o superiores.

En las aguas naturales los cianuros son descompuestos por la acción de las bacterias. En general en aguas crudas, su concentración es menor de 0,1 mg/L, excepto en los casos de serias contaminaciones, principalmente descargas industriales.

En países desarrollados el cianuro puede ser encontrado en alimentos y agua de consumo, principalmente por efecto de la contaminación industrial

En nuestro país se han detectado en los ríos Uruguay, Paraná e Iguazú, concentraciones de cianuro en un rango muy bajo: de 0,002 a 0,03 mg/L (SRHN 2003).

La toxicidad aguda de cianuros es alta. En ciertas poblaciones se observan efectos en tiroides y, en particular, en el sistema nervioso; el HCN ocasiona lesiones nerviosas análogas a las de monóxido de carbono, atrofia muscular de miembros, dismetría y convulsiones epileptoides.

Efectos tóxicos letales generalmente ocurren sólo si el mecanismo de desintoxicación se deteriora. Cuando esto sucede el ácido cianhídrico es transportado hasta los tejidos inhibiendo los procesos de óxido-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.

La cloración del agua, en 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.

El umbral de olor más bajo informado para el cianuro en el agua potable es de 0,17 mg/L. Es por lo tanto posible que un pequeño número de personas detecte cianuro por el olor en concentraciones por debajo del valor basado en la salud para exposición a corto plazo: 0,5 mg/L (valor redondeado) según OMS-2018.

La última edición de las Guías para la Calidad de Agua Potable de la OMS, no propone valores guía, al considerarse poco probable su presencia en valores que afecten la salud, salvo en caso excepcional de derrames que lo contengan de modo relevante (OMS, 2018).

1.2.7 Cromo (Cr)

El cromo (Cr) no se presenta en la naturaleza como metal libre. Su presencia en las aguas a veces puede estar asociado a la contaminación industrial (curtiembres u otras industrias).

Pequeñas cantidades de Cr son útiles para el equilibrio del metabolismo de la glucosa; y ciertos autores indican que este metal tendría un efecto protector contra la arteriosclerosis.

La intoxicación aguda por la ingesta de cromatos solubles produce daño en el tracto gastrointestinal y shock cardiovascular; las secuelas que se pueden observar son necrosis hepática y renal, y daños en el sistema hematopoyético.

La IARC clasifica al cromo (VI) en el Grupo 1.

Las Guías OMS-1993 pusieron en duda el valor de referencia 0,05 mg/L debido a la capacidad cancerígena del cromo hexavalente por inhalación y a su genotoxicidad, pero datos toxicológicos disponibles no justificaban la determinación de un nuevo valor.

Como medida práctica se mantuvo el valor de referencia provisional de 0,05 mg/L (Concentración a la que se considera poco probable que el Cr implique riesgos significativos para la salud) hasta que se disponga de información nueva y pueda ser nuevamente evaluado (OMS 2006).

1.2.8 Fluoruros (F⁻)

El flúor (F) es un elemento común, ampliamente distribuido en la corteza terrestre, Puede encontrarse en forma elemental en los gases volcánicos; y como fluorita, espato-flúor o criolita en rocas.

Los compuestos de F se hallan por lo general en cantidad mayor en aguas subterráneas que en superficiales. Todos los vegetales contienen algo de F, que es absorbido del suelo y agua; particularmente el té puede contener altas concentraciones de flúor (los niveles de F en té seco pueden llegar hasta 100mg/kg).

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

La ingesta de determinadas concentraciones de flúor en el agua de consumo previene parcialmente las caries dentales. El nivel de flúor óptimo para ello no tiene un valor universal, sino que debería relacionarse con las distintas temperaturas medias anuales y estacionales registradas en cada localidad.

Elevadas dosis de flúor causan fluorosis dental (manchado de dientes), en especial cuando, en algunas regiones, el contenido de este elemento en las aguas de consumo sobrepasa 2 mg/L. En general, el efecto llega a ser notable cuando el F supera de 3 mg/L.

Su impacto sobre los huesos es relevante para la evaluación de los efectos adversos de la exposición a largo plazo de los seres humanos al F. La fluorosis esquelética es una incapacidad invalidante que afecta a millones de personas en varias regiones de África, India y China (OMS; Ginebra 2002).

Una investigación del National Research Council (NRC 2006) concluyó en que el consumo de aguas con altos valores de F podría producir neurotoxicidad, incluyendo pérdida de memoria y disminución del coeficiente intelectual (Anna L., et.al., 2012).

La fluoración o la defluoración del agua para consumo (u otras estrategias sustitutivas) puede necesitarse en algunas localidades, en función de sus temperaturas media y media máxima anuales.

En servicios con bajos niveles de F convendría incorporar sales de F en los suministros y/o, de preferencia, instrumentar otras medidas sustitutivas o complementarias focalizadas en el ámbito doméstico y/o escolar, quizás de menor complejidad y costos que la dosificación de F en las plantas de tratamiento. En efecto, los propios usuarios de aguas deficitarias en F pueden contribuir activamente al cuidado de la salud, dentaria y ósea principalmente (desde la temprana edad) a través de sencillas medidas domésticas de muy bajo o nulo costo en la cotidianidad¹¹.

1.2.9 Mercurio (Hg)

El mercurio (Hg) es un elemento metálico natural de la corteza terrestre, y es transportado en el ambiente por el aire y el agua.

¹¹ Contienen flúor (F): la leche materna; muchas bebidas carbonatadas; la gelatina; mariscos y pescados de mar; la carne de pollo; el té y otros productos vegetales, entre ellos como la papa, naranja, espinaca, lechuga, cebolla, repollo, los brotes de soja; según sea la mineralización y clase de suelo de cultivo. Actualmente se comercializan dentífricos y colutorios o enjuagues enriquecidos (éstos no debieran ser usados por menores de 5 o 6 años en prevención de posible ingestión), comprimidos de F, lácteos y sales con F, y otros productos enriquecidos.

Puede ser liberado como vapor a la atmósfera por fenómenos como 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).

Las formas inorgánicas del Hg son biotransformadas en formas orgánicas por acción de microorganismos en ambientes acuáticos.

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

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

El Hg presente en aguas superficiales y subterráneas no contaminadas se encuentra en forma de Hg^{2+} , en concentraciones menores a 5 mg/L.

En aguas subterráneas relacionadas a determinados yacimientos con la presencia de Hg pueden presentarse mayores concentraciones (OMS, 2012).

En general, su presencia basal es muy baja en las aguas de Argentina; pero puede incrementarse como consecuencia de aportes contaminantes a partir de diversas actividades humanas. En aguas dulces superficiales (caso de muestras filtradas del río Paraná en el Puerto de Rosario) se ha medido Hg en rango de 1 a 1,1 mg/L (SRHN, 2004).

Menos del 0,01 % del Hg elemental ingerido se absorbe por tracto intestinal; sólo en caso de enfermedades intestinales (particularmente en caso de úlceras) la cantidad de Hg asimilado puede ser más alta. El Hg no asimilado es eliminado con las heces (OMS, 2003).

La toxicidad resultante de exposición al Hg y sus compuestos, por lo general involucra seriamente a riñones y/o componentes del sistema nervioso.

La exposición al Hg metálico, inorgánico u orgánico, puede dañar en forma permanente a riñones, cerebro y feto. Como ocurre en todos los órdenes, los no nacidos y niños pequeños son más sensibles que los adultos; el Hg puede acumularse en feto y también pasar al niño a través de la leche materna.

En base a datos toxicológicos disponibles (EPA, EEUU) el cloruro mercúrico y el metilmercurio son posiblemente carcinogénicos en seres humanos (ATSDR, 1999). La IARC califica a los compuestos inorgánicos de mercurio en Grupo 3 y a los compuestos de metilmercurio en Grupo 2B.

1.2.10 Molibdeno (Mo)

El molibdeno (Mo) se encuentra en la naturaleza en el rango de partes por millón (ppm o mg/L). Es un elemento esencial; las necesidades de adultos oscila en 0,1-0,3 mg/d.

Se presenta en concentraciones importantes en agua de mar, como molibdatos (MoO_4^{2-}), y los seres vivos pueden absorberlo fácilmente de esta forma.

Se utiliza en fabricación de aceros especiales y en producción de tungsteno y de pigmentos. Ciertos compuestos de Mo se usan como aditivos lubricantes.

En agricultura se utiliza para prevenir su carencia en cultivos (en especial en suelos arenosos y/o ácidos).

Las concentraciones en el agua de consumo (de la que no se elimina) generalmente son menores que 0,01 mg/L, aunque se han descrito concentraciones de hasta 200 µg/L en zonas cercanas a explotaciones mineras.

No hay datos disponibles sobre la capacidad cancerígena del Mo, por vía oral.

1.2.11 Nitratos (NO_3^-) y Nitritos (y NO_2^-)

Los nitratos (NO_3^-) que pueden encontrarse en concentraciones elevadas en el suelo y en aguas superficiales y profundas son normalmente resultado de la descomposición natural del material nitrogenado orgánico (proteínas vegetales, animales y excretas) por acción de microorganismos.

Los nitritos (NO_2^-) 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.

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.

Los nitritos, el amoníaco, el nitrógeno orgánico y los nitratos son indicadores de contaminación de las aguas.

La forma más apropiada de controlar la presencia de nitratos y nitritos, 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) (OMS, 2018).

Por otra parte, se estima en 5 Kg/persona/año la cantidad de nitrógeno generado por heces y orina de humanos: debería asegurarse que con el tratamiento de los líquidos cloacales se reduzcan estos valores en un 90 a 95 % expresado en DBO.

La exposición humana puede derivar en la formación endógena de N-nitrocompuestos de efectos cancerígenos (nitrosamina); los N-nitrocompuestos son agentes teratogénicos, mutagénicos y probables carcinógenos altamente

peligrosos para la salud humana. La IARC clasifica a nitratos y nitritos en Grupo 2A (probablemente cancerígenos)

El valor de referencia para nitrato es de 50 mg/L si se informa como tal (o de 11 mg/L si se informa como nitrato-nitrógeno) y se basa en la metahemoglobinemia, o síndrome del recién nacido cianótico, en lactantes alimentados con biberón; este efecto sobre la salud se complica por la presencia de contaminación microbiana, que puede aumentar significativamente el riesgo para este grupo de población. Se han producido muy pocos casos de metahemoglobinemia asociada a la presencia de nitratos en ausencia de contaminación fecal del agua de consumo.

Según la OMS (2018) como medida a corto plazo, no debe utilizarse agua para lactantes alimentados con biberón si contiene concentraciones de nitrato mayores que 100 mg/L. Si las autoridades médicas aumentan su vigilancia puede usarse un agua con concentración de nitratos entre de 50 y 100 mg/L, siempre que se sepa y se haya confirmado que el agua es microbiológicamente inocua.

El valor de referencia de nitrato se ha establecido para un subgrupo de población específico y vulnerable (lactantes alimentados con biberón), por ende el valor de referencia será más que suficiente para proteger a los niños de mayor edad y a los adultos (OMS 2018).

En cuanto a nitritos, el valor de referencia es 3 mg/L si se informa como tal (0,9 mg/L si es informado como nitrito-nitrógeno) y se basa en datos humanos que muestran que las dosis de nitrito que causan la metahemoglobinemia en lactantes varía de 0,4 mg/kg de peso corporal a más de 200 mg/kg de peso corporal. Al aplicar el nivel más bajo del rango (0,4 mg/kg de peso corporal), para un bebe cuyo un peso corporal es de 5 kg y con un consumo de agua potable de 0,75 litros, deriva en un valor de referencia redondeado de 3 mg/L. (OMS 2018).

Nitratos y nitritos pueden estar simultáneamente presentes en el agua de bebida, por lo que la norma establece que la suma de sus razones en relación a sus respectivos valores tabulados (Tabla 1.2.1) no debe superar la unidad.

1.2.12 Níquel (Ni)

El níquel (Ni) es un elemento bastante abundante en la Tierra: cerca de 0.008% de la corteza terrestre y 0.01% de las rocas ígneas; y es componente importante en algunos meteoritos y en el núcleo del planeta. Se presenta en pequeñas cantidades en plantas y animales, en el agua de mar, el petróleo y en la mayor parte del carbón mineral.

Se us principalmente en producción de acero inoxidable y aleaciones.

Los alimentos son la principal fuente de exposición al Níquel en personas no fumadoras y no expuestas al níquel por motivos laborales. La contribución del agua a la ingesta diaria total por vía oral es poco importante,

normalmente menor que 0,02 mg/L, aunque el níquel que liberan grifos y accesorios podría aportar hasta 1 mg/L.

La contribución del agua a la ingesta de Ni podría ser significativa en lugares fuertemente contaminados, en zonas con movilización de níquel de origen natural en aguas subterráneas, o donde se utilizan ciertos tipos de recipientes para hervir agua, o en aguas que hayan estado en contacto con grifos recubiertos de níquel.

La inhalación de compuestos de Ni es cancerígena (Grupo 1); mas no hay pruebas sobre el riesgo de carcinogenia derivada de exposición al níquel por vía oral. La dermatitis alérgica de contacto es el efecto más frecuente de la exposición al Ni en la población.

1.2.13 Plata (Ag)

La plata (Ag) no es un elemento particularmente tóxico; el organismo absorbería sólo una fracción relativamente pequeña de la ingerida. El único cuadro clínico conocido por intoxicación crónica de Ag es la Argiria. Ésta es una condición en la que la plata se deposita sobre la piel, el cabello y diversos órganos después de la exposición ocupacional o iatrogénica a la plata metálica y sus compuestos o el mal uso de los preparados de Ag.

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 piel expuestas a la luz, lo que se atribuye a la reducción fotoquímica de la plata. La producción de melanina también ha sido estimulada en algunos casos (EPA, 1980).

Las bajas concentraciones de Ag en el agua de consumo, generalmente inferiores a 5 mg/L, no afectan a la salud de las personas en lo relativo a la Argiria.

La utilización de sales de plata para mantener la calidad bacteriológica del agua, en algunas situaciones da lugar a concentraciones de Ag de hasta 0,1 mg/L, sin riesgo para la salud (OMS, 2006).

1.2.14 Plomo (Pb)

El plomo (Pb) es un constituyente metálico natural de la corteza terrestre. Se puede encontrar también en el polvo ambiental, el suelo, los alimentos y el agua.

Es utilizado en la industria en la fabricación de pinturas, cerámica, vidrios, baterías, cañerías de agua, cables, soldaduras, combustibles, medicamentos, juguetes, plumadas, artesanías, reciclado de baterías, municiones y cosméticos

En Argentina, desde 1996 las naftas no debieran contener plomo; el contenido de éste en pinturas al látex está regulado en concentraciones por debajo de 0,06 %.

En nuestro país las fuentes más importantes de exposición al plomo derivan de la contaminación de suelo, aire, agua o alimentos a partir de las

descargas de efluentes de fundiciones, de otras industrias que utilizan algún compuesto de plomo, y en menor medida, alguna actividad minera (Fraser, S. et.al., 2006).

El agua puede contaminarse en la fuente misma o por el Pb del aire y del polvo.

La exposición al Pb puede resultar del consumo de agua que circula por tuberías que contienen este elemento, o de alimentos envasados en latas con soldaduras a base de Pb o cocinados en recipientes pintados (México y Perú). En el primer caso, el Pb puede disolverse cuando el pH del agua es ácido (por debajo de 6.5).

El Pb es un elemento pesado y tóxico acumulativo. El problema no es sólo la absorción de una dosis tóxica sino, fundamentalmente, la acumulación de dosis no tóxicas ingeridas aun de modo aislado y no frecuente; el elemento termina fijándose en el esqueleto, donde se encuentra en estrecha dependencia con el metabolismo del calcio.

La *intoxicación aguda* produce cólicos saturninos, encefalopatía, hipertensión endocraneana. La sobreexposición aguda: dolores abdominales con diarrea, vómitos oliguria, colapso y coma.

La *intoxicación crónica* desencadena inapetencia, dispepsias, malestar epigástrico, Ribete de Barton, anemias crónicas, deficiente síntesis del HEM y punteado basófilo en los eritrocitos, insuficiencias 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 metáfisis 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, anormalidades fetales.

La IARC clasifica al Pb y sus compuestos como grupo 2A (probable carcinógeno).

1.2.15 Selenio (Se)

El selenio (Se) se presenta asociado a menudo con minerales que tienen azufre; en algunos casos en forma elemental, o de selenito básico de hierro, selenato de calcio y en compuestos orgánicos provenientes de la descomposición de ciertos vegetales.

La incorporación del Se al medio es consecuencia de procesos de meteorización de rocas, erosión de suelos, actividad volcánica, actividades antropogénicas: líquidos residuales, centrales termoeléctricas, minerías, fundiciones.

En las aguas subterráneas y superficiales puede hallarse selenio desde valores de 0,06 mg/L a 400 mg/L. En aguas de suministro público para el consumo humano los niveles de Se son por lo general menores a 0,01 mg/L.

El selenio en pequeñas trazas es considerado como un elemento esencial para los requerimientos metabólicos. Muchas organizaciones internacionales reconocen al Se 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 $\mu\text{g}/\text{día}$, dependiendo de la edad; y para adultos 26 $\mu\text{g}/\text{día}$ en mujeres y 35 $\mu\text{g}/\text{día}$ en hombres.

No obstante es también considerado elemento tóxico; un envenenamiento crónico moderado de selenio ha sido observado en los seres humanos en áreas donde el suelo y sus productos son ricos en este elemento.

Las sales de selenio son rápida y totalmente absorbidas por el tracto intestinal y eliminadas por la orina, siendo elevada su retención 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. Los síntomas de intoxicación por selenio (efectos tóxicos en ingesta diaria en un rango de 10 a 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso) son similares a los correspondientes del arsénico.

Sin embargo se ha descrito un efecto protector del Se ante la toxicidad del arsénico en situaciones de exposición simultánea a ambos elementos presentes en el ambiente, lo cual podría incidir en la interpretación de los resultados de estudios de exposición crónica al arsénico. (Toxicological Profile para selenio, ATSDR)

1.2.16 Vanadio (V)

El vanadio (V) es un elemento distribuido naturalmente en la tierra, el agua y el aire; nunca en estado puro, sino combinado en varios minerales, carbones y petróleos. Se encuentra en aproximadamente 65 minerales diferentes. Fuentes atmosféricas naturales del vanadio incluyen el polvo, el rocío marino y las emisiones volcánicas.

Se lo utiliza mezclado con el acero para aumentar la resistencia de este para fabricar muelles o resortes, piezas de motores y en mecanismos de transmisión; se usa también como revelador fotográfico y en la fabricación de vidrios transparentes.

El transporte y distribución del V en el agua y suelo dependen de muchos factores, entre ellos la acidez del medio. Las concentraciones de Vanadio en aguas superficiales suelen variar desde valores de 0,04 mg/L a 220 mg/L.

La concentración media en muchos servicios de agua para consumo suele ser del orden de 0,001 mg/L; con lo que, asumiendo que se bebe aproximadamente 2 L/día de agua, la ingesta diaria de V por agua de consumo sería de 0,002 mg/d (adultos).

En un estudio citogenético en individuos que consumieron agua de pozo con alto contenido de vanadio (0,34 mg/L) durante más de 10 años, no se observaron daños citogenéticos (Lerda, D. 1999).-

Aun cuando la IARC lo clasifica en Grupo 2B, no es posible fijar límites fundados para el contenido de V en aguas de consumo humano; sin embargo, el parámetro debiera ser preventivamente considerado en la realización de análisis de agua.

1.2.17 Parámetros radiactivos (Radionúclidos)

Los seres humanos estamos continuamente expuestos a diferentes fuentes naturales de radiación como la cósmica y terrestre, y podemos estarlo a 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, 2.000).

El elemento natural más conocido asociado a fenómenos radiactivos es el Uranio, sustancia mineral que se encuentra en la mayor parte de las rocas - principalmente en granitos- desde las cuales puede migrar al ambiente por procesos de lixiviación; cantidades importantes pueden ser liberadas por erupciones volcánicas.

Compuestos radiactivos pueden también ser liberados al ambiente por algunas actividades mineras, industriales, relaves, procesos tecnológicos, emisiones y desechos de instalaciones nucleares, radionúclidos manufacturados y fertilizantes de fosfatos con uranio.

El agua de consumo puede contener elementos radiactivos de origen natural como resultado de las series de desintegración del Torio, Uranio, Radio, entre otros.

1.3 Compuestos orgánicos que pueden afectar la salud

En las últimas décadas ha crecido la degradación de las aguas con contaminantes orgánicos: se conocen actualmente más de 2.000 contaminantes químicos en el planeta; de ellos más de 750 se han encontrado en aguas para consumo, algunos de los cuales se han reconocido como carcinogénicos o mutagénicos.

De la amplia gama de compuestos orgánicos, se regulan aquellos sobre los que:

- existan pruebas de aceptación universal acerca de que causen o puedan causar enfermedades agudas o crónicas en concentración, dosis y condiciones específicas;
- la concentración de la sustancia en el agua pueda ser significativa, o baja pero de riesgo;
- la sustancia pueda encontrarse en baja concentración pero con cierta frecuencia en sistemas de abastecimiento;

- sea posible morigerar las concentraciones de la sustancia en el agua en tales sistemas, armonizando ello con la política de expansión de accesibilidad al agua y con el financiamiento sostenible de los servicios de agua y saneamiento; y
- existan métodos, infraestructura y valores analíticos para la vigilancia y control de dichas sustancias o compuestos.

La Tabla 1.3 remite a valores admitidos para los siguientes parámetros:

1.3.1 Aceites y grasas

Estas sustancias no deben estar presentes en el agua de consumo.

1.3.2 2 etilexil ftalato

El 2 etilexil ftalato, en rigor Di(2-etilhexil) ftalato o DEHP [Di(2-ethylhexyl) phthalate], es una sustancia química (líquido incoloro casi sin olor) que se usa en la fabricación de muchos plásticos, proceso en el que se añade generalmente para hacerlos más flexibles: cubiertas de paredes, manteles, baldosas, tapices de muebles, cortinas de baño, caños, mangueras, forros de piscinas, ropa para la lluvia, bombachitas para bebés, muñecas, ciertos juguetes, zapatos, tapices y techos de automóviles, coberturas de alambres y cables, tuberías y bolsitas para uso médico, entre otros productos.

Debido a ello es un producto químico de alta presencia en el ambiente (puede ser liberado en pequeñas cantidades al aire) a partir del uso creciente de plásticos. Adhiere firmemente a partículas del suelo; y no se evapora ni disuelve en agua fácilmente (la disolución mejora si ésta contiene gas, aceite o removedores de pintura). Sin embargo, en el suelo o el agua puede ser degradado por microorganismos a compuestos que no hacen daño; aunque no degrada fácilmente en profundidad ni en el fondo de lagos o ríos.

El di(2-etilhexil) ftalato no es tóxico en los bajos niveles que generalmente se encuentran en el ambiente, por lo que la exposición al mismo es generalmente muy baja.

Puede ocurrir una exposición al DEHP a través de plantas, peces y otros animales; aunque los animales que ocupan los lugares más altos en la cadena alimentaria pueden degradarlo, de modo que los niveles de DEHP en los tejidos son generalmente bajos.

El DEHP está presente generalmente también en niveles muy bajos en el aire de interiores (laborales o domésticos) donde se libere DEHP, en productos médicos empacados en plástico (fluidos de tuberías intravenosas, sangre y otros productos), en alimentos empacados en plásticos (especialmente alimentos grasos como lácteos, pescados, mariscos y aceites), en el agua cuyas captaciones se relacionen geográficamente con acumulaciones de desperdicios.

Sería poco probable que los niveles de DEHP ambiental afecten la salud humana. Es rápidamente degradado y eliminado del cuerpo, por lo que su detección y medición, de alta complejidad y costos, sólo sería de exposiciones recientes. El contacto probablemente no cause efectos perjudiciales: no es absorbido fácilmente a través piel.

En EEUU, la EPA ha determinado que el DEHP es un posible carcinogénico en seres humanos (determinaciones basadas enteramente en el cáncer del hígado observado en roedores sometidos a alta exposición)

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) clasifica al DEHP en el Grupo 2B (posible cancerígeno para el ser humano).

1.3.3 1,4 Dioxano

El 1,4-dioxano se usa como estabilizador en disolventes clorados y como disolvente de resinas, aceites y ceras para sustancias intermedias agrícolas y bioquímicas; así como en adhesivos, sellantes, cosméticos, productos farmacéuticos, químicos del caucho y revestimientos de superficies.

Puede ser liberado en lugares donde se produce o usa. Llega así al aire (vapor), agua (donde es estable y no degrada) y suelo (donde puede movilizarse al agua subterránea con facilidad por no adherirse fuertemente a las partículas).

El 1,4-dioxano no se acumula en peces ni en plantas.

Se lo ha detectado en aguas superficiales, en concentraciones de hasta 40 µg/L, y en aguas subterráneas en concentraciones de hasta 80 µg/L. No se elimina del agua con procesos convencionales de tratamiento, sino con carbón activado biológico.

Los antecedentes reseñan que en la mayoría de los estudios de exposición por vía oral en roedores, a largo plazo y altas dosis el 1,4-dioxano causó tumores hepáticos, de fosas nasales, peritoneales, de piel y de glándulas mamarias. Las pruebas para la evaluación de la capacidad cancerígena en el ser humano son insuficientes (reducido tamaño de muestras o a falta de datos sobre la exposición).

Se ha sugerido que posiblemente tenga un potencial genotóxico débil. El 1,4-dioxano clasifica en el Grupo 2B (posiblemente cancerígeno para el ser humano).

Las *Normas internacionales para el agua potable* de la OMS de 1958, 1963 y 1971, así como las *Guías para la calidad del agua potable* de 1984, 1993 y 2004, no hicieron referencia al 1,4-dioxano.

En las guías del 2018 la OMS hace referencia al mismo, con un valor guía en agua de 0,05 mg/L.

1.3.4 Ácido edético (EDTA)

El ácido edético, o EDTA se utiliza en aditivos alimentarios, medicamentos, productos para la higiene y aseo personal, y otros usos.

El EDTA presente en agua forma diversas especies químicas en función de la calidad del agua y de la presencia de metales traza con los que se combina.

En aguas superficiales a veces se lo encuentra en concentraciones bajas, aunque se han registrado concentraciones del orden de los 900 µg/L; también se ha detectado EDTA entre 10 y 30 µg/L en aguas de consumo de fuentes superficiales.

La exposición al EDTA por el agua de consumo es probablemente muy pequeña en comparación con la derivada de otras fuentes. Es limitada su eliminación de aguas residuales comunitarias por biodegradación en plantas depuradoras.

El EDTA no sería teratogénico ni cancerígeno en animales. Por el contrario existe amplia experiencia clínica en el uso del EDTA para el tratamiento de la intoxicación por metales; en ellos se ha observado su inocuidad en las personas.

1.3.5 Ácido Nitrilo Triacético (ANT o NTA)

El ácido nitrilotriacético (ANT, o NTA en inglés) se utiliza principalmente en detergentes para la ropa como sustituto de los fosfatos, y en el tratamiento de agua de calderas para evitar la acumulación de incrustaciones minerales.

Normalmente las concentraciones en agua de consumo suelen ser bajas, aunque se han detectado concentraciones de hasta 35 µg/L.

Los animales no metabolizan el ANT y lo eliminan rápidamente, aunque en parte puede quedar retenida brevemente en huesos. La toxicidad aguda en animales es baja, pero se ha comprobado que produce tumores renales en roedores tras exposición prolongada a dosis altas.

No es genotóxico; y se cree que la inducción de tumores observada en estudios de laboratorios con animales se debe a la citotoxicidad resultante de la quelación de cationes divalentes, como Zn y Ca, en vías urinarias, lo que conduciría al desarrollo de hiperplasia y posteriormente, neoplasia.

El ANT clasifica en el Grupo 2B de la IARC.

1.3.6 Acrilamida

Las poliacrilamidas se utilizan como agentes cementantes en la construcción de pozos, perforaciones, represas, azudes y embalses de agua; y como coagulantes en el tratamiento de ésta en su proceso de potabilización.

Los coagulantes de poliacrilamida usados para éste fin contienen concentraciones residuales de monómero de acrilamida, a la que por lo tanto los seres humanos podríamos estar potencialmente expuestos; del mismo modo que los estaríamos a partir del uso de poliacrilamida en el procesamiento de alimentos y la posible formación de acrilamida en alimentos cocinados a altas temperaturas.

En general, la dosis máxima autorizada de polímero para el tratamiento de aguas es de 1 mg/L, de los cuales el monómero de la poliacrilamida no superaría el 0,05%.

Esta dosis diaria de polímeros en el tratamiento y la baja concentración en ella del monómero, implicarían una concentración teórica máxima de acrilamida de 0,2 a 0,5 $\mu\text{g/L}$ en el agua tratada, siendo éste el valor guía a alcanzar en el agua para consumo humano.

El límite práctico de cuantificación de la acrilamida en algunos laboratorios puede ser superior al valor recomendado; y, por otra parte, los tratamientos en las plantas potabilizadoras convencionales no eliminan la acrilamida.

Por lo tanto es aconsejable controlar las concentraciones de acrilamida en agua de consumo limitando su contenido en los productos floculantes, la dosis utilizada, o ambos.

La acrilamida es neurotóxica, afecta a células germinales y altera la función reproductora. Clasifica en Grupo 2A (probablemente cancerígeno).

1.3.7 *Epiclorhidrina*

La epiclorhidrina se usa para fabricar glicerol, resinas epoxídicas sin modificar y resinas para el tratamiento del agua. Hidroliza en medios acuosos.

No se dispone de datos cuantitativos sobre su presencia en los alimentos o en el agua de consumo.

El límite práctico de cuantificación de la epiclorhidrina en algunos laboratorios puede ser superior al máximo valor permitido; y, por otra parte, los tratamientos en las plantas potabilizadoras convencionales no la eliminan.

Por lo tanto es aconsejable controlar sus concentraciones en agua de consumo limitando el contenido de epiclorhidrina de los productos floculantes de poliamina, la dosis utilizada, o ambos

Se absorbe rápidamente tras exposición oral, cutánea o por inhalación; se uniría con facilidad a los componentes celulares.

Los principales efectos tóxicos son irritación local y daños en el sistema nervioso central; su inhalación produce carcinomas epidermoides en las fosas nasales y su ingestión puede provocar tumores en el estómago anterior. Se ha demostrado que es genotóxico in vitro e in vivo.

Clasifica en el Grupo 2A, probablemente cancerígeno (IARC,2015).

1.3.8 *Hexoclorobutadieno (HCBd)*

El hexoclorobutadieno o HCBd se usa como disolvente en la fabricación de gas cloro, como plaguicida, como sustancia intermedia en la fabricación de compuestos de caucho y como lubricante. Se libera al ambiente (aire, agua y suelo) principalmente como resultado de su desecho después de uso industrial.

La mayor parte de los desechos de hexaclorobutadieno se destruyen a través de la incineración y algunas cantidades son liberadas al aire durante este proceso (No se conoce a ciencia cierta lo que ocurre con el

hexaclorobutadieno una vez que se libera en el aire, siendo posible que se degrade por acción de la luz solar y reaccione con gases en la atmósfera, desconociéndose qué sustancias químicas se forman a partir de estas reacciones y la nocividad o inocuidad de los mismos)

Contaminante orgánico persistente¹², el HCBd tiene una cierta capacidad para fijarse a la mayoría de los suelos, en los que puede permanecer algún tiempo y, al menos en terrenos arenosos, movilizarse hacia el subsuelo y las aguas subterráneas; sin embargo, no existe aún comprobación fehaciente sobre las cantidades que llegan a ellas ni de su permanencia en las mismas.

No se sabe si el hexaclorobutadieno se acumula en vegetales; pero sí puede acumularse en pescados y mariscos en lugares donde las aguas están contaminadas.

1.3.9 Tricloroetileno (TCE)

El tricloroetileno (TCE) no es un producto natural.

Es un líquido incoloro no inflamable, soluble en agua, de aroma y sabor algo dulce, utilizado principalmente como solvente para remover grasa de partes metálicas e ingrediente de adhesivos y de líquidos quitamanchas o removedores de pintura, o correctores de impresiones.

Aunque puede adherirse a partículas y permanecer en el suelo por largo tiempo, es fácilmente evaporable y se lo encuentra frecuentemente en la atmósfera.

Su acumulación no sería significativa en vegetales ni animales.

El contacto del ser humano a través del agua puede ser en agua de bebida, duchas o natatorios

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por su sigla en inglés) clasifica al TCE en el grupo 2A (probablemente carcinogénico en seres humanos).

1.3.10 Benceno (y Aquilbenceno)

Se utiliza principalmente para producción de otras sustancias químicas orgánicas. Se le encuentra como contaminante del aire, producto de la combustión en vehículos motorizados; Sus fuentes en el agua son vertidos industriales o contaminación atmosférica.

¹² En el marco del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP's), investigaciones técnico-científicas han podido observar que al cabo de un tiempo de interrumpirse la producción o el uso de una sustancia las concentraciones ambientales disminuyen inicialmente. Mas si la sustancia es persistente y volátil, las concentraciones y las exposiciones pueden mantenerse a niveles de riesgo por periodos largos, propagando el peligro a individuos muy alejados de las fuentes en el espacio y en el tiempo. Debido al carácter horizontal de las actuaciones necesarias para la protección de la salud y el ambiente frente al HCBd y otros contaminantes orgánicos persistentes, es conveniente el desarrollo de vías estables y eficaces de gestión y comunicación a escala local, regional, nacional y global entre distintos sectores y actores relevantes. La consideración e inclusión de COP's en el proceso de formulación e instrumentación de estas Normas Provinciales de Calidad y Control del Agua para Consumo Humano se enmarca en esta tesitura.

En aguas superficiales normalmente hay poco benceno y alquilbenceno (p.ej.: 10 mg/L), o no son encontrados, porque se evaporan; en aguas subterráneas se han detectado concentraciones de hasta 100 mg/L.

Valores encontrados de ambos en aguas de suministros públicos para el consumo humano no exceden 1 mg/L.

El benceno tiene efectos tóxicos definidos (anemia aplásica y leucemia).

Altas concentraciones en exposiciones breves pueden afectar el sistema nervioso central. Clasifica como cancerígeno en Grupo 1 de IARC.

1.3.11 Alcanos Clorados

Estos alcanos se utilizan como productos intermedios en la obtención de otros compuestos organoclorados. Se los encuentra ocasionalmente en el agua de consumo antes y después del tratamiento de potabilización. Sólo pueden clasificarse como carcinogénicos son: 1,2 Dicloroetano, Diclorometano y Tetracloruro de Carbono.

1.3.11.1 1,2- Dicloroetano

Actualmente su uso más común es como producto intermedio en la fabricación de cloruro de polivinilo (PVC) y como disolvente (OMS, 2018).

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

1.3.11.2 Diclorometano (cloruro de metileno)

El diclorometano, o cloruro de metileno, es un producto muy utilizado como disolvente para múltiples usos: descafeinación del café, decapados, otros.

Ha sido encontrado en muestras de aguas superficiales en concentraciones de 0,1 a 743 µg/L. Las concentraciones suelen ser mayores en aguas subterráneas porque la volatilización es menor (se han descrito concentraciones de hasta 3.600 µg/L).

Es probable que la exposición por el agua de consumo sea insignificante en comparación con la de otras fuentes.

Su toxicidad aguda es baja. Estudios realizados, en su conjunto sugieren que no es una sustancia cancerígena genotóxica y que no se forman cantidades significativas de metabolitos genotóxicos *in vivo*. Clasifica en el Grupo 2A de la IARC (2017).

1.3.11.3 Tetracloruro de Carbono

Se lo puede encontrar liberado en aire y aguas residuales industriales. Desde cursos superficiales migra rápidamente a la atmósfera.

En aguas subterráneas anaerobias puede persistir durante meses o incluso años.

Hay pocos datos sobre su concentración en alimentos. Su ingesta por inhalación es mayor que por alimentos o agua.

Tiene varios efectos tóxicos, particularmente en trabajadores que lo procesan, incluyendo daños en hígado y riñón. Clasifica en Grupo 2B (IARC).

1.3.12 Alquenos Clorados

Se emplean en la Industria como solventes, ablandadores, diluyentes de pintura, líquidos para limpieza en seco.

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.

También se los ha encontrado en aguas sometidas a tratamientos de potabilización.

Son carcinogénicos el Cloruro de Vinilo y el 1,1 Dicloroetano.

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 máximos permitidos (VMP) a estos compuestos.

1.3.12.1 1,1 Dicloroetano (Cloruro de vinilideno)

El 1,1 dicloroetano o cloruro de vinilideno (líquido incoloro, de suave aroma dulce) es un producto químico industrial usado principalmente como monómero en producción de copolímeros de policloruro de vinilideno, y como sustancia intermedia en la síntesis de otras sustancias orgánicas.

Se utiliza en fabricación de ciertos plásticos flexibles (p. ej.: envolturas de alimentos y otros materiales de empaque), para dar resistencia al fuego a fibras y al reverso de alfombras, para revestir cañerías de acero y en adhesivos.

El 1,1-dicloroetano se evapora rápidamente (menos de una semana) al aire desde el agua y el suelo, en los que se degrada o transforma muy lentamente. Es un contaminante ocasional del agua de consumo, y suele presentarse junto a otros hidrocarburos clorados.

No se acumularía demasiado en tejidos de peces o en aves.

El 1,1-dicloroetano es depresor del SNC y puede producir efectos tóxicos hígado y riñón en trabajadores expuestos. Clasifica como 2B (IARC).

1.3.12.2 1,2 Dicloroetano

Este compuesto exhibe isómeros cis y trans, los mismos son metabolitos de otros hidrocarburos halogenados insaturados presentes en aguas residuales y en aguas subterráneas anaeróbicas.

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 (OMS, 2018).

1.3.12.3 Tricloroeteno

Se lo encuentra en concentraciones elevadas en las aguas subterráneas (orden de los 100 mg/L), pero en las aguas superficiales su concentración es mucho menor. La IARC, le clasifica en el grupo 2A.

1.3.12.4 Tetracloroeteno

Elemento abundante en el ambiente, se lo encuentra en altas concentraciones en las aguas subterráneas; y a veces, en bajas concentraciones, en aguas de consumo.

Se usa principalmente como disolvente en la industria de la limpieza a seco y como disolvente desengrasante.

En aguas subterráneas anaeróbicas puede degradarse y formar compuestos más tóxicos, como el cloruro de vinilo (OMS, 2018).

La IARC, clasificó al tetracloroeteno en el Grupo 2A.

1.3.12.5 Cloruro de Vinilo

Se lo utiliza principalmente para la producción de resinas de cloruro de polivinilo (PVC) que constituyen los plásticos de uso más difundido.

El mayor empleo del PVC es en la fabricación de tuberías y conductos.

Se ha detectado en baja concentración en efluentes de fábricas de productos químicos.

Se detecta su presencia en el agua 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 consumo humano, es debido precisamente a la utilización de cañerías de PVC deficientemente polimerizado (concentraciones encontradas en suministros públicos de agua para el consumo humano varían de 1 a 10 mg/L).

De haber sido originalmente un producto de riesgo ocupacional pasó a ser actualmente además un problema sanitario para la población general.

Se ha comprobado que la exposición al cloruro de vinilo se asocia a angiosarcoma de hígado y carcinoma hepatocelular, además aumenta el riesgo de cirrosis hepática. Es clasificado por en el Grupo 1 (IARC, 2012).

1.3.13 Clorobencenos

Se usan en la industria como solventes y como intermediarios en la producción de colorantes, insecticidas, entre otros usos.

1.3.13.1 Monoclorobenceno

Se puede formar incluso durante cloración de un agua contaminada con benceno (En aguas de consumo se han encontrado hasta de 10 mg/L).

Existe información acerca de su toxicidad sistémica sobre órganos específicos del cuerpo; no hay datos sobre su carcinogenicidad, teratogenicidad o mutagenicidad.

Ha sido sugerido un factor de seguridad conservador, estimando una IDA (Ingesta Diaria Alimenticia) de 0.015 mg/Kg de peso corporal, asignando al consumo diario de agua el 10 % de esa dosis, y considerando también el umbral de olor (0,003 mg/L).

1.3.13.2 1,2 Diclorobenceno (1,2 DCB) y 1,4 Diclorobenceno (1,4 DCB)

Se encuentran con frecuencia en aguas superficiales y de suministros, hasta en concentraciones 10 mg/L.

Ambos son productos intermedios en la fabricación de anilinas.

Los DCB no metabolizados pueden acumularse en los tejidos adiposos.

Los niveles de olor o niveles olfativos (concentración a partir de las cuales se perciben los olores) son: 3 mg/L para isómero 1,2; y 1 mg/L para isómero 1,4.

Estos niveles son más bajos que los valores olfativos de referencia basados en efectos sobre la salud: 1000 mg/L para 1,2-DCB; y 300 mg/L para el 1,4-DCB. (OMS, 2018).

La toxicidad aguda de 1,2-DCB es baja.

La exposición vía oral a dosis altas afecta principalmente a hígado y riñones. Muchos estudios sugieren que no es genotóxico; no existen pruebas sobre su capacidad cancerígena en roedores.

Hay dudas sobre la relevancia en humanos de los datos de tumores observados en animales; el IARC ha incluido al 1,4-DCB en el Grupo 2B.

1.3.14 Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP). (Ver sig. Cap. 1.4)

1.4 Compuestos orgánicos de monitoreo recomendable

Existen compuestos que pueden ser encontrados en cursos de aguas de ciertas zonas (debido a alguna descarga industrial, similar o equivalente) y cuyos efectos tóxicos no están totalmente estudiados; o bien los datos acerca de su potencial carcinogenicidad no justifican por completo imponerle un límite taxativamente bajo. Su presencia eventual en el agua podría tener consecuencias en la salud

Es obligatorio su monitoreo en áreas o zonas donde se sospeche su presencia y/o sea indicado o sugerido por la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y saneamiento (ADRYC).

1.4.1 Hidrocarburos Totales

La exposición a derivados del petróleo a través del agua de consumo suele ser poca: como consecuencia de un vertido accidental o un incidente de corta duración.

Algunos hidrocarburos aromáticos más solubles se pueden detectar por el sabor y olor en concentraciones menores que las que suponen riesgo para la salud (OMS, 2018).

1.4.2 Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP) Totales

Existe gran cantidad de compuestos aromáticos polinucleares o policíclicos (HAP) compuestos de dos o más anillos aromáticos condensados de átomos de carbono e hidrógeno., con presencia de un anillo no aromático en algunos casos.

Los HAP son contaminantes orgánicos persistentes (COP"s) que llegan al ambiente por diversos procesos de combustión y pirolisis.

La exposición humana a los HAP, puede producirse a través del aire, los alimentos y, en menor medida, el agua.

Dada su baja solubilidad y alta afinidad a las partículas, no suelen encontrarse en el agua en concentraciones significativas para la salud.

La fuente principal de contaminación del agua de consumo con HAP suele ser el recubrimiento de alquitrán ("pintura asfáltica") que se aplica a las tuberías del sistema de distribución de agua de consumo para protegerlas de la corrosión (OMS, 2018).

Las pruebas sobre capacidad cancerígena de mezclas de HAP para el humano se han obtenido fundamentalmente en estudios sobre personas expuestas a estas sustancias por motivos laborales, tras su inhalación o exposición cutánea.

No se dispone de datos relevantes de exposición humana, vía oral. (OMS, 2018). En los sistemas de abastecimiento para consumo el estudio de los HAP se limita a unos pocos que se detectan con gran facilidad y sirven de indicadores de todo el grupo.

1.4.2.1 Benzo[α]pireno (BaP)

Son sustancias extremadamente tóxicas. Se ha comprobado que algunos BaP son carcinogénicos para al menos parte del reino animal, entre ellos el ser humano: casos del benzo[α]pireno, el indeno [1,2,3-cd] pireno y el benzo[b]fluoranteno.

Sólo en el caso del benzo[α]pireno se cuenta con suficientes datos toxicológicos.

El benzo[α]pireno ambiental se debe emisiones generadas en combustiones incompletas y otros procesos en diversas actividades de producción industrial, además de los vehículos automotores y los incendios forestales.

La IARC lo clasifica en Grupo 1.

1.4.3 Hidrocarburos Bencénicos

Dentro de este grupo se tendrá en cuenta los siguientes compuestos:

1.4.3.1 Etilbenceno

La principal fuente de etilbenceno en el ambiente es la industria del petróleo y el uso de productos derivados del mismo.

Se lo encuentra principalmente en el aire; y cantidades mínimas en aguas superficiales, subterráneas, agua de consumo y alimentos.

El etilbenceno es de olor aromático; se han descrito valores de umbral olfativo en el agua de 0,002 a 0,13 µ/L, más de 100 veces menor que el valor de referencia basado en efectos sobre la salud.

El umbral gustativo oscila entre 0,07 y 0,20 µg/L.

Su toxicidad aguda por vía oral es baja.

El etilbenceno se transforma casi completamente en metabolitos solubles, excretables rápidamente por la orina

No hay conclusiones definitivas de los limitados datos de la teratogenia.

No se dispone de datos sobre reproducción, toxicidad a largo plazo ni capacidad cancerígena. Tampoco se han hallado indicios de genotoxicidad del etilbenceno en pruebas *in vitro* o *in vivo*. (OMS, 2018).

La IARC lo califica en Grupo 2B.

1.4.3.2 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 exposición por vía oral, se absorbe rápidamente y se distribuye por el organismo; los metabolitos se excretan rápida y casi por completo en la orina.

La toxicidad aguda del estireno es baja. *In vitro*, ha demostrado ser mutágeno sólo si se produce su activación metabólica. *In vitro* e *in vivo* se han observado alteraciones cromosómicas, sobre todo en dosis altas de estireno.

La IARC lo clasifica en Grupo 2.-

1.4.3.3 Tolueno

La mayor parte del tolueno se emplean en la formulación de combustibles (en fórmula de mezclas de benceno, tolueno y xileno); también se usa como disolvente y como materia prima en la formulación de productos químicos.

El aire es la principal vía de exposición.

Según IARC no existen suficientes pruebas de su capacidad cancerígena en humanos ni animales; lo clasifica en el Grupo 3.

1.4.3.4 Xileno

Los xilenos se usan en la formulación de combustibles, como disolvente y como sustancias químicas intermedias.

Se liberan al ambiente principalmente por el aire, que es principal vía de exposición de los xilenos; aumentada ésta 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 teratógena; estudios de carcinogenia a largo plazo no han mostrado pruebas de su capacidad cancerígena.

1.5 Plaguicidas, subproductos y residuos de plaguicidas

Las plagas pueden ocasionar la destrucción primaria del 35 % de los sembradíos en el planeta; los microorganismos, insectos, roedores y aves ocasionan incluso 10% y 20% de pérdida adicional post-cosecha. Las pérdidas pueden alcanzar entre un 40 y un 50 %.

Los plaguicidas (insecticidas y herbicidas) son productos que se usan en distinta escala y concentración, tanto en áreas rurales como urbanas; de allí que se los conozca también como productos fito-domisanitarios.

Se aplican para el control de plagas y pueden eventualmente llegar al agua, sobre todo como derivaciones de su abuso, mal uso o inadecuado manejo.

Algunos de los fito-domisanitarios incluidos en Tabla 1.5 no se fabrican en la República Argentina y/o son de uso prohibido en todo país; no obstante se lo incluye en la Norma porque debe ser continuado su control mediante análisis de aguas y suelos, debido a su amplio uso previo a que fueran prohibidos.

Estos plaguicidas, sus subproductos y/o residuos eventualmente pueden permanecer encapsulados en estructuras vegetales de reserva, o bien perdurar en sedimentos y/o acuíferos, durante algún tiempo.

Debido precisamente a la persistencia de los organoclorados en el ambiente, y si bien existen prohibiciones de uso, esta norma establece estrictos valores límites para el control de plaguicidas en las aguas de consumo humano.

Importa reseñar que entre los clorofenoxiácidos, los compuestos 2,4D y 2,4DB utilizados como herbicidas son de baja toxicidad para animales; sin embargo tienen efecto teratogénico en ellos, por lo que es cuestionable su uso. No debe perderse de vista que mezclas de clorofenoxiácidos fueron usadas por EEUU en la Guerra de Vietnam, como defoliante; tras lo cual se registró allí, durante muchos años, un incremento de malformaciones congénitas.

Los organofosforados son plaguicidas, desarrollados durante el Siglo XX, derivados del ácido fosfórico: malatión, paratión, metil paratión, entre otros.

Algunos son venenosos, afectando el sistema nervioso mediante la inhibición de la colinesterasa que regula el neurotransmisor acetilcolina.

La mayoría de los organofosforados son insecticidas. La propiedad más importante de los mismos es su corta vida media en el ambiente (no son persistentes) lo que minimiza su peligrosidad; algunos, como el malatión, no se acumularían en humanos ni en las cadenas tróficas.

La intoxicación crónica por organofosforados es poco frecuente, siendo varios de sus síntomas semejantes a los de la intoxicación aguda (sudoración, irritación de ojos, náuseas, entre otros)

La norma también incluye algunos piretroides, nombre que alude a la piretrina, a cuya estructura se parecen (p. ej.: Lambda cihalotrina, Cipermetrina). Son plaguicidas fabricados para controlar poblaciones de insectos-plaga; actúan por contacto con alto poder de volteo.

Se degradan rápido por acción de la luz solar, y generalmente no lixivian ni infiltran al suelo.

En humanos actúa por vías dérmica, digestiva o inhalación; pudiendo tener pocos pero no despreciables efectos a niveles elevados de exposición: mareos, dolores de cabeza, náuseas, desgano, espasmos musculares, alteraciones de conciencia, pérdida de conocimiento, convulsiones y hasta reducción de fertilidad (probada en animales).

No se han observado defectos de nacimiento en humanos expuestos a piretrina o piretroides

En Tabla 1.5 se presentan valores Aconsejable (VA) y Máximo Permitido (VMP) para los siguientes sustancias:

1.5.1 Alaclor (Alacloro). Herbicida - Grupo químico: amidas.

El alaclor o alacloro (2-cloro-*N*-(2,6-dietilfenil)-*N*-(metoximetil) acetamida) es un herbicida de preemergencia y postemergencia utilizado para controlar malezas de hoja ancha y gramíneas anuales en varios cultivos, principalmente maíz, sorgo y soja. Su forma de acción es por la inhibición de las elongasas y de los pirofosfatos del geranilgeranil.

Siendo considerado un potencial cancerígeno humano, está prohibido en la Unión Europea; sin embargo es uno de los herbicidas más usados en los Estados Unidos.

Desaparece del suelo principalmente por volatilización, fotodegradación y biodegradación; no obstante, en suelo se detectaron numerosos productos de degradación del alacloro. También se le ha detectado en aguas subterráneas, superficiales y de suministros.

Este compuesto califica en Clase IV (OMS).

1.5.2 Aldicarb. Insecticida - Grupo químico: carbamato.

El aldicarb [2-metil-2-(metiltio) propionaldehído-O-metil carbamoiloxima] es un plaguicida sistémico para control de nematodos en suelos, y de insectos

y ácaros en diversos cultivos (cítricos, uvas, frutillas, bananas, tomates, zanahorias, repollos, papas, algodón, remolacha, flores, viveros en general).

Es de alta movilidad en suelos y solubilidad en agua; se descompone principalmente mediante biodegradación e hidrólisis, y persiste durante semanas o meses. Se encuentra frecuentemente como contaminante en aguas subterráneas, particularmente las asociadas a suelos arenosos.

Es uno de los plaguicidas de toxicidad más aguda, aunque el único efecto tóxico que se observa siempre, tanto por exposición prolongada como tras una dosis única, es la inhibición de la acetilcolinesterasa. Su metabolismo produce sulfóxido de aldicarb (mayor toxicidad que el mismo aldicarb) y una sulfona (menor toxicidad que los anteriores).

El aldicarb y sus productos metabólicos no son genotóxicos ni cancerígenos.

El CIIC o IARC - Centro Internacional Investigación Sobre Cáncer- ha informado que el aldicarb no tiene capacidad cancerígena, por lo que clasifica en Grupo 3.

Los síntomas (mareo, salivación, sudoración excesiva, náusea, retortijones de estómago, vómito, diarrea) notificados por envenenamiento accidental u ocupacional a exposición controlada del humano son colinérgicos y usualmente disminuyen en un período de 6 horas, salvo en casos mortales.

Este compuesto califica en Clase IB (OMS).

1.5.3 Aldrín y Dieldrín. Insecticida - Grupo químico: clorados.

Aldrín y Dieldrín, plaguicidas clorados, son nombres comunes de dos compuestos estructuralmente similares usados como insecticidas para el control de plagas del suelo, protección de maderas, entre otros usos.

Ambos se adhieren firmemente al suelo y se evaporan lentamente. La luz solar y las bacterias transforman el aldrín a dieldrín, de manera que se puede encontrar principalmente éste en el ambiente; el dieldrín se degrada muy lentamente en suelo y agua. Pertenecen al grupo de sustancias COPs (Contaminantes Orgánicos Persistentes; POPs por su sigla en inglés).

Las plantas incorporan y almacenan aldrín y dieldrín. El aldrín cambia a dieldrín tanto en plantas como en animales (ATSDR, 2015).

Es posible que la exposición ocurra principalmente a través del consumo de alimentos contaminados con aldrín o dieldrín. Ya en el cuerpo, el aldrín se transforma preferentemente en dieldrín, que permanece largo tiempo en la grasa corporal y además puede transformarse en otros productos; la mayor parte del dieldrín y de sus productos de degradación abandonan el cuerpo en las heces y en la orina (ATSDR, 2015).

El dieldrín y el aldrín son COP's prohibidos en Argentina. Ambos son principios activos obsoletos o discontinuados en su uso como plaguicidas por la OMS, así como por el Convenio de Estocolmo. Aldrín pertenece al Grupo 2B y dieldrín al Grupo 2A (IARC; 2015).

1.5.4 AMPA. Herbicida - Grupo químico: fosfito.

El ácido aminometilfosfónico o AMPA, metabolito generado por la degradación del glifosato (en suelos, sedimentos acuáticos y agua), es más persistente que el mismo glifosato: se han publicado persistencias de 199 a 958 días (OMS, 1994). Ambos, glifosato y AMPA, pueden detectarse en aguas naturales cerca de las zonas agrícolas.

Al igual que glifosato, su perfil toxicológico es leve. Por ello el valor de referencia de AMPA basado en efectos sobre la salud, calculado solo o en combinación con glifosato, es bastante mayor que las concentraciones de glifosato o AMPA presentes habitualmente en agua de consumo. Por lo tanto, en condiciones normales, la presencia de glifosato y AMPA en el agua de consumo no constituirían un riesgo significativo para la salud.

Por este motivo, la OMS no habría considerado necesario establecer un valor de referencia para el glifosato y el AMPA, tanto en 2003 como en 2018.

1.5.5 Atrazina o Atrazine. Herbicida - Grupo químico: triazina.

La atrazina [2-cloro-4-(etilamina)-6-(isopropilamina)-1,3,5-triazina] es la triazina más utilizada en Argentina. Herbicida de acción sistémica y residual, es usada en preemergencia y postemergencia de malezas en maíz, sorgo y otros. La residualidad es de 13-260 días, según la dosis y contenido de materia orgánica y arcillas en el suelo tratado.

Presenta moderada a alta persistencia en suelo (ATSDR, 2003). Puede ser transportada por escorrentía desde lugares de aplicación a cursos de agua superficial y, por percolación, a las aguas subterráneas. En agua tiene moderada persistencia, con tendencia a unirse a sedimentos; la biodegradación en agua es lenta o nula, presentando vida media mayor a 6 meses: su larga permanencia en agua aumenta la posibilidad de que e pase a la biota acuática.

En Argentina, suele usarse en cultivos de cereales, plantas forrajeras, caña de azúcar, plantaciones de té y otras.

Este compuesto califica Clase III (OMS).

Para IARC es Grupo 3: “no pueden clasificarse con respecto a su capacidad cancerígena para seres humanos” (IARC; 2015).

1.5.6 Bentazon o Bentazona. Herbicida - Grupo químico: tiadiazina.

El bentazon o bentazona es un herbicida de amplio espectro del grupo de productos de tiadiazina, utilizado en diversos cultivos (arroz, cereales, frijoles, maíz, papa u otros) para el control preemergente selectivo de malezas anuales de hoja ancha.

Sufre fotodegradación (en suelo y agua) pero es moderadamente persistente en el aire, en el que aparentemente no se acumula. Tiene gran movilidad en suelo; por lixiviación y escorrentía puede contaminar el agua, con la que muestra gran afinidad.

Se ha descrito su presencia en baja concentración en aguas superficiales, subterráneas y de suministros para consumo.

En general es rápidamente metabolizado y degradado por plantas y animales.

Estudios a largo plazo realizados en animales no han indicado que exista potencial cancerígeno; diversas pruebas *in vitro* e *in vivo* han indicado que no sería genotóxico (OMS, 2018).

Este compuesto califica en Clase III (OMS).

1.5.7 Carbofurán. Insecticida - Grupo químico: carbamato.

El carbofurán es un plaguicida derivado del carbamato, en todo el mundo se usa como insecticida en muchos cultivos; las concentraciones de residuos de carbofurán en cultivos tratados son, por lo general, muy bajas o no detectables. Las propiedades físicas y químicas del carbofurán y los pocos datos disponibles indican la posibilidad de que la eventual vía principal de exposición pueda ser el agua de consumo, de origen superficial o subterráneo.

Es muy tóxico tras la administración de dosis única por vía oral: el efecto sistémico principal de la intoxicación sería la inhibición de la colinesterasa. No se encontraron problemas de teratogenia en estudios de toxicidad para la función reproductora.

No sería cancerígeno ni genotóxico. Clasifica en Clase IB (OMS, 2018).

1.5.8 Cipermetrina. Insecticida - Grupo químico: Piretroides.

La cipermetrina es un insecticida del grupo de piretroides, usado para controlar una amplia gama de plagas de insectos en zonas industriales y cultivos, y como fungicida en semillas. También se utiliza como ectoparasiticida en el ganado doméstico y mascotas; 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.

Su uso puede inducir a la contaminación de las fuentes de agua a través de la escorrentía e infiltración y lixiviados

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, 2018).

Siendo de Clase II, la Organización Mundial de la Salud ha excluido a la cipermetrina de sus valores guía por considerarla poco probable que sea encontrada en agua potable (OMS, 2018).

1.5.9 Clordane o Clordano. Insecticida - Grupo: hidrocarburos clorados policíclicos.

El clordano o clordane es un insecticida de amplio espectro perteneciente al grupo de los hidrocarburos clorados policíclicos.

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 se lo ha encontrado sólo 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 (OMS, 2018).

Contaminante orgánico persistente o COP, el uso del clordano está prohibido en Argentina.

Pertenece a la Clase II: moderadamente peligroso (OMS, 2009); la IARC clasifica al clordano en el Grupo 2B (posibles carcinógenos humanos) sobre la base de considerar inadecuada la evidencia sobre carcinogenicidad humana, y suficiente la concerniente a carcinogenicidad animal (IARC 2001).

1.5.10 Clorotolurón. Herbicida - Grupo químico: urea.

El clorotolurón es un herbicida de preemergencia o postemergencia temprana que se biodegrada lentamente y presenta movilidad en el suelo.

Ha sido detectado en agua de consumo en concentraciones sumamente bajas.

La exposición a este compuesto por los alimentos es muy escasa.

Es de baja toxicidad en exposiciones únicas, breves o prolongadas, en animales. No hay pruebas de que el clorotolurón o sus metabolitos sean genotóxicos.

La OMS (2009) lo clasifica en Clase U (improbable que presente riesgo agudo).

1.5.11 Clorpirifós. Insecticida - Grupo químico: organofosforado.

El clorpirifós es un insecticida organofosforado de amplio espectro. Actúa por contacto, ingesta e inhalación, siendo eficaz contra insectos chupadores y masticadores.

El uso del principio activo clorpirifós está prohibido en formulaciones de productos desinfectantes, a excepción de algunos cebos¹³. El clorpirifós es absorbido intensamente por el suelo, del que no se libera fácilmente y se degrada con lentitud por 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 (OMS, 2018).

La erosión del suelo provocada por lluvias y el escurrimiento por irrigación en áreas agrícola donde es aplicado, son posibles factores de contaminación con clorpirifós en aguas superficiales (Giesy et. al., 1999). En ecosistemas acuáticos, es removido de la columna de agua por hidrólisis, biodegradación, volatilización, fotodegradación y unión a los sedimentos; Los tiempos de vida media aproximados para la columna de agua van de 1 y 5 días, y para sedimentos de 1 y 16 días (Knuth y Heinis, 1992).

¹³ Disposición ANMAT 2659/2008

Según informes de la OMS el clorpirifós no sería genotóxico, siendo poco probable que implique riesgo de cáncer para el ser humano.

Califica en Clase III (OMS).

Este compuesto no ha sido evaluado por la IARC (2014) estando en estudio su revisión.

1.5.12 Cyanazine o Cianazina. Herbicida - Grupo químico: triazinas.

Herbicida de la familia de las triazinas, la ciananzina se utiliza en preemergencia y postemergencia para controlar malezas de hoja ancha y gramíneas anuales. Puede degradarse en el suelo y agua por la acción de los microorganismos y por hidrólisis.

Son ambiguos los datos acerca de su genotoxicidad.

Califica en Clase II (OMS).

1.5.13 2,4 D (ácido 2,4-ácido diclorofenoxiacético). Herbicida del grupo de los clorofenoxiácidos.

El 2,4-D o ácido 2,4-diclorofenoxiacético es un herbicida clorofenoxiácido sistémico hormonal auxínico común, usado en el control de malezas de hoja ancha.

Es muy usado por su bajo costo. Ingresa en el ambiente inmediatamente con la aplicación directa en la agricultura como agente de control de malezas; y también puede ingresar al suelo y agua a través de los efluentes por vertidos derivados de su fabricación, transporte y manipulación.

Se elimina del ambiente, primeramente por biodegradación; siendo el 2,4-diclorofenol el principal producto de la degradación.

La duración media en el suelo es de 4 a 7 días en la mayoría de los suelos, con un máximo de dos semanas en suelos ácidos; se biodegrada rápidamente en el agua, aunque en algunos casos pueden ser degradados por fotólisis cerca de la superficie.

El 2,4 D no se acumula en sedimentos ni lodos.

Salvo en algunas algas, no hay biodegradación en los organismos, debido a su rápida degradación.

La exposición de la población puede darse a través de alimentos que contengan residuos de 2,4 D, pero también de residuos de esta sustancia en el agua.

Estudios epidemiológicos proporcionan evidencias de que el 2,4 D induce estrés oxidativo, mecanismo que puede operar en los seres humanos, y distintas pruebas de que provoca inmunosupresión. Sin embargo los estudios epidemiológicos no encontraron un aumento importante o constante de riesgo de linfoma de Hodgkin u otros tipos de cáncer en relación con la exposición al herbicida 2,4-D.¹⁴

¹⁴ IARC Press Release N° 236 (2015).

Pertenece a la Clase II: “agente moderadamente peligroso” (OMS, 2009). Es clasificado como “posible carcinógeno para humanos” (Grupo 2B, IARC 2015) en base a evidencias insuficientes para personas y en evidencia limitada en animales de experimentación.

1.5.14 2,4 DB (4 - (2,4 - diclorofenoxi) butírico ácido). Herbicida - Grupo químico: clorofenoxiácido.

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

En el suelo y agua la forma más importante de eliminación es la degradación biológica (vida media menor a siete días).

Se considera que tiene moderada movilidad en suelos y un potencial medio de lixiviación; la hidrólisis, bioacumulación y absorción 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 metabólitos menos tóxicos.

Califica en Clase IIB (OMS). La IARC ha clasificado por largo tiempo (1987-2018) a éste y otros herbicidas clorofenoxiácidos, en conjunto, en el grupo 2B porque “los valores disponibles de estudios realizados en poblaciones y animales expuestos no permitirían evaluar su potencial carcinogénico para el ser humano” (IARC, 2015).

1.5.15 DDT. Insecticida - Grupo químico: organoclorado.

El DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano) es un plaguicida organoclorado no sistémico de ingesta y contacto, antes usado extensamente en el país para controlar tanto insectos en cosechas agrícolas como insectos portadores de enfermedades; actualmente se usa en pocos países para controlar la malaria, fiebre amarilla y tífus.

El DDT de calidad técnica es una mezcla de tres formas de DDT; también puede contener como contaminantes el DDE (diclorodifenildicloroetileno) y el DDD (diclorodifenildicloroetano).

El DDD también se usa solo para combatir plagas, pero su uso es mucho menos extensivo que el DDT.

Tras el uso del DDT como plaguicida, el mismo ingresa directamente al ambiente (aire, suelo, agua) como un fuerte contaminante; por su parte el DDE y el DDD ingresan en el ambiente como contaminantes directos o como productos de degradación del DDT.

En el aire, todos (DDT, DDE y DDD) son degradados rápidamente por la luz solar: la mitad de cuanto se libere en el aire se degrada en 2 días o menos.

En suelo, todos se adhieren firmemente; la mayor parte de DDT degrada lentamente a DDE y DDD por acción de microorganismos: la mitad del DDT en el suelo se degradará en 2 a 15 años, dependiendo del tipo de suelo.

Sólo una pequeña cantidad pasará a través del suelo al agua subterránea, en la que no se disuelven fácilmente.

El 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).

Humanos y animales están expuestos principalmente a través del consumo de alimentos contaminados con pequeñas cantidades de estos compuestos; la exposición también puede ocurrir mediante la inhalación o absorción a través de la piel durante el manejo o la aplicación de este tipo de productos. Una vez dentro del cuerpo, el DDT puede degradarse a DDE o DDD, los que a su vez se degradan a otras sustancias químicas (llamados metabolitos).

El DDT y el DDD, especialmente el primero, son almacenados sobre todo en tejidos grasos; y un bajo porcentaje de la cantidad almacenada abandona el cuerpo, muy lentamente. Los niveles de estas sustancias en los tejidos grasos pueden mantenerse relativamente constantes o aumentar con la exposición continua; sin embargo, a medida que la exposición disminuye, la cantidad de DDT en el cuerpo también disminuye. Los metabolitos de DDT son excretados principalmente en la orina (ATSDR, 2015).

Estudios epidemiológicos encontraron asociaciones positivas entre exposición al DDT y linfoma de Hodgkin, cáncer testicular y cáncer de hígado; también hubo fuerte evidencia experimental de que el DDT puede inhibir el sistema inmunológico y alterar las hormonas sexuales. Sin embargo en general no hubo asociación entre cáncer de mama y niveles de DDT medidos en muestras de sangre o grasa (IARC Press Release N° 236, 2015).

Pertenece el DDT a la Clase I en la Clasificación de Plaguicidas en base al riesgo grave para la salud humana de la OMS.

Es probablemente cancerígeno para humanos (Grupo 2ª de IARC, en base a evidencia cáncer en animales de experimentación y a pruebas limitadas en humanos).

El DDT es un contaminante orgánico persistente (COP). Su uso está prohibido en la Argentina (Ministerio de Salud de la Nación, 2014).

1.5.16 1,2- Dibromo-3-cloropropano (DBCP). Insecticida. Gpo químico: clorados.

El 1,2-dibromo-3-cloropropano (o DBCP) es un fumigante del suelo, muy soluble en agua. Se le ha detectado en hortalizas cultivadas.

El DBCP muestra capacidad genotóxica en la mayoría de los estudios *in vitro* e *in vivo*. Se comprobó asimismo que es tóxico para la función reproductora del humano y en varios animales de laboratorio. Resultados de estudios epidemiológicos sugieren un aumento de la mortalidad por cáncer en expuestos a concentraciones altas de DBCP.

El DBCP, prohibido en la República Argentina, clasifica en el Grupo 2B: “posible carcinógeno para humanos” (IARC, 2015).

1.5.17 1,2- Dibromoetano.

El 1,2-dibromoetano o *dibromuro de etileno*, se utiliza como dispersante del plomo en los combustibles con tetraalquilo de plomo, en preparados antidetonantes, como fumigante de suelos y en cosechas de frutas cítricas, hortalizas y cereales, entre otros usos.

Su utilización está disminuyendo sensiblemente en estos usos agrícolas y en los combustibles en la mayoría de los países.

Se sigue utilizando más bien como disolvente; también para eliminar termitas y escarabajos de troncos de madera o polillas en colmenas; y como sustancia intermedia en la industria química (p. ej.: en la manufactura de tinturas y ceras).

Se ha detectado en aguas subterráneas, después de su uso como fumigante del suelo.

Su uso está prohibido en Argentina.

Resulta como genotóxico en todos los estudios *in vitro*, pero en los estudios *in vivo* se obtuvieron resultados discordantes. La información sobre su posible capacidad cancerígena en seres humanos es insuficiente.

Clasifica en el Grupo 2A: “agente probablemente cancerígeno para el ser humano” (IARC; 2015).

1.5.18 Dicamba. Herbicida - Grupo químico: Clorofenoles.

El dicamba pertenece a la clase química de Clorofenoles pudiendo incluir su derivado ácido, su sal de dimetilamina o su sal de sodio.

No se une a las partículas, por lo que presenta alta movilidad en suelos pudiendo contaminar las aguas subterráneas. En suelos y aguas muestra una persistencia de hasta 12 meses; su principal vía de eliminación es la biodegradación y en menor medida la fotólisis.

Es utilizado como herbicida postemergente para control de malezas anuales y perennes de hoja ancha.

El uso agrícola de dicamba puede potencialmente conducir a la contaminación derivada de la pulverización o volcamientos o derrames, afectando las fuentes de agua superficial y subterránea a través de procesos de escorrentía e infiltración y lixiviación.

Califica en Clase III (OMS). El dicamba, junto a los demás clorofenoles pertenece al Grupo 2B (IARC,1999).

1.5.19 1,2- Dicloropropano (1,2 -DCP). Insecticida - Grupo químico: clorados.

El 1,2-dicloropropano o 1,2-dicloropropane se emplea como fumigante insecticida en cereales y suelos y para controlar los minadores de algunos frutales (duraznero, paltas u otros).

También es utilizado como sustancia intermedia en la producción de percloroetileno y de otros productos clorados; y como disolvente.

Es relativamente resistente a la hidrólisis, se adsorbe mal en el suelo y puede migrar a las aguas subterráneas.

Califica en Clase IV (OMS); y ha sido recientemente incluida en el Grupo 1: cancerígeno para seres humanos (IARC; 2017).

1.5.20 1,3 – Dicloropropeno. Insecticida - Grupo químico: clorados

El 1,3-dicloropropeno es un fumigante para controlar gran variedad de plagas del suelo, sobre todo nematodos en terrenos arenosos.

A pesar de su alta presión de vapor, su solubilidad en agua es del orden de gramos por litro y se puede considerar un contaminante potencial del agua; se lo ha detectado en aguas superficiales y subterráneas en concentraciones de unos pocos microgramos por litro.

Es Grupo 2B: “posible carcinógeno para humanos” (IARC, 2015).

1.5.21 Diclorprop (2,4-DP) Herbicida - Grupo químico: clorofenoxiácidos

El diclorprop, como los demás herbicidas clorofenoxiácidos, tiene un periodo de semidegradación en el ambiente de varios días.

No es frecuente encontrar herbicidas clorofenoxiácidos en el agua de consumo ni, en general, en alimentos

Datos de estudios realizados en poblaciones y animales expuestos no permiten evaluar el potencial cancerígeno para el ser humano.

El 2,4-DP clasifica, como todos los herbicidas clorofenoxiácidos en conjunto, en el Grupo 2B: “posible carcinógeno para humanos” (IARC, 2015).

1.5.22 Dimetoato. Insecticida - Grupo químico: organofosforados

El dimetoato es un plaguicida organofosforado sistémico utilizado en agricultura contra un amplio número de insectos y ácaros.

Su persistencia en el ambiente es baja; su período de semidegradación oscila entre 18 horas y 8 semanas y no es probable que perdure en el agua. Debido a que es altamente soluble en el agua y es adsorbido a las partículas del suelo, posee alto potencial de lixiviación.

Puede causar efectos en el sistema nervioso por inhibición de 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).

Según la OMS es de Clase II para toxicidad aguda: moderadamente peligroso o moderadamente tóxico.

1.5.23 Endosulfán (o Thiodán). Insecticida - Grupo químico: éster cíclico del ácido sulfuroso.

El endosulfán o thiodán es un insecticida de amplio espectro perteneciente al grupo de los Ciclodienos. El endosulfán grado técnico es una mezcla que usualmente contiene 94%-95% o más de diastereoisómeros activos

biológicamente, conocidos como α -endosulfán (o I) y β -endosulfán (o II), en proporciones de 2:1 a 7:3. Ha sido usado intensivamente por aproximadamente 50 años en una variedad de cultivos: algodón, cereales, frutales u otros.

Debido a su semivolatilidad y relativa persistencia, el endosulfán es un contaminante ambiental ubicuo: se lo encuentra en el aire, el agua, suelo y especialmente en vegetales, en un amplio número de ambientes diferentes, a menudo alejados de lugar de aplicación directa.

El endosulfán está sujeto a procesos bióticos y abióticos de degradación, que pueden dar lugar: **a)** por oxidación, al endosulfán sulfato (producto de degradación más frecuente en el ambiente); y **b)** por hidrólisis, (en sistemas acuáticos) al endosulfán diol; a su vez éste puede degradarse aún más a endosulfán éter, a endosulfán α -hidroxiéter o a endosulfán lactona.

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

La exposición al endosulfán ocurre principalmente por ingestión de alimentos o agua contaminados, contacto o inhalación. No hay estudios de personas expuestas prolongadamente a niveles bajos de endosulfán.

La quinta reunión de partes del Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP's)¹⁵ recomendó incluir el endosulfán técnico y sus isómeros en el Anexo A de su documento (eliminación de producción y uso) con excepción de determinadas combinaciones plaga-cultivo.

En nuestro país está prohibida la importación, elaboración, formulación, comercialización y uso del principio activo y productos que lo contengan.

Pertenece a la Clase II: "moderadamente peligroso". El IARC y la EPA no han clasificado el endosulfán en relación a su eventual capacidad para producir cáncer (ATSDR, 2015).

1.5.24 Endrín. Insecticida - Grupo químico: ciclodieno.

El endrín es un insecticida foliar de amplio espectro que actúa frente a gran diversidad de plagas agrícolas; empleándose asimismo como raticida.

En ocasiones se han detectado pequeñas cantidades de endrín en aguas de consumo de diversos países. El endrín afecta principalmente al sistema nervioso central, pero los datos toxicológicos son insuficientes para determinar si constituye o no un riesgo cancerígeno para seres humanos. Califica en Clase I (OMS).

Contaminante orgánico persistente (COP), está prohibido en Argentina.

1.5.25 Fenoprop. Herbicida - Grupo químico: clorofenoxiácidos

El fenoprop o ácido 2-(2,4,5-triclorofenoxi) propiónico es un herbicida clorofenoxiácido, y como tal tiene un periodo de semidegradación de varios días.

¹⁵ UNEP-POPS-COP.5-36, 2011; abril 2011.

No es frecuente encontrar éste ni otros herbicidas clorofenoxiácidos en el agua de consumo ni en alimentos en general.

Los datos disponibles de estudios realizados en personas y animales expuestos no permiten evaluar el potencial cancerígeno para el ser humano de éste ni otro herbicida clorofenoxiácido; sin perjuicio de lo cual, el conjunto se encuentra clasificado en el Grupo 2B: “posible carcinógeno para humanos” (IARC, 2015). Su uso está prohibido en nuestro país.

1.5.26 Gamma-HCH (o Lindano). Insecticida - Grupo químico: clorados.

El lindano (o “γ-HCH”) pertenece al grupo de hidrocarburos clorados policíclicos (Hexachlorociclohexanos o HCH). 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 puede degradarse en el suelo; en aguas superficiales puede eliminarse por evaporación, y rara vez se encuentra en aguas subterráneas. Se degrada lentamente por la acción de microorganismos y puede ser isomerizado por éstos, en isómeros α y β.

La sustancia puede absorberse 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 tejidos grasos.

Al igual que los demás HCH, el lindano está incluido como COP en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (PNUMA).

Está prohibido en Argentina.

Es de Clase II: moderadamente peligroso. Está clasificado por el IARC en el Grupo 1 (IARC, 2017).

1.5.27 Glifosato. Herbicida - Grupo químico: fosfitos.

El glifosato 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, el glifosato es muy usado en Argentina.

No tiene gran persistencia biológica, no es bioacumulable y no se biomagnifica en las cadenas alimenticias.

Tiene alta afinidad de retención en partículas del suelo, según el tipo edafológico, y puede unirse a sustancias hidrosolubles del humus. Esta habilidad de retención en suelo es el principal proceso que regula su movilidad: su persistencia allí puede alcanzar las tres (3) semanas (EPA, 1999); lapso en el que es degradado por acción bacteriana a su metabolito el ácido-aminometil-fosfónico (AMPA) y dióxido de carbono.

Puede llegar al agua superficial cuando se aplica en cercanías o bien por escorrentía; la contaminación del agua subterránea puede ocurrir por lixiviado, derrame o liberación accidental descontrolada. Investigaciones sobre aplicación

directa en un cuerpo de agua han mostrado una persistencia del compuesto de entre 12 y 60 días.

El glifosato y derivados son muy solubles en agua: es expectable una gran movilidad por este medio; sin embargo se retrae rápidamente de la columna de agua por la adsorción a los sedimentos y a partículas suspendidas.

La toxicidad de sus formulaciones es compleja: incluye el principio activo y también la presencia de sales y surfactantes de distinta naturaleza y concentración. Estudios experimentales demuestran que la toxicidad del surfactante polioxietilenoamino (POEA) es mayor que la del glifosato (sólo), y que los formulados de glifosato que contienen POEA son más tóxicos que los que tienen otros surfactantes alternativos.

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 han mostrado correlaciones débiles o raramente significativas.

Existe evidencia de carcinogenicidad en animales de laboratorio y de daño en el ADN cromosómico de células humanas, asociadas al glifosato; por lo que se le califica en Clase III como ligeramente peligroso en cuanto a su toxicidad aguda (OMS, 2009), y como probable carcinógeno en humanos, Grupo 2A (IARC, 2017).

1.5.28 Heptacloro y Heptacloroepóxido. Insecticida- Grupo químico: organoclorados.

El heptacloro es un insecticida de amplio espectro, perteneciente al grupo de los compuestos Organoclorados Ciclodinenos. Usos: control de termitas, hormigas e insectos del suelo en áreas cultivadas y no cultivadas; en tratamiento del suelo y semillas. xabromobifenilo

Es muy persistente en ambiente (COP); en suelo, plantas y mamíferos se convierte en un metabolito más tóxico: heptacloroepóxido, o epóxido de heptacloro, 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 de de nanogramos por litro (ng/L), sea de heptacloro o de y epóxido de heptacloro, en el agua de consumo.

Los alimentos serían la principal fuente de exposición al heptacloro y heptacloro epoxi, aunque la ingesta está disminuyendo (OMS, 2018).

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).

Este COP es principio activo obsoleto o discontinuado en su utilización como plaguicida. Su uso es prohibido o restringido en muchos países.

En Argentina el heptacloro está prohibido.

Califica en Clase II (OMS) y pertenece al Grupo 2B (IARC 2015).

1.5.29 Hexaclorobenceno (HCB). Grupo químico: clorados.

El hexaclorobenceno (HCB) ha sido utilizado como fungicida. Es 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).

Se degrada muy lentamente en aire y es poco soluble en agua, en la que se adhiere a sedimentos; se deposita en el fondo de cursos de agua. Dado que está muy ligado al suelo y es poco soluble en agua, no se lixivia fácilmente (OMS, 2018): la mitad del hexaclorobenceno detectado en agua de superficie desaparecerá en 3-6 años.

La exposición al HCB ocurre principalmente al ingerir niveles bajos de este compuesto en alimentos contaminados; otras exposiciones pueden ocurrir al tomar agua o respirar aire contaminados. No parece absorberse por la piel intacta (sin lesiones).

Tiene comportamiento similar al de otros insecticidas clorados, en lo que respecta a su absorción, distribución, depósito y metabolización. En caso de exposición crónica (ingesta a largo plazo) se han observado alteraciones en hígado y porfirias (ATSDR, 2013).

El HCB es un contaminante orgánico persistente prohibido en Argentina.

Pertenece a la Clase 1A: extremadamente peligroso (OMS, 2009). Es cancerígeno para los animales y está clasificado por el IARC en el Grupo 2B: posible carcinógeno para el hombre (IARC 2015).

1.5.30 Isoproturón. Herbicida - Grupo químico: urea.

El isoproturón es un herbicida sistémico selectivo, para el control de malezas (de hoja ancha y gramíneas anuales) en cultivos de cereales. Presenta movilidad en el suelo.

Su persistencia en el ambiente es de días a semanas, lapso en el que se puede fotodegradar, hidrolizar y biodegradar, por lo que sus concentraciones suelen ser muy pequeñas en aguas superficiales y subterráneas, naturales y de consumo.

El isoproturón produce toxicidad aguda baja y toxicidad baja o moderada tras exposiciones breves o prolongadas. No posee actividad genotóxica significativa, sin perjuicio de que produzca inducción enzimática y hepatomegalia. No sería carcinógeno por sí mismo sino más bien un promotor tumoral.

No obstante, sería baja la exposición a este compuesto. vía alimentos.

Es Clase II, moderadamente peligroso en cuanto a toxicidad aguda (OMS, 2009).

1.5.31 Lambda cihalotrina. Insecticida - Grupo químico: piretroides.

El lambda-cihalotrina es un insecticida del grupo de los Piretroides, cuya principal función es la de interferir con el funcionamiento normal de los

canales de sodio en las células nerviosas. Usado para combatir insectos y sus larvas, la contaminación del agua con este producto puede ser ocasionada por escorrentías, derrames y posterior infiltración a partir de su aplicación (ATSDR, 2003).

Es poco soluble en agua, no es móvil en el suelo, y presenta baja posibilidad de lixiviado. No hay evidencia de que sea un disruptor endócrino. (ATSDR, 2003).

Califica en Clase II (OMS).

1.5.32 Malatión. Insecticida- Grupo químico: fosforado.

Es insecticida Organofosforado no sistémico, de contacto e ingestión.

Se utiliza en la agricultura para controlar insectos en una variedad de cultivos; y puede utilizarse también para el control de insectos en el ganado, establos y productos almacenados.

Es ampliamente utilizado en la salud pública, incluyendo el control de malaria, dengue y otras enfermedades transmitidas por vectores (OMS, 2013).

A través de cualquiera de estos usos, el malatión ingresa al ambiente y permanece en él por varios meses; pero generalmente es degradado, en pocas semanas, a otros compuestos químicos por acción del agua, la luz solar y bacterias presentes en el suelo (en el que no tiende a adherirse) y en el agua. Por esta razón es poco probable que el malatión llegue al agua subterránea en cantidades significativas.

El malatión en aire es degradado a una sustancia más tóxica (melaoxón), al reaccionar con otros compuestos formados naturalmente en la atmósfera por la luz solar (ASTDR, 2003).

Para la población en general, la manera más probable de exposición es por ingesta de alimentos o agua contaminados; a través del contacto de la piel con plantas, suelos o superficies contaminadas; y por inhalación durante o después de su rociado en cualquiera de sus usos o por contingencias durante su fabricación, transporte o manipulación.

Cualquiera sea la forma de exposición, entra en el cuerpo rápidamente: por la corriente sanguínea llega a muchos órganos y tejidos; la mayor parte es degradado en el hígado a otras sustancias llamadas metabolitos, uno de los cuales (el melaoxón) es más dañino que el malatión mismo. El malatión y sus metabolitos no se acumulan en el cuerpo y son eliminados principalmente en la orina en unos días (ASTDR, 2003).

De baja toxicidad para mamíferos; las pruebas de carcinogenicidad en humanos serían limitadas (para cáncer de próstata y el linfoma no Hodgkin).

La evidencia en humanos es de estudios sobre la exposición -en su mayoría agrícola- en los EEUU, Canadá y Suecia publicados desde 2001.

En Argentina está prohibido el uso de productos desinfectantes que contengan el principio activo malatión.

Clasificado por la IARC en el Grupo 2A, pertenece a la Clase III de la OMS: "ligeramente peligroso".

1.5.33 MCPA [ácido 4-(2-metil-4-clorofenoxi) acético]. Herbicida - Grupo químico: clorofenoxiácido.

El MCPA es un herbicida clorofenoxiácido de postemergencia muy soluble y móvil, que puede filtrarse del suelo. Lo metabolizan las bacterias, puede sufrir degradación fotoquímica y su persistencia en el agua es escasa.

El ácido 4-(2-metil-4-clorofenoxi) acético no se detecta con frecuencia en el agua de consumo. No habría suficientes datos epidemiológicos disponibles sobre la exposición exclusiva al MCPA.

Califica en Clase IV (OMS). Como todos los herbicidas del grupo de los clorofenoxiácidos, clasifica en Grupo 2B, posible carcinógeno humano (IARC).

1.5.34 Mecoprop (MCP; ácido 2-(4-cloro-2-metilfenoxi)propiónico)]. Herbicida - Grupo químico: clorado.

El mecoprop, como los demás herbicidas clorofenoxiácidos, tiene un período de semidegradación en ambiente de varios días.

No es frecuente encontrarle en alimentos ni en el agua de consumo (u ocasionalmente en muy pequeña cantidad)

Clasifica en Clase IV de la OMS; y, como los demás de su familia en conjunto, en el Grupo 2B, posible carcinógeno humano (IARC 2015).

1.5.35 Metil Paratión. Insecticida - Grupo químico: fosforado.

El metil paratión es un acaricida e insecticida no sistémico producido en todo el mundo y que se ha registrado para su uso en muchos cultivos, especialmente de algodón.

En el ambiente se distribuye principalmente en aire y suelo, en el que su movilidad es prácticamente nula, por lo que la sustancia original ni los productos de su degradación difícilmente alcancen las aguas subterráneas. La degradación microbiana es la vía más importante de degradación ambiental del metil paratión; cuyo período de semidegradación en el agua, por otra parte 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.

El metil paratión está prohibido en Argentina.

Es Clase IA, "extremadamente peligroso" (OMS); y Gpo. 3 (IARC, 2015).

1.5.36 Metolaclo. Herbicida - Grupo químico: acetanilida.

El metolaclo es un herbicida preemergente de acción sistémica y residual; inhibe la germinación de plántulas al ser captado por ellas. Se usa para controlar malezas de hojas anchas y estrechas. Es irritante al contacto con los ojos, la piel y el sistema respiratorio

En suelo tiene escasa movilidad, es moderadamente persistente: vida media ($t_{1/2}$) aproximado de 30 días; es adsorbido en materia orgánica y arcilla. Su tiempo de vida media ($t_{1/2}$) en agua supera los 200 días

Tanto en suelo como en agua la degradación se produce principalmente por microorganismos y fotólisis. Clasifica en Clase III.

1.5.37 Metoxyclo (o Metoxicloro). Insecticida - Grupo químico: clorados.

El metoxicloro es una sustancia química usada como insecticida en cosechas agrícolas, en el ganado y en depósitos de cereales; algunos plaguicidas que le contienen se usan para controlar insectos en jardines y animales domésticos.

La mayoría del metoxicloro ingresa al ambiente cuando se aplica en los animales, a cosechas agrícolas, bosques, graneros, entre otros usos.

Se deposita en el suelo, donde se adhiere firmemente a partículas, no disolviéndose fácilmente en el agua; una vez en ésta, se adhiere a sedimentos y, en aguas superficiales, se deposita en el fondo.

Es degradado lentamente (en término de meses) en el aire, agua y suelo por la luz solar y organismos microscópicos; algunos productos de degradación del metoxicloro pueden ser tan perjudiciales como él mismo.

Generalmente se acumula en la cadena alimentaria (ATSDR, 2002).

La exposición a metoxicloro podría ocurrir por vía inhalatoria, oral y dérmica. La ruta más probable de mayor exposición es la ingestión de alimentos, aun 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. (ATDSR; 2015)

Está prohibido en Argentina, aun considerado un principio activo sin riesgo agudo con el uso normal.

Clasificado en Clase I, la IARC lo incluye en el Grupo 3 (IARC 2015).

1.5.38 Molinato. Herbicida - Grupo químico: tiocarbamato.

El molinato es un herbicida usado habitualmente para el control de malezas (de hoja ancha y gramíneas) en arrozales.

El molinato tiene una persistencia baja en el agua y en el suelo, con un periodo de semidegradación de unos cinco días.

No sería cancerígeno ni mutágeno en estudios con animales. Datos epidemiológicos basados en análisis de trabajadores relacionados con la producción de molinato (exposición laboral) no indican efecto alguno sobre la fertilidad humana. Clasifica en Clase III.-

1.5.39 Paraquat. Herbicida - Grupo químico: bupiridilo.

El paraquat o paracuat es un herbicida no selectivo de amplio espectro, perteneciente al grupo químico Bupiridilos; se usa como desecante y su modo de acción es de contacto¹⁶.

¹⁶ Guía de productos fitosanitarios de CASAFE, ed.2015.

Es altamente tóxico para los humanos en caso de ingestión. El Paraquat califica en Clase II, moderadamente peligroso (OMS). En EEUU está clasificado en el grupo C.¹⁷.

En nuestro país está prohibido el uso de Paracuat.

1.5.40 Paratión. Insecticida - Grupo químico: Fosforados.

Es un insecticida de contacto empleado en gran variedad de cultivos.

Tiende a adsorberse en las partículas del suelo y sedimentos; en el agua superficial (a la que puede llegar como resultante de pulverizaciones con el producto) está sujeto tanto a degradación abiótica vía hidrólisis y fotólisis, como a degradación biótica por microorganismos.

Se degrada por la luz solar y el ozono.

Puede absorberse fácilmente en piel; pulmones y tracto gastrointestinal; tiene afinidad por el tejido adiposo y el tejido hepático.

Se metaboliza principalmente en hígado; su acción tóxica se explica por la desulfuración oxidativa vía oxidasa microsomales hepáticas y su activación a paraoxón y otros metabolitos, que se eliminan por orina (ATSDR, 2015).

El paratión está prohibido en Argentina.

Para la OMS es Clase Ia (extremadamente peligroso); y es del Grupo 2B de IARC (2017).

1.5.41 Pendimethalin (o Pendimetalín o Pendimetalina). Herbicida - Grupo químico: dinitroanilina.

El pendimethalin, pendimetalina o pendimetalin es una herbicida de la clase Dinitroanilina, moderadamente peligroso.

Es herbicida preemergente bastante inmóvil y persistente en suelo.

De acción selectiva, es absorbido por raíces y tallos; la inhibición de crecimiento y muerte de la planta ocurren luego de la germinación de semilla, poco tiempo después de su emergencia del suelo.

Desaparece por fotodegradación, biodegradación y volatilización.

La penetración de pendimetalin en el subsuelo, hacia las aguas subterráneas parece ser baja, pero se sabe muy poco sobre sus productos de degradación más polares. Es tóxico para peces y crustáceos.

Rara vez se ha encontrado pendimetalina en aguas de suministros para el consumo; mas hay que efectuar controles periódicos, especialmente en zonas de producción arroceras.

Síntomas de intoxicación: dolores de cabeza, náuseas, irritación de mucosas y piel. No tiene antídoto; el tratamiento debe ser sintomático.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) clasifica la Pendimetalina como compuesto "ligeramente tóxico" (clase de toxicidad III) y un posible carcinógeno humano (grupo C).

La OMS lo clasifica en Clase II, moderadamente tóxico.

¹⁷ EPA: IRIS Integrates Risk Information System, 2015.

1.5.42 Simazine. Herbicida - Grupo químico: triazina.

La simazina o simazine es un herbicida de preemergencia utilizado en varios cultivos, aunque también se lo utiliza en áreas no cultivadas.

Es bastante resistente a los procesos de disipación química y física en suelo; y es persistente y móvil en el ambiente en general. Suele detectarse en aguas subterráneas y superficiales, en concentraciones de hasta unos pocos microgramos por litro. No sería genotóxico en mamíferos.

Clasifica en Grupo 3 de la IARC. La OMS lo cataloga entre los que es improbable que causen efectos tóxicos agudos bajo condiciones normales de uso: Clase U (2009).

1.5.43 2,4,5-T (ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético). Herbicida - Grupo químico: clorofenoxiácidos.

El periodo de semidegradación de los herbicidas clorofenoxiácidos en el ambiente, incluido el del ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético o 2,4,5-T, es algo distinto entre sí pero en todos es de varios días.

No es frecuente la presencia de éste u otros herbicidas clorofenoxiácido en los alimentos, entre ellos agua de consumo, y los casos detectados han informado muy baja concentración.

Los datos disponibles de estudios realizados en poblaciones humanas y animales expuestos no permiten evaluar el potencial cancerígeno para el ser humano de ningún herbicida clorofenoxiácido en concreto.

Por lo tanto, los valores de referencia para estos compuestos en el agua de consumo se basan en sus umbrales de toxicidad para otros efectos tóxicos.

Su uso está prohibido en el país.

Como los demás herbicidas clorofenoxiácidos, el 2,4,5-T clasifica en el Grupo 2B.

1.5.44 Terbutilazina (TBA). Herbicida- Grupo químico: triazinas.

La TBA es un herbicida de las clorotriazinas, usado en el tratamiento de preemergencia y postemergencia de gran variedad de cultivos agrícolas y en silvicultura.

La degradación de la TBA en aguas naturales depende de la presencia de sedimentos y de la actividad biológica.

No hay pruebas concluyentes de que la terbutilazina sea cancerígena o mutágena.

La IARC no lo incluye en su nómina.

1.5.45 Trifluralín o Trifluralina. Herbicida - Grupo químico: dinitroanilinas.

La trifluralina es un herbicida de preemergencia empleado en diversos cultivos; tiene alta afinidad con el suelo y baja solubilidad en agua.

No obstante, los procesos de biodegradación y fotodegradación pueden generar metabolitos polares que pueden contaminar fuentes de agua de consumo.

Aunque este compuesto se usa en muchos países, hay relativamente pocos datos disponibles sobre la contaminación del agua de consumo.

No se han hallado pruebas de capacidad cancerígena en varios estudios de toxicidad o carcinogenia a largo plazo realizados con trifluralina pura (99%), por lo que la trifluralina de gran pureza no tiene propiedades mutágenas.

No obstante, su uso debería evitarse cuando no se tenga certeza de su pureza porque hay en el mercado algunas trifluralinas de baja calidad técnica, con impurezas: pueden contener compuestos cancerígenos (contaminantes nitrosados) que sí son peligrosos.

La OMS lo cataloga como improbable que cause efectos tóxicos agudos bajo condiciones normales de uso: Clase U (2009).

1.6 Desinfectantes y subproductos de la desinfección

La Tabla 1.6 ordena valores aconsejables y máximos permitidos para los siguientes compuestos:

1.6.1 Bromato

El bromato de sodio y bromato de potasio son oxidantes potentes, usados en el teñido de tejidos con colorantes al azufre, entre otros usos:

El bromato de potasio también se usa como oxidante para maduración de la harina en molienda, en el tratamiento de la cebada para elaboración de cerveza y en productos de pasta de pescado. No obstante hay recomendaciones internacionales en el sentido de que no es adecuado usar bromato de potasio en la elaboración de alimentos.

El bromato puede formarse durante la producción electrolítica de cloro e hipoclorito a partir de salmuera con una contaminación alta de bromuros.

Normalmente, el agua no contiene bromatos, pero pueden formarse durante ozonización si el agua contiene ión bromuro; en determinadas condiciones también puede formarse en las soluciones concentradas de hipoclorito usado para desinfectar (clorar) el agua. También se ha informado bromatos en aguas de consumo (de distintas fuentes) tras su ozonización, en concentraciones muy diversas en función de la dosis de ozono, de cantidad de iones bromuro presentes en el agua, su pH, alcalinidad y carbono orgánico disuelto.

Una vez formado es difícil de eliminar, pero es posible reducir su concentración en el agua mediante un control adecuado de las condiciones de la desinfección.

Es mutágeno *in vitro* e *in vivo*. Existen pruebas suficientes de su capacidad cancerígena en animales de experimentación, no así en humanos;

sin embargo preventivamente ha sido clasificado por la IARC en el Grupo 2B: “posiblemente cancerígeno para el ser humano”.

1.6.2 Clorato y Clorito

El clorato y el clorito sódicos se utilizan en la producción de dióxido de cloro, además de otros usos comerciales. Ambos resultan a su vez de la utilización de dióxido de cloro como desinfectante y para el control de sabores y olores en el agua.

Cuando se utiliza dióxido de cloro para la desinfección, la concentración de clorato depende en gran medida de las condiciones del proceso (tanto en el generador de dióxido de cloro como en la planta de tratamiento del agua) y de la dosis de dióxido de cloro utilizada. Dado que no sería viable reducir la concentración de clorato, su control debe centrarse en prevenir su adición (a partir del hipoclorito sódico) o formación (a partir del dióxido de cloro).

El ión clorito es un subproducto inevitable derivado de la utilización de dióxido de cloro. Si se utiliza dióxido de cloro como preoxidante, puede ser necesario reducir la concentración de clorito resultante utilizando hierro ferroso o carbón activado.

Es posible disminuir eficazmente la concentración de dióxido de cloro mediante reducción; no obstante, es normal proporcionar al agua una concentración residual de dióxido de cloro (pocas décimas de mg/L) para que actúe como conservante durante su distribución.

El dióxido de cloro hidroliza rápidamente a clorito: de allí que el valor estipulado para éste en Tabla 1.6 constituya una protección frente a la posible toxicidad del dióxido de cloro.

Clorito, clorato y dióxido de cloro no clasifican con respecto a su capacidad cancerígena para los seres humanos.

1.6.3 Cloruro de Cianógeno

El cloruro de cianógeno es un subproducto de la cloraminación. Es un producto de la reacción de precursores orgánicos con ácido hipocloroso en presencia de ión amonio.

El cloruro de cianógeno se metaboliza rápidamente a cianuro en el organismo.

Hay pocos datos sobre la toxicidad oral del cloruro de cianógeno, y por consiguiente, los valores límites se basan en el cianuro como total de compuestos cianógenos.

1.6.4 Dicloroacético

Los ácidos cloroacéticos, incluido el ácido dicloroacético (ADCA), se forman a partir de la materia orgánica durante la cloración del agua. El ADCA se ha empleado como agente terapéutico para tratar la acidosis láctica, la diabetes y la hiperlipidemia familiar en los seres humanos.

Elevadas concentraciones en el agua pueden reducirse con sistemas de coagulación o mejorándolos para eliminar los precursores, o bien controlando el pH durante la cloración.

La concentración asociada a un valor máximo del riesgo adicional vitalicio de cáncer de 10^{-5} es equivalente al valor aconsejable (VA).

La IARC lo clasifica en Grupo 2B, posiblemente cancerígeno para humanos.

No obstante, puede ser sumamente difícil desinfectar el agua potable adecuadamente y mantener las concentraciones de ADCA a ese nivel o menos, por lo que se mantiene el valor de referencia provisional en el orden internacional como valor aconsejable (VA).

1.6.5 Dióxido de cloro (ClO_2)

El dióxido de cloro no es un producto natural sino un gas manufacturado de color amarillo a amarillo-rojizo. Se usa como desinfectante (agregado al agua forma clorito iónico, también un compuesto muy reactivo), blanqueador de celulosa, pasta de papel, harina y aceites.

El dióxido de cloro es un desinfectante alternativo al “cloro” ppd., tan eficaz como éste; y con la ventaja de necesitarse cantidades y tiempo de contacto menores, ser de mejor solubilidad y actuar sin inconvenientes entre pH 4 y pH 10. Supera al cloro en eliminación de esporas, bacterias, virus y otros organismos patógenos; también en menores costos de mantenimiento de instalaciones a largo plazo (es menos corrosivo).

Cloro, ozono y dióxido de cloro son eficaces biocidas oxidantes; pero el ClO_2 es más selectivo y estable, los otros son más reactivos y rápidamente consumidos por compuestos orgánicos. En efecto, al no ser una toxina metálica, actúa también eliminando microorganismos por interrupción del transporte de nutrientes a través de membranas celulares, no por interrupción del proceso metabólico.

El cloro y otros desinfectantes pueden generar ciertos subproductos de desinfección (como los trihalometanos o THM) El ClO_2 elimina fenoles y precursores de THM; no reacciona con nitratos ni amoníaco, y favorece la formación de flóculos en durante la potabilización.

Para su aplicación puede ser generado *in situ*, o bien activado desde su forma estabilizada cuando se lo vaya a aplicar: permanece estable hasta que se añada una determinada concentración de ácido, con lo cual se activa su acción desinfectante. Esta es una manera relativamente fácil, flexible y segura de utilizarlo

El dióxido de cloro (ClO_2) no clasifica con respecto a su capacidad cancerígena para los seres humanos.

1.6.6 Formaldehido

El formaldehido está presente en vertidos industriales y se libera al aire procedente de materiales plásticos y de colas de resina.

El formaldehído presente en el agua de consumo procede principalmente de la oxidación de materia orgánica natural durante la ozonización y la cloración; puede haberlo también a partir de su liberación por accesorios plásticos de poliacetal. Pero en general la concentración de formaldehído en aguas de consumo está muy por debajo de los valores que pueden afectar la salud:

En vista de la diferencia significativa entre las concentraciones esperables en el agua potable y la concentración tolerable estudiada (2.600 µg/L), la Organización Mundial de la Salud no ha considerado necesario establecer un valor de referencia formal para el formaldehído (OMS,2018).

Si bien IARC (2012) lo clasifica en Grupo 1: carcinógeno para humanos (por vía respiratoria), distintas pruebas indican que no sería cancerígeno por vía oral.

1.6.7 Monocloroacético

Los ácidos cloroacéticos, entre ellos el monocloroacético o monocloroacetato, se forman a partir de la materia orgánica durante la cloración del agua.

Están presentes en el agua de consumo, sobre todo procedentes de aguas superficiales.

La IARC no lo ha clasificado.

1.6.8 Tricloroacetaldehído

El tricloroacetaldehído o hidrato de cloral se utiliza como sustancia intermedia en la producción de insecticidas, herbicidas y fármacos hipnóticos.

También se ha utilizado ampliamente como hipnótico o sedante en dosis orales de hasta 750-1000 mg/día. Si bien su ingesta por usos clínicos es considerablemente mayor que su ingesta en el agua potable, la exposición clínica es de una duración menor.

El hidrato de cloral se puede formar como subproducto de la cloración de agua que contenga sustancias orgánicas precursoras, tales como ácidos húmicos o fúlvicos. Las concentraciones de tricloroacetaldehído en aguas potables (desde menos de 10 µg /L hasta 100 µg/L o más) suelen ser mayores en aguas provenientes de fuentes superficiales que las de aguas subterráneas y, aparentemente, aumentan durante la distribución (OMS, 2018).

La concentración del hidrato de cloral en el agua de consumo se puede controlar modificando los tratamientos de desinfección; por ejemplo mejorando la coagulación y el ablandamiento para eliminar los compuestos orgánicos precursores, trasladando el punto de desinfección para disminuir la reacción entre el cloro y los compuestos precursores, y/o utilizando cloraminas en lugar de cloro para la desinfección residual.

No habría estudios epidemiológicos o de carcinogenia en el ser humano en los que la exposición al hidrato de cloral se asocie al cáncer; las pruebas

sobre su genotoxicidad son ambiguas. La IARC ubica al hidrato de cloral en el Grupo 2A (2014).

1.6.9 Clorofenoles

Los clorofenoles se usan como biocidas. Suele advertirse su presencia después de la cloración de aguas que tienen fenol: la presencia de clorofenoles se detecta fácilmente, porque los niveles umbrales de olor y sabor de estos compuestos son muy bajos.

En casos en que no se aplique cloración, podrían tolerarse fenoles en hasta unos 100 mg/L sin llegar a deteriorar organolépticamente el agua, lo que ocurra antes.

Pero los compuestos fenólicos en tal concentración provocan efectos tóxicos.

Por lo tanto: proceda o no la cloración, los fenoles deben reducirse sea cual fuere su concentración en el agua: para los compuestos de sustitución más baja se usa la *oxidación* y la *adsorción con carbón activado* se aplica para los compuestos de sustitución más alta. Cuando proceda la cloración, ésta debe ser precedida por la reducción.

1.6.9.1 2,4,6 Triclorofenol

Se encuentra con frecuencia 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. Se detecta rápidamente el 2,4,6 Triclorofenol por su bajo umbral organoléptico (sabor y olor)

Altas concentraciones pueden provocar 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.

La IARC lo cataloga en Grupo 2B

1.6.9.2 Pentaclorofenol (PCF)

El pentaclorofenol o 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 específica del agua de consumo con PCF.

Es un elemento fácilmente absorbido a través del tracto gastrointestinal, pero se excreta sin modificaciones en la orina.

La toxicidad en el ser humano 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.

El PCF es un contaminante orgánico persistente (COP); califica en Grupo 1: carcinógeno humano (IARC, 2018)

La concentración máxima permitida (VMP) en esta normativa significaría un aporte de menos del 10% de la IDA (Ingesta Diaria Admisible).

1.6.10 Haloacetoni-trilos o Acetotri-trilos halogenados

Los acetoni-trilos halogenados o haloacetoni-trilos (bromocloroacetoni-trilo, Dicloroacetoni-trilo, Dibromoacetoni-trilo y Tricloroacetoni-trilo) se generan durante la cloración o cloraminación del agua a partir de sustancias naturales (algas, ácido fúlvico, material proteínico, otras).

En su especiación podrían influir, en cierta medida, los niveles de bromuro ambiental presentes en el agua.

Se han informado haloacetoni-trilos en sistemas de distribución de aguas en concentraciones generalmente menores a 10 µg/l y habitualmente menores que 1 µg/l.

En general la concentración de acetoni-trilos halogenados en el agua parece aumentar con la temperatura y/o con la disminución del pH.

El dicloroacetoni-trilo es el haloacetoni-trilo más detectado en agua de consumo.

Es probable que las concentraciones de tricloroacetoni-trilo en agua sean bastante menores que 0,001 mg/L. La reducción de precursores orgánicos disminuiría su formación, en relación a otros acetoni-trilos.

Serían aún insuficientes los datos disponibles para el cálculo de un valor de referencia para el bromocloroacetoni-trilo (OMS, 2003).

Según la IARC ningún haloacetoni-trilo clasifica con respecto a su capacidad cancerígena en el ser humano.

1.6.11 Trihalometanos (THM)

Los trihalometanos (THM) se forman en agua de consumo principalmente como consecuencia de la cloración de la materia orgánica natural en el agua bruta o cruda; la tasa y grado de formación de THM aumentan en función de las concentraciones de cloro, ácidos húmicos e ión bromuro, de la temperatura, y del pH.

Se presupone que la mayoría de los THM presentes en el agua se transfiere al aire debido a su volatilidad.

Cuatro fuentes contribuyen a la exposición total a trihalometanos volátiles, en similares proporciones: ingesta de agua, inhalación de aire de espacios interiores, inhalación y exposición cutánea durante la ducha o baño, e ingesta de alimentos.

No es admisible efectuar una desinfección inadecuada por no elevar la concentración de THM. Ello no significa que la presencia de estos compuestos no constituya un riesgo: es preciso recurrir a cualquier alternativa práctica y segura para disminuir al mínimo su formación.

Los THM totales corresponden al siguiente conjunto de compuestos:

1.6.11.1 Bromodiclorometano (BDCM)

La exposición al BDCM se la ha relacionado con algunos efectos en la capacidad reproductiva: aumento del riesgo de aborto espontáneo o muerte fetal (OMS, 2018).

Clasifica en el Grupo 2B: “posiblemente cancerígeno para el ser humano” (IARC).

1.6.11.2 Bromoformo

Los datos de una variedad de ensayos sobre la genotoxicidad del bromoformo son inequívocos. El IARC ha clasificado al bromoformo en el Grupo 3: “no clasificable con respecto a su capacidad cancerígena para los seres humanos”.

1.6.11.3 Cloroformo

El cloroformo es el THM más común presente en el agua de consumo clorada, como principal subproducto de la desinfección.

En presencia de bromuros, se forman preferentemente THM bromados y las concentraciones de cloroformo disminuyen proporcionalmente.

Las personas pueden exponerse durante la ducha a concentraciones elevadas de cloroformo del agua clorada.

La evidencia de la genotoxicidad del cloroformo es considerada negativa y el IARC, basado en evidencias de carcinogenicidad limitada en humanos pero con suficiente evidencia de carcinogenicidad en animales de experimentación, ha clasificado al cloroformo en el Grupo 2B: “posiblemente cancerígeno para el ser humano”.

1.6.11.4 Dibromoclorometano (DBCM)

Los datos sobre estudios de la genotoxicidad de DBCM se consideran concluyentes y el IARC ha clasificado el DBCM en el Grupo 3: “no clasificable con respecto a su capacidad cancerígena para los seres humanos”.

1.7 Parámetros microbiológicos

La falta de acceso al agua segura y/o la contaminación microbiana de sistemas de abastecimiento puede causar grandes, graves y gravosos brotes de enfermedades transmitidas por el agua.

Por ende, en política sanitaria (agua y cloacas) es fundamental la permanente mejora y desarrollo de sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento que aportan soluciones de fondo a las cuestiones de mayor riesgo para la salud pública.

Sobre el particular, de los riesgos asociados al agua de consumo (bebida y preparación de alimentos), la contaminación microbiana es el más

común y de mayor extensión e impacto en la salud humana; y cuyas consecuencias son tales que su control y solución estructural deben ser siempre objetivos primordiales.

En virtud de ello es entonces primordial y prioritario que permanentemente se procure tanto incrementar la accesibilidad del agua segura como, al mismo tiempo, garantizar la calidad de los sistemas de provisión.

Bajo el punto de vista microbiológico, los parámetros básicos y complementarios de las aguas para consumo humano (bebida y cocción de alimentos) se gestionarán según estipulaciones de la Tabla 1.7.1 y sus referencias.

1.7.1. Parámetros Básicos y Complementarios

1.7.1.1. Parámetros Microbiológicos Básicos

El uso de la presencia de microorganismos indicadores como indicio de contaminación fecal es una práctica bien establecida en la evaluación de la calidad del agua de consumo.

Además, se asigna una creciente fiabilidad a parámetros que pueden utilizarse como indicadores de la eficacia de los tratamientos y procesos diseñados para eliminar agentes patógenos fecales, como bacterias, virus, protozoos y helmintos.

Estos términos pueden aplicarse también a parámetros no microbiológicos; así, la turbidez puede utilizarse como indicador de filtración.

A efectos de 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 permitan la rápida instrumentación de medidas y/o acciones preventivas o de remediación, se utilizará, en primer instancia y preferentemente, la búsqueda de Coliformes Totales y *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* como organismos principales básicos, indicadores de contaminación.

Ello, sin perjuicio de la importancia de otras pruebas básicas y complementarias (Tabla 1.7.1) para ampliar y precisar las informaciones necesarias.

1.7.1.1.1. Bacterias Coliformes Totales

Un agua segura para bebida y cocción 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 período de 48 horas a 35°C de temperatura.

Escherichia coli y los coliformes termotolerantes son un subgrupo del grupo de los coliformes totales que pueden fermentar la lactosa a temperaturas más altas; el grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales. No son útiles como índice de agentes patógenos fecales, pero pueden utilizarse como indicador de la eficacia de tratamientos y para evaluar la limpieza e integridad de sistemas de distribución y la posible presencia de biopelículas.

Los coliformes totales se miden generalmente en muestras de 100 ml de agua. Los procedimientos incluyen la filtración del agua con una membrana que después se incuba en medios selectivos a 35–37 °C; transcurridas 24 h, se realiza un recuento de colonias.

Otros métodos son los procedimientos de fermentación en tubos múltiples (NMP o «número más probable») en los que se utilizan tubos de ensayo o placas de microvaloración y pruebas de presencia/ausencia (P/A).¹⁸

Cuando en una muestra se presentan organismos coliformes totales fuera de norma se aplicarán medidas correctivas y se harán muestreos diarios, del mismo punto de muestreo; y se analizarán muestras hasta que los resultados obtenidos en al menos dos (2) muestras consecutivas cumplimenten con los valores permitidos.

1.7.1.1.2. *Escherichia coli*

La *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 (ECHE), *E.coli* enterotoxígena (ECET), *E.coli* enteropatógena (ECEP), *E.coli* enteroinvasiva (ECEI), *E.coli* enteroagregativa (ECEA) y *E.coli* de adherencia difusa (ECAD).

Los tipos de ECEH, como *E.coli* O157:H7 y *E.coli* O111, producen diarrea, 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 la insuficiencia renal aguda y anemia hemolítica; los niños menores de cinco años son los que tienen mayor riesgo de desarrollar el SHU (OMS, 2018).

¹⁸ OMS, 2011.

Se considera que *Escherichia coli* es el índice de contaminación fecal más adecuado. En la mayoría de las circunstancias las poblaciones de coliformes termotolerantes se componen predominantemente de *E. coli*; por lo tanto, este grupo se considera un índice de contaminación fecal aceptable, pero menos fiable que *E. coli*.

Escherichia coli (o bien los coliformes termotolerantes) es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación, incluidos los de vigilancia de la calidad del agua de consumo.

La concentración de *Escherichia coli* (o bien de coliformes termotolerantes) se mide, por lo general, en muestras de 100 ml de agua. Los procedimientos incluyen la filtración del agua con una membrana que después se incuba en medios selectivos a 44–45 °C; transcurridas 24 h, se realiza un recuento de colonias. Otros posibles métodos son los procedimientos de NMP («número más probable») en los que se utilizan tubos de ensayo o placas de microvaloración y pruebas de P/A, algunas con volúmenes de agua mayores que 100 ml. (OMS 2018)

1.7.1.1.3. *Pseudomona aeruginosa*

Las *pseudomonas* son bacterias oportunistas ampliamente distribuidas en la naturaleza. La especie de más importancia sanitaria de este género es la *Pseudomona aeruginosa*.

Se halla con cierta frecuencia aún en aguas cloradas de red, incluso en ausencia de coliformes.

Su presencia en sistemas de almacenamiento y/o distribución, tiene como probable causa el estado deficiente de instalaciones y /o equipos. 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.

La vía de infección principal es la exposición de tejidos vulnerables, en particular herida y mucosa, a agua contaminada, así como la contaminación de instrumentos quirúrgicos. La limpieza de lentes de contacto con agua contaminada puede causar un tipo de queratitis.

La ingestión de agua de consumo no es una fuente de infección importante. No hay evidencia de que los usos normales del agua de consumo sean una fuente de infección para la población general; no obstante, puede asociarse la presencia concentraciones altas de *P. aeruginosa* en el agua potable, especialmente en el agua envasada, con quejas sobre su sabor, olor y turbidez.

Como en el caso de bacterias aeróbicas, el control de estas *pseudomonas* debe intensificarse en sistemas de distribución, pozos o perforaciones expuestos a contaminación, o cuando se comprobaren

inconvenientes en la cloración, dados su viabilidad, resistencia y bajo requerimiento nutritivo.

1.7.1.1.4. Bacterias heterótrofas aeróbicas mesófilas.

Pruebas habituales para bacterias heterótrofas aerobias mesófilas son el filtro de membrana y el recuento de placa.

El RHP o recuento de heterótrofos en placa detecta un amplio espectro de microorganismos heterótrofos, incluidas bacterias y hongos, basándose en la capacidad de estos microorganismos de crecer en medios ricos en nutrientes -sin agentes selectivos ni inhibidores- durante un periodo de incubación especificado y a una temperatura definida.

No se necesitan laboratorios muy complejos ni personal muy especializado. Los resultados se obtienen mediante incubación de sencillas placas de agar en atmósfera aerobia y están disponibles en horas o días, en función de características del procedimiento utilizado.

Entre los microorganismos detectados mediante RHP puede haber agentes patógenos potencialmente oportunistas como *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Moraxella*, *Serratia*, *Pseudomonas* y *Xanthomonas*.

Sin embargo, no se ha demostrado que ninguno de estos microorganismos esté asociado a infecciones del aparato digestivo en la población general por la ingesta de agua de consumo.

Cuando las aguas son sometidas a desinfección con cloro, conservando concentraciones adecuadas de cloro residual en los extremos de red, y no presentando Coliformes, es excepcional la presencia de bacterias aeróbicas (heterótróficas) en concentraciones iguales o superiores a 100 UFC/ml de agua. Cuando se cumple estos requisitos, puede prescindirse de su control en los análisis bacteriológicos de rutina.

En cambio un número mayor a 100 UFC/ml en el recuento total de bacterias heterótrofas es señal de que deben tomarse medidas correctivas, e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

Los abastecimientos de agua en redes que no cloran las aguas y las aguas de pozos individuales destinadas a consumo, incluirán -sin excepción- la determinación de bacterias aeróbicas, como criterio de calidad microbiológica.

En general, cuando un sistema de distribución, pozo o perforación estén expuestos a posible contaminación (p. ej.: por conexiones mal realizadas o clandestinas, reparaciones frecuentes, pozo o perforación técnicamente mal contruidos o mal aislados, roturas de cañerías, interconexión de capas

acuíferas) la determinación de bacterias aeróbicas es de importancia sanitaria: debe incluirse en el examen de rutina.

1.7.1.2. Parámetros Microbiológicos Complementarios

1.7.1.2.1 Enterococos

Los enterococos intestinales incluyen las especies del género *Streptococcus* y son un subgrupo dentro de los estreptococos fecales. Todos los estreptococos fecales, incluidos los enterococos intestinales, dan una reacción positiva con antisueros anti grupo D de Lancefield y se han aislado en las heces de animales de sangre caliente.

Este subgrupo está formado por las especies *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans* y *E. hirae*. Se lo distingue dentro del grupo de los estreptococos fecales porque estas especies son índices relativamente específicos de contaminación fecal; sin embargo, ocasionalmente, algunos enterococos intestinales aislados del agua pueden también proceder de otros hábitats (por caso, del suelo) en los que no se detecte contaminación fecal.

Los enterococos se pueden detectar a través de cultivos sencillos y baratos. Una de las técnicas más usadas es el recuento en placas y la técnica del número más probable.

De acuerdo a las Guías OMS-2018, la concentración de enterococos intestinales en las heces humanas es, generalmente, alrededor de un orden de magnitud menor que la de *E. coli*. El grupo de los enterococos intestinales puede utilizarse como indicador de contaminación fecal, ya que la mayoría de las especies no se multiplican en medios acuáticos; desde esta perspectiva los enterococos “presentan importantes ventajas: tienden a sobrevivir durante más tiempo que *E. coli* (o que los coliformes termotolerantes) en medios acuáticos, y son más resistentes a la desecación y a la cloración” (OMS; 2018)

Por ello es que los enterococos intestinales se utilizan en el análisis del agua bruta (como índice de la influencia de agentes patógenos fecales que, por su resistencia, sobreviven durante más tiempo que *E. coli*) y en agua de consumo (para complementar los análisis de *E. coli*); también se les utiliza para analizar la calidad del agua después de la realización de reparaciones en sistemas de distribución o de la instalación de cañerías nuevas.

La presencia de enterococos intestinales es un indicio de contaminación fecal reciente, por lo que tras su detección debería considerarse la toma de medidas adicionales, como la realización de otros muestreos y la investigación de las posibles fuentes de contaminación, como un tratamiento inadecuado o alteraciones de la integridad del sistema de distribución (OMS; 2018)

1.7.1.2.2. Giardia Lamblia

Entre los protozoarios que se transmiten por el agua, la *giardia lamblia* es la que más brotes epidémicos provoca en el mundo.

En Argentina, la giardiasis es la parasitosis de mayor prevalencia.

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 para el consumo humano. Los quistes pueden sobrevivir en agua de consumo humano hasta dos (2) meses a 8°C.

Menos de diez (10) quistes ingeridos con el agua pueden causar la infección en humanos.

Un individuo infectado puede liberar más de 106 quistes/gr de materia fecal.

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

Cuando se sospeche o demuestre presencia de *Giardia* o de otros parásitos en el agua, deberá mejorarse la etapa de clarificación (a Turbiedad 1 UNT o menos, y si es posible a 0,5 UNT).

Se debe vigilar y optimizar el proceso de coagulación-floculación, el estado de los mantos filtrantes y la velocidad de operaciones clave en la remoción de protozoarios.

Ordinariamente la frecuencia de la investigación, guardará relación al menos con: la eficiencia del proceso de clarificación, la prevalencia de la enfermedad y la existencia de brotes en una región.

1.7.1.2.3. Cryptosporidium spp.

Los coccidios del género *Cryptosporidium* son parásitos intracelulares obligados con un ciclo biológico complejo, que incluye la reproducción sexual y asexual; produce ooquistes de pared gruesa, que se eliminan por las heces. El género *Cryptosporidium* está compuesto por unas ocho especies; la *C. parvum* es la responsable de la mayoría de las infecciones en el ser humano, aunque otras especies también pueden causar enfermedades.

Cryptosporidium es uno de los mejores ejemplos de microorganismo causante de una «enfermedad emergente»; hasta 1976 no se descubrió que infectaba a las personas y la transmisión por el agua se confirmó por vez primera en 1984. La gravedad de la criptosporidiosis varía según la edad y el estado inmunitario, y las infecciones en personas con inmunodeficiencia grave pueden ser mortales; el impacto de los brotes de criptosporidiosis es relativamente alto debido a la gran cantidad de personas que pueden verse afectadas y a sus repercusiones socioeconómicas.

Se han notificado concentraciones de hasta 14 000 ooquistes por litro en aguas residuales sin tratar y de 5800 ooquistes por litro en aguas superficiales. Los ooquistes pueden sobrevivir semanas o meses en agua dulce.

Se han detectado ooquistes de *Cryptosporidium* en muchos sistemas de abastecimiento de agua de consumo. No obstante, en la mayoría de los casos,

hay poca información acerca de la presencia de especies con capacidad de infectar al ser humano.

Las técnicas convencionales de análisis disponibles en la actualidad proporcionan una medida indirecta de la viabilidad de los microorganismos, pero no de su infectividad para el ser humano.

Cryptosporidium se transmite por vía fecal–oral. La principal vía de infección es el contacto entre personas. Otras fuentes de infección incluyen el consumo de agua y alimentos contaminados, así como el contacto directo con animales de granja y, posiblemente, animales domésticos infectados.

El agua de consumo, las aguas recreativas y, en menor medida, los alimentos contaminados se han relacionado con la aparición de brotes. La infectividad de los ooquistes de *Cryptosporidium* es relativamente alta; estudios realizados voluntarios sanos revelaron que la ingestión de menos de 10 ooquistes puede provocar una infección.

Los ooquistes son extremadamente resistentes a desinfectantes oxidantes como el cloro, pero investigaciones basadas en pruebas de infectividad han demostrado que la irradiación con luz ultravioleta inactiva los ooquistes. En un Plan de Seguridad del Agua (PSA), las medidas de control orientadas a reducir el riesgo potencial derivado del *Cryptosporidium* deben centrarse en la prevención de la contaminación del agua de alimentación por residuos humanos y procedentes del ganado, el tratamiento adecuado del agua y la protección durante su distribución.

Debido a su tamaño relativamente pequeño, es algo dificultosa la eliminación de los ooquistes mediante procesos de filtración con medios granulares: sólo con sistemas bien diseñados y gestionados puede conseguirse una eliminación aceptable. Los procesos de filtración de membrana que proporcionan una barrera física directa pueden constituir una alternativa viable para la eliminación eficaz de ooquistes de *Cryptosporidium*.

Dada la excepcional resistencia de los ooquistes a los desinfectantes, no se puede confiar en el análisis de *E. coli* (o bien de coliformes termotolerantes) como índice de la presencia o ausencia de ooquistes de *Cryptosporidium* en los sistemas de abastecimiento de agua de consumo.

1.7.1.2.4. Microcistina L-R total (libre e intracelular)

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 de las cianobacterias, en términos de salud pública, es la capacidad que tienen para producir una gran diversidad de

toxinas. La hepatitis tóxica aguda asociada con los fenómenos de floraciones cianobacterianas es conocida como “Toxicosis Cianobacteriana”.

Se encuentran cianobacterias en la mayoría de las aguas superficiales, y su concentración depende de la radiación solar; condiciones de altos niveles de nutrientes, baja turbulencia y climas cálidos pueden promover su crecimiento. Esto puede ocasionar los florecimientos o blooms caracterizados por mayor densidad celular, decoloraciones 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 (OMS, 2018).

Cianobacterias descriptos como posibles productores de microcistinas son: *Microcystis* spp., *Anabaena* spp., *Nostoc* spp., *Planktothrix* spp. (OMS, 2018); no todas las especies de estos géneros pueden producir toxinas.

Las microcistinas generalmente están en el interior de las células; sólo en situaciones de rotura celular (lisis) se liberan al agua circundante en cantidades considerables.

Las cianotoxinas pueden clasificarse de acuerdo a su estructura química o sus propiedades toxicológicas:

- Según la estructura química se dividen en:
 - a) Péptidos cíclicos (microcistinas y nodularina),
 - b) Alcaloides (neurotoxina y cilindrospermopsina), y
 - c) Lipopolisacáridos.
- Según las propiedades toxicológicas, clasifican en:
 - a) Neurotoxinas (anatoxina-a, anatoxina-a(s), saxitoxina y neosaxitoxina),
 - b) Promotoras de tumores (microcistinas y lipopolisacáridos),
 - c) Dermatotoxinas o toxinas irritantes (lingbiatoxina A, aplisiatoxina y lipopolisacáridos), y
 - d) Hepatoxinas (microcistinas, nodularinas y cilindrospermopsinas)

Algunas se producen con mayor frecuencia en concentraciones altas (> 1µg/L): la microcistina (péptido) y la cilindrospermopsina (alcaloide); mientras que las neurotoxinas de cianobacterias sólo ocasionalmente se acumulan en concentraciones altas (OMS, 2006).

Las microcistinas son entonces cianotoxinas del tipo péptido cíclico, promotoras de tumores y hepatotóxicas.

El efecto tóxico de las microcistinas en humanos se debe al potencial de inhibición específica de fosfatasas (Microcistina-LR sería un potente inhibidor de fosfatasas 1 y 2A de serina y treonina de proteínas eucariótica), asociado a un importante daño en hígado: las microcistinas atraviesan las membranas celulares sobre todo a través de los transportadores de ácidos biliares (Falconer, 2005).

De casi un centenar de microcistinas conocidas, sólo unas pocas se encuentran frecuentemente y en elevadas concentraciones.

La microcistina-LR es de las más comunes y tóxicas. El IARC clasifica a la Microcistina-LR en el Grupo 2B (IARC, 2010).

Casos de exposición a estas toxinas se dan por ingesta de agua, en actividades recreativas, en ducha, consumo de suplementos alimenticios y diálisis renal (OMS, 2018).

Se investigará microcistinas cuando en la fuente de agua se verifique floración de cianobacterias. El monitoreo químico de microcistinas no es el método más recomendable: es mejor la observación visual del agua de fuente (incluida la observación al microscopio en búsqueda de géneros que puedan contener microcistinas) para detectar posibles aumentos de la densidad de cianobacterias (floraciones) o condiciones favorables para las floraciones. Debe aumentarse la vigilancia cuando se detecten tales circunstancias.

Para reducir la probabilidad de que se produzcan floraciones de cianobacterias pueden tomarse medidas de gestión de las cuencas de captación y del agua de las fuentes, con prevenciones tales como reducción de la carga de nutrientes, modificación de la estratificación del embalses, mezclas, entre otras.

La filtración, que elimina las células intactas, es un tratamiento eficaz para eliminar cianobacterias. Entre otros tratamientos, la oxidación con ozono o cloro empleando concentraciones y tiempos de contacto adecuados, son eficaces contra la presencia de microcistinas y, en general, la mayoría de las cianotoxinas libres en el agua. -

1.7.1.2.5. Salmonella spp.

El género *Salmonella* pertenece a la familia Enterobacteriaceae; son bacilos Gram negativos móviles. Todos los agentes patógenos entéricos, excepto *S. typhi*, pertenecen a la especie *S. entérica*.

Las salmonelosis típicamente producen cuatro manifestaciones clínicas: a) gastroenteritis (que va desde diarrea leve a diarrea fulminante, náuseas y vómitos); b) bacteriemia o septicemia (accesos de fiebre alta con hemocultivos (positivos); c) fiebre tifoidea o paratifoidea (fiebre continua con o sin diarrea); y d) la condición de portador de personas infectadas anteriormente.

Los síntomas de la gastroenteritis no tifoidea aparecen de 6 a 72 h después de la ingestión de agua o alimentos contaminados. La diarrea dura de tres a cinco días y cursa con fiebre y dolor abdominal. La enfermedad, por lo general, es de resolución espontánea.

Muchos serotipos, incluidos *S. Typhimurium* y *S. Enteritidis*, infectan a las personas y a múltiples especies de animales, como aves de corral, vacas, cerdos, ovejas, otras aves e incluso reptiles. Los agentes patógenos típicamente acceden a los sistemas de distribución de agua mediante su

contaminación fecal por descargas de aguas residuales, o por el ganado y los animales silvestres. Se ha detectado contaminación en una gran variedad de alimentos, incluida la leche. La Salmonella se transmite por vía fecal-oral.

Las infecciones por serotipos no tifoideos se asocian principalmente con el contacto entre personas, el consumo de diversos alimentos contaminados y la exposición a animales. La infección por especies tifoideas se asocia con el consumo de agua o alimentos contaminados, siendo poco frecuente la transmisión directa entre personas.

Relevancia de su presencia en el agua de consumo:

Los brotes de fiebre tifoidea transmitida por el agua tienen consecuencias devastadoras para la salud pública.

Sin embargo, en el caso de las especies de Salmonella no tifoideas, a pesar de su amplia distribución es raro que causen brotes transmitidos por el agua de consumo.

En estos casos, frecuentemente debidos a *S. typhimurium*, la transmisión se ha asociado con el consumo de aguas subterráneas y superficiales contaminadas; en un brote de la enfermedad relacionado con el abastecimiento comunitario de agua de lluvia, se determinó que la contaminación procedía de heces de aves.

Las especies de Salmonella son relativamente sensibles a la desinfección.

En un PSA puede aplicarse -como medidas de control para gestionar el riesgo- la protección de las fuentes de agua bruta de los residuos humanos y animales, su tratamiento adecuado y la protección del agua durante su distribución.

El análisis de *Escherichia coli* (o bien de coliformes termotolerantes) es un índice por lo general fiable de la presencia o ausencia de Salmonella spp. en aguas de consumo.

1.7.1.2.6. Shigella spp.

El género Shigella, perteneciente a la familia Enterobacteriaceae, está formado por bacilos Gram negativos, no esporulantes e inmóviles que son aerobios facultativos. Las especies de este género tienen un patrón antigénico complejo y su clasificación se basa en sus antígenos O somáticos, muchos de los cuales son comunes a otros bacilos entéricos, como *E. coli*. Hay cuatro especies: *S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii* y *S. sonnei*.

Shigella spp. puede ocasionar enfermedades intestinales graves, incluida la disentería bacilar. Cada año se producen más de dos millones de infecciones que ocasionan más de mil muertes, sobre todo en países en desarrollo: la mayoría de las infecciones por Shigella se producen en niños menores de diez años.

El periodo de incubación de la shigelosis suele ser de 24 a 72 h. La ingestión de tan solo 10 a 100 microorganismos puede producir una infección,

una dosis infectiva sustancialmente más baja que la de la mayoría de las demás bacterias entéricas. Al comienzo de la enfermedad aparecen cólicos, fiebre y diarrea acuosa.

Todas las especies pueden producir enfermedades graves, pero la enfermedad producida por *S. sonnei* es, por lo general, relativamente leve y de resolución espontánea.

Estas manifestaciones se relacionan con producción de la toxina shiga por el microorganismo patógeno. Las especies del género *Shigella* estarían mejor adaptadas a la infección del ser humano que la mayoría de las demás bacterias entéricas patógenas.

Shigella spp. son agentes patógenos entéricos que se transmiten predominantemente por vía fecal-oral, mediante el contacto entre personas o por el agua y los alimentos contaminados.

Se ha comprobado también que las moscas son un vector de transmisión del microorganismo presente en residuos fecales contaminados.

Relevancia de su presencia en el agua de consumo:

Se ha documentado cierto número de grandes brotes de shigelosis transmitidos por el agua.

Estos microorganismos no son estables en medios acuáticos, por lo que su presencia en el agua de consumo indica contaminación reciente con heces humanas.

Es probable que los datos disponibles hayan subestimado su prevalencia en los sistemas de abastecimiento de agua, porque las técnicas de detección que se han utilizado en general tienen una sensibilidad y fiabilidad relativamente bajas.

El control de *Shigella* spp. en sistemas de abasto de agua de consumo tiene una especial importancia para la salud pública, por la gravedad de la enfermedad que ocasiona.

Las especies del 205 género *Shigella* son relativamente sensibles a la desinfección. En un PSA pueden aplicarse, como medidas de control para gestionar el riesgo potencial, la protección de las fuentes de agua bruta de los residuos humanos, un tratamiento adecuado y la protección del agua durante su distribución.

El análisis de *Escherichia coli* (o bien de coliformes termotolerantes) es un índice por lo general fiable de la presencia o ausencia de *Shigella* spp. en las aguas de consumo.

1.7.1.2.7. Vibrio

El género *Vibrio* está formado por bacterias gramnegativas pequeñas, curvadas (con forma de coma) y con un único flagelo polar; las especies se tipifican en función de sus antígenos O. Hay varias especies patógenas: *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* y *V. vulnificus*.

Vibrio cholerae es la única especie patógena relevante en medios dulce acuícolas.

Aunque hay varios serotipos que pueden causar diarrea, el O1 y el O139 son actualmente los únicos que causan los síntomas de cólera clásicos, en los que una fracción de los enfermos padece diarrea acuosa grave y fulminante.

Todavía hay epidemias de cólera en muchas regiones del mundo. Los síntomas los produce la enterotoxina termolábil del cólera, propia las cepas toxígenas de *V. cholerae* O1 y O139. Muchas personas infectadas no desarrollan la enfermedad: alrededor del 60% de las infecciones del biotipo clásico y el 75% de las de El Tor son asintomáticas.

La manifestación sintomática de la enfermedad puede ser leve, moderada o grave. El enfermo puede perder hasta 10 o 15 litros de líquido al día.

La tasa de letalidad varía en función de las instalaciones y la preparación. Hasta el 60% de los enfermos que no reciben tratamiento pueden morir como resultado de la pronunciada deshidratación y pérdida de electrolitos, pero mediante programas bien diseñados de control de enfermedades diarreicas la letalidad se puede disminuir a menos del 1%.

Fuentes y prevalencia:

Las cepas no toxígenas de *V. cholerae* están ampliamente distribuidas en ambientes acuáticos, pero la distribución de las cepas toxígenas no es tan amplia. Las personas son un foco establecido de cepas toxígenas de *V. cholerae* y cuando se produce un brote de la enfermedad el microorganismo puede detectarse en las aguas residuales.

Aunque en zonas libres de la enfermedad pueden aislarse del agua cepas de *V. cholerae* O1, estas cepas por lo general no son toxígenas.

También se han encontrado cepas toxígenas de *V. cholerae* asociadas a copépodos vivos, y a otros organismos acuáticos como moluscos, crustáceos, plantas, algas y cianobacterias. Las cantidades asociadas a estos organismos acuáticos son a menudo mayores que las presentes en la masa de agua.

Se han aislado cepas no toxígenas de *V. cholerae* en aves y herbívoros en regiones alejadas de aguas marinas o costeras. La prevalencia de *V. cholerae* disminuye a temperaturas del agua inferiores a 20 °C.

La presencia de los serotipos O1 y O139 patógenos de *V. cholerae* en aguas de consumo tiene una importancia fundamental para la salud pública y puede tener consecuencias económicas y de salud graves en las poblaciones afectadas.

La contaminación del agua debida a un saneamiento deficiente es responsable de la transmisión en gran medida, pero no explica por completo la recurrencia estacional, por lo que deben influir otros factores además del saneamiento deficiente

Vibrio cholerae es muy sensible a los tratamientos de desinfección. En un PSA pueden aplicarse como medidas de control para gestionar el riesgo

potencial de cepas toxígenas de *V. Cholerae* la protección de las fuentes de agua bruta de los residuos humanos, un tratamiento adecuado y la protección del agua durante su distribución.

1.7.1.2.8. *Clostridium perfringens*

Las bacterias del género *Clostridium* son bacilos Gram positivos, anaerobios y sulfitorreductores. Producen esporas excepcionalmente resistentes -en medios acuáticos- a condiciones desfavorables: irradiación UV, extremos de temperatura y de pH, e incluso a procesos de desinfección como la cloración.

Clostridium perfringens y sus esporas están presentes prácticamente siempre en aguas residuales; no obstante, el microorganismo no prolifera en medios acuáticos. Está presente en las heces caninas, con mayor frecuencia y concentración que en las humanas; y con menos frecuencia en las heces de muchos otros animales de sangre caliente.

La especie característica del género -*C. perfringens*- forma parte de la microflora intestinal normal de entre el 13% y 36 % 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 el *E. coli*, el *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; también puede utilizarse como índice de contaminación fecal previa, como indicador de fuentes susceptibles de contaminación intermitente.

No obstante, no se recomienda el uso de *C. perfringens* para monitoreo sistemático: es probable que la supervivencia excepcionalmente larga de sus esporas exceda mucho la de los agentes patógenos entéricos, incluidos los virus y los protozoos.

La Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento podrá exigir el análisis de los parámetros descritos y/u otros, en base a criterios sanitarios derivados, entre otros aspectos, de inspecciones, brotes epidemiológicos y/o informes de resultados.-

1.7.2 Desinfección

Toda agua destinada al consumo humano, con o sin tratamiento previo, debe obligatoriamente ser sometida a desinfección.-

Potabilizar el agua implica esencialmente desinfectar la misma. La desinfección es de importancia incuestionable para el suministro de agua segura.

Significa una barrera eficaz para patógenos (especialmente bacterias) durante el tratamiento del agua; debe realizarse tanto la fuentes del agua sea superficial como subterránea, y en toda condición en que la misma presumiblemente haya estado o esté expuesta a contaminación fecal.

La desinfección residual se utiliza como protección parcial contra la contaminación con baja concentración de microorganismos.

La destrucción de microorganismos patógenos es fundamental, realizada muy frecuentemente mediante productos químicos reactivos como el cloro.

La desinfección química del agua de consumo reduce el riesgo de enfermedades al garantizar buenas condiciones bacteriológicas del agua de bebida y cocción de alimentos.

Aun así, la desinfección del agua con cloro tiene una eficacia limitada frente a protozoos patógenos (en particular *Cryptosporidium*) y frente a algunos virus.

El uso de desinfectantes en la potabilización genera habitualmente subproductos en el agua, y/o algún cambio de sabor u olor.

No obstante, los riesgos para la salud asociados a ello son sumamente pequeños en comparación con los asociados con una desinfección insuficiente.

Si se practicare la cloración del agua, es recomendable analizar frecuentemente la concentración de cloro (Tabla 1.7.2) su tiempo de contacto con el agua y el pH de ésta.

Todas las mediciones de cloro residual que se realicen en la red de distribución se harán in situ y en el grifo más próximo a dicha red que se encuentre en óptimas condiciones; dejando escurrir por lo menos 10 litros de agua previamente.

<p><i>LAS AGUAS DESTINADAS AL CONSUMO HUMANO (para bebida y cocción)</i> NO DEBEN CONTENER ORGANISMOS PATÓGENOS; SÍ DEBEN SER DESINFECTADAS CONVENIENTEMENTE.</p>

La eficacia en la desinfección, en relación a algunos patógenos, puede en ciertas condiciones verse disminuida debido a flóculos o partículas que los protegen de la acción de desinfectantes: si la turbidez del agua es elevada, protegerá a microorganismos de los efectos de la desinfección, estimula la proliferación bacterial y genera demanda significativa de cloro.-

La cloración no es la única técnica que puede usarse para desinfectar el agua que se libere para el consumo humano. Por otra parte, la desinfección no debiera ser la única estrategia a utilizar para el cuidado del agua y la salud. Para evitar, morigerar o eliminar la contaminación del agua hay que añadir e instrumentar eficazmente el concepto de barreras múltiples: protección fuentes de agua, operaciones de tratamiento adecuadas, desinfección en planta, protección del agua durante su almacenamiento y distribución, y protección domiciliaria.-

.....

Apéndice III
De laboratorios

Este Apéndice refiere a características y condiciones mínimas que debe reunir un laboratorio para efectuar análisis físicos, químicos y bacteriológicos de baja y mediana complejidad; en base a cierta cantidad de muestras diarias que justifiquen económicamente su instalación y operación, considerando al respecto una población servida mínima del orden de los 50.000 habitantes.

El aseguramiento de calidad de los laboratorios, y las condiciones y características de infraestructura, instalaciones y seguridad para los mismos se referenciarán en las siguientes estipulaciones:

1. De la Infraestructura y Materiales

1.1 Aspectos Edilicios

Espacio A: Lugar destinado a la recepción y almacenamiento de muestras.

Las instalaciones de almacenamiento deben estar equipadas para almacenar material, si fuera necesario, bajo refrigeración (2–8°C) y congelación (- 20°C) y aseguradas con llave.

Todas las condiciones de almacenamiento especificadas deben ser controladas, monitoreadas y registradas.

El acceso debe estar restringido al personal autorizado.

Características recomendables:

- Superficie cubierta: 9 m²
- Ventilación e iluminación: conforme a Normas de Higiene y Seguridad.
- Provisión de: Agua, electricidad y gas, sobre las mesadas de trabajo.
- Desagües de acuerdo a reglamentación.
- Revestimiento: De todas las superficies (paredes y piso) con material resistente a ácidos y álcalis, de fácil lavado. En paredes: revestimiento mínimo hasta 1,5m de altura. Zócalos y esquineros redondeados para facilitar tareas de limpieza.
- Mesadas: Confeccionadas con material resistente a los agentes químicos, fácilmente higienizables y con bordes que impidan el derrame hacia fuera.

- Pileta para lavado: confeccionada con materiales resistentes a los agentes químicos, grifo o canilla de agua caliente y fría (con mezclador).
- Estantes y muebles: de material resistente, ignífugo y de fácil limpieza.

Espacio B: Ambiente convenientemente dispuesto y equipado para el procesamiento analítico de muestras.

Características recomendables:

- Superficie cubierta: 20 m². Espacio comunicado directamente con el anterior, si es posible a través de algún cerramiento que alternativamente sirva de acceso y separación.
- Equipamiento obligatorio de seguridad y emergencias: medidas antiderrames (balde de arena y cal) y señalizaciones y cartelerías (elementos de seguridad, salidas de emergencia, zonas calientes).
- Ventilación e iluminación: conforme a Normas de Higiene y Seguridad.
- Deberá contar con equipos de extracción de gases (campanas y extractores) en los lugares en que las características de los gases producidos lo requieran.
- Provisión de agua, electricidad y gas, Desagües, Revestimientos, Mesadas, Piletas, y Mobiliario: Ídem espacio A.
- Para análisis bacteriológico y de efluentes deben acondicionarse dos espacios propios por separado, debidamente equipados a sus fines. Cada uno de ellos debiera tener una superficie de 9 m².

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

Espacio D: Oficina administrativa (Opcional). Puede o no vincularse con Espacios A y/o B.

En áreas comunes (pasillos, galerías, salida del laboratorio u otras) se dispondrán duchas de emergencia y lavaojos.-

1.2 Equipos e Instrumentos en general

Los equipos, instrumentos y otros dispositivos -incluyendo aquellos usados para muestreo- deben cumplir los requisitos del laboratorio y las especificaciones del estándar correspondiente; así como también serán verificados, calificados y/o calibrados regularmente.

Deben ser ubicados y mantenidos según sea requerido por las operaciones que se lleven a cabo en el ambiente de trabajo.

El usuario debe adquirir los equipos e instrumental en proveedores con capacidades para suministrar pleno apoyo técnico y mantenimiento requerido.

El equipamiento e instrumental mínimo recomendable estará integrado por los siguientes:

1. Autoclave: Capacidad adecuada a las necesidades habituales del Laboratorio.
2. Estufa de cultivo: Eléctrica, con regulador de temperatura (que cubra el rango entre $37 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y $45 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$). Espacio útil de 0,08 a 0,1 m²; con estantes.
3. Horno o estufa de secado y/o esterilización. Capacidad adecuada a las necesidades habituales del Laboratorio.
4. Heladera: Tipo familiar, con capacidad adecuada a las estrictas necesidades habituales del Laboratorio.
5. Mecheros: tipo Bunsen. Anafe de 1 hornalla opcional.
6. Balanza Analítica (sensibilidad 0,001g o mejor)
7. Pechímetro: Electrónico o colorimétrico
8. Turbidímetro: electrónico o en su defecto comparador visual
9. Espectrofotómetro. La calidad, capacidades y envergadura del equipo necesario dependerá de los parámetros a medir.
10. Conductímetro: mínimo de 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
11. Destilador de agua: Equipo con capacidad según necesidades.
12. Si fuere estrictamente necesario: cabina de flujo laminar.

Las siguientes son algunas recomendaciones básicas para el buen uso, mantenimiento y revisiones del equipamiento e instrumental:

- a) Deben revisarse periódicamente las instalaciones del laboratorio para comprobar que se encuentren en buen estado.
- b) Deben evitarse, en la medida de lo posible, las conexiones múltiples y los alargues, tanto en la instalación eléctrica como en la de gases.
- c) Debe comprobarse la ventilación general del laboratorio: trabajo en depresión, velocidad y sentido de circulación del aire, adecuadas condiciones termoaerométricas, entre otros aspectos.
- d) Debe trabajarse, siempre que sea posible y operativo, en campanas de extracción de gases.
- e) En estas debe comprobarse periódicamente el funcionamiento del ventilador, el cumplimiento de los caudales mínimos de aspiración, la velocidad de captura en fachada, su estado general y que no se conviertan en un “almacén improvisado” de productos químicos.

1.3 Materiales, Drogas y Reactivos

La cantidad y calidad de materiales serán acordes a análisis previstos y al volumen de trabajo.

Conviene disponer de repuestos utilizados en equipos o aparatos para análisis.

Drogas y reactivos serán las apropiadas según normas, debiendo procurarse la adquisición de reactivos de alta calidad y provisión constante asegurada.

La adquisición, transporte, envasado, almacenamiento, préstamos, uso y sobrantes de drogas y reactivos en general, y precursores químicos en particular cumplirán en todo momento con las exigencias legales, reglamentarias y administrativas vigentes en la República Argentina.

1.3.1 De los recipientes

Los recipientes más usuales en un laboratorio son de vidrio “boro-silicatos” resistentes a cambios de temperaturas (conocidos como “vidrios Pírex”), aunque en algunas condiciones pueden ser necesarios recipientes de vidrio con otras características especiales: bajo contenido de boro, color caramelo, otras.

Los tapones, capuchones y robinetes serán resistentes al ataque de los materiales contenidos: tapas metálicas roscadas son desaconsejables para sustancias corrosivas; tapones de vidrio tienden a pegarse firmemente cuando se usan líquidos muy alcalinos; tapones de goma son excelentes para líquidos alcalinos, pero inaceptables para solventes orgánicos.

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, deben medirse con cuidado volúmenes y pesadas. Usar pipetas volumétricas o buretas, cuando el volumen a medir sea dado con dos decimales, ejemplo: 7,00 mL

En razón del uso generalizado que tienen comúnmente los tubos de Nessler en los análisis de agua, se listan características particulares que deben reunir estos recipientes:

- a) Deben estar confeccionados con vidrio resistente, claro e incoloro.
- b) Conviene que todos los tubos que conformen un juego sean de la misma partida de fabricación a fin que la totalidad del vidrio y las dimensiones sean exactamente iguales.
- c) El fondo del tubo debe ser plano y de caras paralelas (no formar una lente).
- d) 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)

ESPECIFICACIÓN	100 mL	50 mL
Longitud total aproximada	376	300
Diámetro Interno Aprox.	20	17
Diámetro Externo Aprox.	24	21
Marca de graduación desde base	300	225
Máxima diferencia grad. entre tubos	6	6
Graduación opcional	50 mL	25 mL

Todo envase debe limpiarse preferentemente con agua en varios lavados. En el caso de que se requiera limpieza de mayor intensidad, podrá usarse una solución sulfocrómica (excepto que se utilice el recipiente para análisis de Cr) y enjuagarse con agua.

La norma no recomienda el uso de detergentes. Para adecuar los materiales para determinados análisis podrán usarse ácidos fuertes o soluciones oxidantes eventualmente, pero no como técnica habitual de limpieza.

Luego que los envases han sido limpiados enjuagar con abundante agua destilada.

1.3.2 Reactivos y patrones

Los reactivos debieran siempre recibir atención especial, sobre todo en los siguientes aspectos:

- Calidad pro análisis (P.A, grado reactivo analítico);
- Adquiridos de proveedores certificados, en sus envases originales;
- A cargo de un profesional o técnico capacitado;
- En el caso de reactivos para bacteriología: sólo se utilizarán productos químicos de calidad ACS o equivalente, ya que las impurezas pueden inhibir el crecimiento bacteriano, proporcionar elementos nutritivos e impedir que se produzcan reacciones deseadas;
- Registro de compra, recepción y distribución para garantizar la continuidad en los análisis , sobre todo en lo que respecta a sustancias que deben adquirirse con anticipación;
- Revisiones para tener certeza de que ellos están intactos cuando se reciben o se distribuyen en distintas unidades de trabajo. (Estas inspecciones deben registrarse colocando las iniciales de la persona a cargo de la inspección y de la fecha en el rótulo o etiqueta);

- Rechazo de reactivos que den la impresión de haber sido manipulados indebidamente, salvo en aquellos casos en que pueda comprobarse su identidad y pureza;
- Locales separados y adecuados para sustancias inflamables, ácidos, sustancias que producen emanaciones y otros reactivos;
- Equipamiento de todos los locales de almacenamiento según normas contra incendios;
- No deben trasladarse reactivos de una unidad de trabajo a otra: después de su utilización deben permanecer en el lugar destinado a tal fin;
- Debe evitarse su trasvase.

Con el objetivo de ganar en seguridad y reducir la contaminación del laboratorio, los reactivos de utilización de rutina deben ser mantenidos en el mismo laboratorio.

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 acción 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.

Las soluciones de reactivos preparadas en laboratorio deben ser rotuladas 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.

1.3.3 Agua destilada

En la calidad y confiabilidad de los análisis es relevante el agua de “*calidad reactivo*” que se utilizará para preparar los reactivos, hacer diluciones, como blanco, entre otros usos.

Un agua con “calidad reactivo” es por lo general un agua destilada o deionizada, en la cual no es detectable la 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 norteamericanos clasifican las aguas de *calidad reactivo* en tres tipos, según condiciones sintetizadas en Tabla C-III.1.3.3, cuya atención es recomendable:

Tabla C-III.1.3.3 Parámetros de calidad de agua destilada

Parámetros de calidad	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Bacterias (UFC)	< 100	<1.000	<10.000
pH	Imposible exactitud		5 a 7
Resistividad ($\text{m}\Omega \text{ cm}^{-1} 25^\circ \text{C}$)	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: Utilizables en análisis que requieren mínima interferencia y máxima exactitud y precisión.
- Tipo II: Utilizables para análisis comunes y uso general.
- Tipo III: Utilizada para lavado de materiales y enjuagues preliminares del material de vidrio y como base de preparación de las anteriores.

1.4 Del personal y Movilidad

El laboratorio deberá contar con un mínimo de personal técnico necesario.

Su Jefe o Director Técnico responsable del funcionamiento del laboratorio tendrá las incumbencias profesionales, certificaciones y demás requisitos exigidos por las normativas vigentes para dirigir técnicamente el Laboratorio.

El laboratorio deberá contar con un vehículo permanente destinado a movilidad para extracción y traslados de muestras, en condiciones técnicamente adecuadas.

2. Del Control de Calidad

Los Laboratorios de la Provincia deben contar con métodos y estrategias que respalden la confiabilidad de sus determinaciones.-

En materia de métodos de análisis debe hacerse una clara distinción entre los términos “precisión” y “exactitud”:

La precisión refiere a la reproductibilidad 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; expresa el grado de concordancia entre los resultados individuales cuando el procedimiento se aplica repetidamente a múltiples muestreos de una muestra homogénea.

La precisión, por lo general expresada como *Desviación Estándar relativa*, puede ser considerada a tres niveles:

- *Repetibilidad*: precisión bajo las mismas condiciones operativas durante un corto período de tiempo;
- *Precisión intermedia*: dentro de las variaciones del laboratorio (días diferentes, analistas diferentes, equipos diferentes, otras); y
- *Reproducibilidad*: precisión entre laboratorios.

La exactitud remite 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 sólo una parte del compuesto que se está determinando; o bien 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 exacto puede ser poco preciso a la vez, cuando uno o más factores -baja sensibilidad del instrumento, tasa variable de actividad biológica, otros- 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).

2.1 Aproximación Estadística

2.1.1 Desviación Estándar

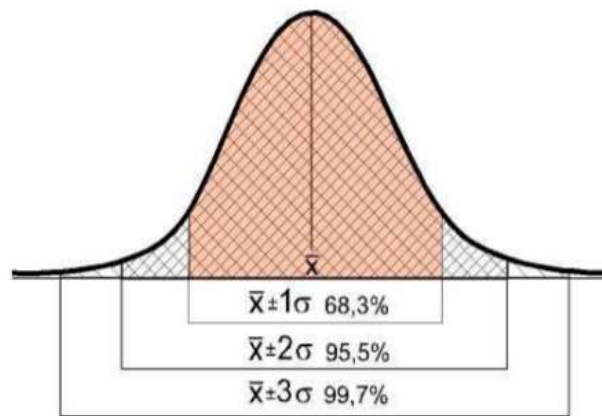
La experiencia demuestra que si una determinación es repetida un gran número de veces, bajo las mismas condiciones esenciales, el valor observado, “*x*”, se distribuirá al azar alrededor de un promedio como resultado de errores experimentales o errores incontrolables.

Si pudiéramos realizar 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 campana, conocida con el nombre de “Campana de Gauss, “Curva de Gauss” o “Curva normal” (ver figura).

Su forma está definida por dos parámetros estadísticos:

- La Media o Promedio, “ \bar{x} ”, de n observaciones; y
- La Desviación Estándar, “ σ ”, la cual fija el ancho o dispersión de la curva a ambos lados de la Media.

La fórmula de esta función 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 $\bar{x} \pm 1\sigma$;
- El 95,45 % se sitúa entre $\bar{x} \pm 2\sigma$; y
- El 99,7 % entre $\bar{x} \pm 3\sigma$.

2.1.1.1 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 que da por resultado una media “ \bar{x} ”, hay un 95 % de posibilidades de que el verdadero valor de la Media para esta muestra se ubique dentro del rango $\bar{x} \pm 1,96 \sigma / \sqrt{n}$.

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 , “ σ ” no se conoce y es estimada para una única muestra pequeña ^{*19} 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

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

2.1.1.2 Rango (R)

Es la diferencia entre la menor y la mayor de “ n ” observaciones, dando cuenta del grado de dispersión del conjunto de valores observados o medidos.

Como es una práctica generalizada efectuar replicación de análisis de muestras, el uso de la medida del rango es muy conveniente para detectar técnicas defectuosas, errores de muestreo y otras causas a las que pueda ser atribuible la variación.

2.1.1.3 Rechazo de datos experimentales

En una serie de observaciones, a menudo uno o más resultados están muy desviados o alejados de la Media, mientras que otros valores están ajustadamente agregados a ésta.

En este caso se debe decidir qué valores desagregados rechazar.

¹⁹ En estadísticas una “muestra pequeña” se refiere a un pequeño número o pequeñas cantidad de muestras (pocas muestras) replicadas. NO refiere al volumen o cantidad utilizada en el análisis.

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.

2.1.1.4 De la evaluación de métodos

Es práctica corriente la presentación de 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.

Así, la Desviación Estándar se expresa como porcentaje de la Media y se denomina “Desviación Estándar Relativa” o “Coeficiente de Variación”.²⁰

Este parámetro mide la precisión o reproductibilidad de un método, independientemente de la concentración de los constituyentes de las muestras.

De modo similar, el Error Relativo da la diferencia, entre la Media y una serie de resultados, con el valor verdadero.

Así, el error Relativo representa en qué 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.

2.1.2 De la representación gráfica de datos

La representación gráfica de datos es uno de los métodos simples para mostrar la influencia de una variable sobre 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.

2.1.2.1 Gráficas de cuadrículas

En general un formato cuadrulado ordinario resulta satisfactorio para la mayoría de los propósitos de graficación; aunque en algunos gráficos es preferible un formato semi-logarítmicos.

²⁰ Se expresa como: $Cv = \frac{\sigma}{\bar{x}}$

Worthing y Geffner han sugerido cinco reglas para confeccionar una escala coordinada. Algunas de estas reglas, que en general son satisfactorias, no son inflexibles; ellas son:

1. Colocar las variables independiente y dependiente sobre abscisa y ordenada, 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 soporte 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 (45°).
5. Colocar las variables de manera tal de obtener un trazo bien cercano a la línea recta.

Siempre las gráficas deben ser denominadas de modo que el nombre del gráfico describa adecuadamente lo que el trazado intenta mostrar.

La colocación de leyendas sobre el gráfico sirve para aclarar posibles ambigüedades, así como también anotar algún atributo relevante a uno o más datos.

2.1.2.2 Método de los cuadrados mínimos

Si es posible obtener 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 (algo normal cuando se usan datos experimentales) debe usarse 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 es representada por la constante "b".

El método 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 :

$$m = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum y^2 - (\sum y)^2}$$

$$b = \frac{\sum y^2 \sum x - \sum y \sum xy}{n \sum y^2 - (\sum y)^2}$$

Dónde “n” es el número de observaciones (de los conjuntos x e y) sumados. Para computar las constantes por este método, primero se deben calcular las sumatorias de “x”, “y”, “y²”, y “xy”.

Para estos cálculos los valores experimentales se suman como exactos.

Ejemplo:

Dados los siguientes datos (Absorbancia y Concentración en mg/L) para graficar encontrar la mejor línea que une los puntos.

Sean “y” los valores de absorbancia que están sujetos a error y “x” la concentración de soluto exactamente conocida. Primero encontrar la sumatoria de x, y, y², y xy:

Abs.	Conc.	X	Y	y ²	xy
0,10	29,8	29,8	0,10	00,1	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

A continuación se sustituyen las sumatorias en las ecuaciones para m y b (para n=7 pues hay siete conjuntos de valores para x e y):

$$m = \frac{7 \sum 117,81 - \sum 273,8 \sum 2,80}{7 \sum 1,40 - (\sum 2,80)^2} = 29,6$$

$$b = \frac{1,40 (273,80) - 2,80(117,81)}{7(1,40) - (2,80)^2} = 27,27$$

Para trazar la línea se seleccionarán tres valores convenientes de “y” (por caso: 0,00 0,20 y 0,60) y calcular el valor respectivo de x:

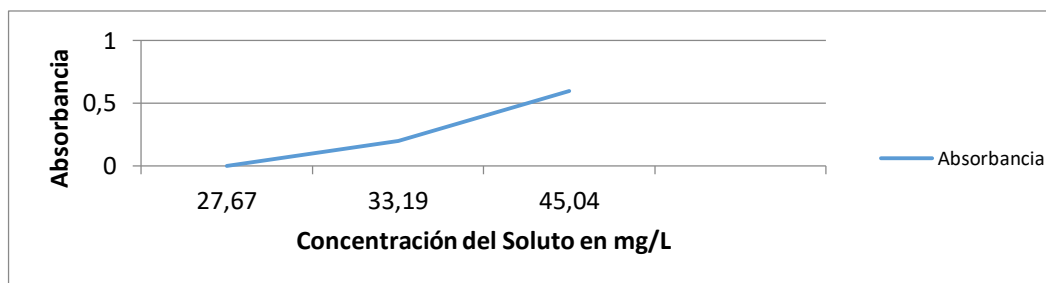
$$X_0 = 29,6(0) + 27,27 = 27,27$$

$$X_1 = 29,60 (0,20) + 27,27 = 33,19$$

$$X_2 = 29,60 (0,60) + 27,27 = 45,04$$

Cuando los puntos que representan estos valores son gráficos, deben determinar una línea recta (salvo que se haya cometido un error en los cálculos). Esta recta es la línea más conveniente para los datos dados.

En el ejemplo, los datos anteriores están graficados en la figura siguiente:



Los cálculos estadísticos correspondientes a los anteriores conceptos pueden también ser realizados por programas excell u otros.

Sin embargo, se integran las metodologías esbozadas, dada aún su potencialidad de uso en el desarrollo de experiencias interlaboratorios.

2.2 Interlaboratorios (EA)

Los ensayos interlaboratorios o ensayos de aptitud (EA) se realizan para determinar el desempeño de los laboratorios participantes, mediante una evaluación estadística de los datos obtenidos a partir del análisis de muestras distribuidas.

Cada laboratorio recibirá un dato numérico de aptitud juntamente con la información de la aptitud del grupo como un todo, obteniendo una medida de desempeño comparativa con la del grupo de laboratorios participantes.

La participación en EA refuerza el interés en el aseguramiento de calidad y de bases para acciones correctivas en aquellos casos en que los resultados no alcanzan niveles de aceptabilidad requeridos.

La participación en EA provee a los laboratorios participantes de un medio objetivo para evaluar y demostrar la confiabilidad de los datos que ellos producen.

Es importante destacar que para el laboratorio que participa en un EA no se trata de "pasar" o "fallar" un ensayo, sino que se trata de tomar parte en un aprendizaje a partir de los resultados.

Los EA deben ser programados en forma regular y continuada en el tiempo.

2.2.1 Diseño de un Ensayo de Aptitud (EA)

No existe ningún diseño que sea el más apropiado universalmente, para todos los casos.

Por ello, se trata de utilizar el que mejor se ajuste al propósito general. La selección del diseño implica precisar los siguientes ítems:

- a) Guía para la realización de los ensayos (Protocolo Técnico).
- b) Frecuencia de realización de los EA.
- c) Matriz y componentes a determinar.
- d) Niveles de concentración de cada componente.
- e) Incertidumbre asociada al resultado analítico informado.
- f) Número de réplicas a realizar en los laboratorios para cada componente.
- g) Procedimientos utilizados para:
 - 1. Preparar los ítems de ensayo.
 - 2. Asegurar la homogeneidad de los ítems de ensayo.
 - 3. Consolidar la estabilidad de los ítems de ensayo.
 - 4. Distribuir los ítems de ensayo.
 - 5. Recepción de resultados emitidos por los participantes.
 - 6. Garantizar la confidencialidad de los datos en relación con la identidad de los laboratorios participantes.
 - 7. Evaluación estadística de los resultados.
 - 8. Emisión de informes de resultados y recomendaciones.
 - 9. Evaluación de los resultados del ensayo.

2.2.2 Responsabilidades Asumidas

2.2.2.1 Responsabilidades del Proveedor

- a) Definir y comunicar el diseño seleccionado para cada EA. (Protocolo Técnico)
- b) Garantizar la confidencialidad de la correspondencia de los resultados emitidos respecto a los laboratorios participantes.
- c) Programar las acciones correspondientes a cada etapa del EA.
- d) Preparar el “Protocolo Técnico” del EA conforme a los lineamientos de la presente norma y emitirlo.
- e) Recibir los resultados emitidos por los laboratorios participantes y coordinar su evaluación.
- f) Realizar la evaluación estadística de los datos recibidos.
- g) Preparar informe de resultados del EA y emitirlo.
- h) Emitir certificados de participación con evaluación de resultados a cada uno de los laboratorios participantes.
- i) Emitir informe particular cuando corresponda, de acciones recomendadas, en los casos en que los resultados de la evaluación lo ameriten.
- j) Emitir y recibir cuestionario de evaluación del EA realizado.
- k) Si correspondiera, coordinar reunión de cierre para discusión de resultados y futuras acciones.

2.2.2.2. Responsabilidades de los Laboratorios Participantes

Cada laboratorio participante recibirá un “Protocolo Técnico” con indicaciones detalladas de lo que debe realizarse.

Es fundamental para la participación en el EA estar de acuerdo con los términos del mismo y asumir el compromiso de:

- a) Analizar el material en el tiempo establecido.
- b) Realizar el número indicado de determinaciones, ni más ni menos.
- c) Expresar los resultados en la forma que se solicita.
- d) Informar con precisión el método utilizado en la realización de cada análisis. Si se sigue un método oficial, indicar nombre y versión. En el caso en que no se siga estrictamente, indicar los cambios introducidos. Si el método no es oficial indicar brevemente los fundamentos del mismo. Suministrar todos los datos que sean solicitados, como: gráficos, curvas de calibración y otros.
- e) Informar cualquier incidencia ocurrida durante la ejecución del ensayo.
- f) Enviar el informe de resultados dentro de los plazos establecidos.
- g) Asegurarse de la recepción del informe de resultados por el coordinador del EA.

2.2.3 Colusión²¹ y falsificación de resultados.

Es importante destacar que los programas de ensayos de aptitud están destinados principalmente para ayudar a los participantes a mejorar su desempeño. Sin embargo, en el afán por obtener buenos resultados, existe la posibilidad de que algunos participantes tiendan a proveer una impresión optimista de sus capacidades.

Son vicios frecuentes:

- a) Informar resultados de datos únicos cuando en realidad son el resultado de determinaciones repetidas con un único método analítico o utilizando distintas metodologías.
- b) Acordar entre laboratorios de tal forma que los datos que se remiten no son verdaderamente independientes.

Dado que al incurrir en estos vicios se vulneran principios sobre los que se basa el procesamiento estadístico de datos, se daña a la totalidad del grupo.

²¹ Colusión: Convenio o trato entre varios con intención de perjudicar a otros.

Por ello se tratará en todos los casos que los EA sean diseñados para que haya la menor colusión y falsificación posibles.

Y en todo momento se insta a los laboratorios participantes evitarla y seguir estrictamente los lineamientos acordados en el “Protocolo Técnico”.

2.2.4 Organización y diseño

Una de las dificultades que se presentan en los EA es que los procedimientos estadísticos utilizados son sofisticados y no son fácilmente comprendidos por todos los participantes.

Tampoco resultan claras, muchas veces, las acciones que deberían tomarse para mejorar el desempeño en caso de obtener bajo desempeño.

Por otra parte, la complejidad en la preparación de muestras confiables y problemas de presupuesto son aristas que no pueden soslayarse.

También debe tenerse en cuenta que los EA deben ser realizados en forma periódica y continuada para obtener la máxima utilidad.

En este marco, se adoptan los criterios generales mostrados a continuación en Tabla C-III.2.2.4:

Tabla C- III.2.2.4 Criterios generales a considerar en la organización de interlaboratorios

EA	Descripción
Modalidad	Evaluación continua de competencia técnica o desempeño.
Frecuencia de ensayos	Anual
Componentes	A definir en cada ensayo
Método analítico	Cada laboratorio participante utilizará su procedimiento de rutina.
Número de réplicas	Las utilizadas en sus procedimientos de rutina.
Informe de resultados	Sólo deberá informar un único resultado por cada componente.
Incertidumbre analítica	Cada resultado analítico informado podrá ir acompañado por la evaluación de su incertidumbre. (a)
Requisitos para participar	Compromiso de cumplir estrictamente con los lineamientos del Protocolo Técnico.

(a) Una estimación razonable de la incertidumbre se debe basar en un conocimiento del desempeño del método y en el alcance de la medición; y debe hacer uso, por ejemplo, de la experiencia adquirida y de los datos de validación anteriores. (ISO/IEC 17025 Punto 5.4.6). La información de la incertidumbre es optativa y tiene como fin la comparación del parámetro por los participantes.

Es muy importante que los laboratorios participantes en un EA tengan siempre presente que:

- a) Los trabajos realizados con los ítems de ensayo del EA no deben diferir de los trabajos que realiza el laboratorio en su rutina diaria. El ensayo se

invalida si el laboratorio tratare a los ítems de ensayo del EA en alguna forma especial distinta a la utilizada en sus procedimientos de rutina.

- b) Si bien el resultado de desempeño obtenido en un EA es para tener en cuenta, el desempeño y la tendencia de mejora a largo plazo es lo importante.
- c) El Protocolo Técnico utilizado en el EA debe ser leído cuidadosamente, tanto por los analistas como por el personal jerárquico.
- d) Cuando se considere apropiado el laboratorio puede comunicarse con el coordinador del ensayo para asegurar la cabal comprensión del diseño del EA y su operación.

Es conveniente que tanto los laboratoristas como el personal jerárquico de los laboratorios participantes comprendan que un EA sólo forma parte de una imagen de la calidad del laboratorio a la fecha de realización.

Un EA no es de ningún modo competitivo. De hecho, no implica ninguna diferencia real en el desempeño entre los laboratorios el hecho de que recaigan en una misma “*categoría*” (por ej. “Satisfactorio”) como resultante del EA.-

3. Higiene y Seguridad en el Laboratorio

Aun cuando la probabilidad de un accidente *parezca* muy pequeña, las consecuencias pueden ser extremadamente severas.-

La organización del laboratorio permitirá la correcta gestión de la prevención. Partiendo del propio compromiso de la Dirección o máxima autoridad de la institución en la que se inserta el laboratorio, éste debe estar adecuadamente jerarquizado para que la aplicación del principio de la seguridad en línea se pueda establecer sin problemas.

Se deben elaborar e implementar, rigurosamente, procedimientos apropiados de seguridad tanto en lugares de almacenamiento como de utilización de reactivos tóxicos o inflamables.

El laboratorio debe proveer salas o áreas separadas para el almacenamiento de sustancias inflamables, fumantes y bases y ácidos concentrados, aminas volátiles, y otros reactivos tales como ácido clorhídrico, ácido nítrico, amoníaco, y bromo.

Materiales auto inflamables tales como sodio y potasio metálicos, también deben almacenarse separadamente.

Provisiones pequeñas de ácidos, bases y disolventes pueden mantenerse en el depósito del laboratorio pero las cantidades principales de

estos insumos deben ser retenidos preferiblemente en un local separado del edificio del laboratorio.

Es fundamental el control del cumplimiento de las normativas y reglamentos relacionados con la prevención de riesgos laborales y de seguridad industrial, de emisiones y vertidos, entre otros, así como también las abundantes normas y/o guías o recomendaciones de carácter local.

Sin perjuicio del presente Apéndice son de aplicación las Normas de Higiene y Seguridad vigentes, Ley n° 19.587, Dec. PEN n° 351/79, sus normas modificatorias y complementarias.

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.

Asimismo, 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.

3.1 Equipos de Seguridad

La realización del trabajo en un lugar seguro y salubre es responsabilidad de la institución, del responsable del laboratorio (normalmente el Jefe de laboratorio), del personal de supervisión y del personal que en él se desempeña.

Todo el personal empleado debe hacer los máximos esfuerzos para protegerse a sí mismo y a sus compañeros de trabajo.

Los accidentes tienen causas: pueden ser prevenidos por un programa de seguridad y el continuo respeto de las normas.

Deben respetarse las recomendaciones de higiene y seguridad, de aplicación en los laboratorios de análisis y control de calidad.

Los equipos de seguridad están constituidos básicamente por los elementos de *actuación* ante emergencias y los elementos de *protección* individual o personal (EPI o EPP)²².

Sin perjuicio del presente Apéndice, en materia de protección contra incendios son de aplicación las normativas y reglamentos provinciales y nacionales; en especial las condiciones mínimas impuestas por la Ley 19.587, Decreto reglamentario 351, Capítulo 18.-

²² La norma admite indistintamente ambas denominaciones y siglas.

3.1.1 Elementos de actuación ante emergencias y de protección en general

Se incluyen aquí extintores, mantas ignífugas, duchas de seguridad, lavaojos, blindajes de seguridad, contenedores de seguridad, entre otros.

Se ubicarán en lugares de fácil y rápido acceso, debiéndose comprobar periódicamente su funcionamiento.

3.1.1.1 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.

3.1.1.1.1 Clases de extintores

De acuerdo a las características de la combustión, se determinan distintos tipos de fuegos, que pueden clasificarse como Clases (A, B, C o D).

Clase “A”: Son los fuegos que involucran materiales orgánicos sólidos en los que pueden formarse brasa, por ejemplo, la madera, papel, cartón, carbones, textiles u otros. Su simbología normalizada: triángulo 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 u otros. Su simbología normalizada: un cuadrado 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, entre otros.

Su simbología normalizada: un círculo azul en cuyo interior se coloca la letra C.



Sobre este tipo de fuego NO se debe utilizar agua o materiales conductivos hasta haber asegurado el corte de energía.

Clase “D”: Son fuegos deflagrantes, en metales alcalinos y alcalinos térreos como así también en polvos metálicos. Combustionan violentamente y generalmente con llama muy intensa; emiten una fuerte radiación calórica y desarrollan muy altas temperaturas. Su simbología normalizada: una estrella de cinco puntas en color amarillo en cuyo interior se coloca la letra D.



Sobre este tipo de fuego NO se debe utilizar agua, ya que ésta reaccionaría violentamente. Se hallan dentro de estos tipos de fuego, el magnesio, el sodio, el potasio, titanio, circonio, polvo de aluminio y otros.

3.1.1.1.2 Tipos de extintores

Los hay de distinto tipo, aplicación y efectividad. Entre los más comunes:

- a) Extintores de agua: Aptos para fuegos clase A. No deben usarse bajo ninguna circunstancia en fuegos de clase C, pues el agua con el cual están cargados estos extintores conduce la electricidad.
- b) 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. Son aptos para fuegos clase C, ya que la descarga no conduce la electricidad. Además provocan un efecto de sofocación mayor sobre el fuego. Son aptos para los fuegos de la clase A y C.
- c) Extintores de espuma: Actúan por enfriamiento y sofocación: la espuma genera una capa continua de material acuoso que desplaza aire, enfría e impide el escape de vapor con la finalidad de detener o prevenir la combustión. Aptos para fuegos clase A y B.
- d) 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 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 los utiliza en fuegos de la clase B y C. En fuegos de la clase A, pueden ser utilizados complementariamente a un extintor de agua. Hay que tener cuidado en su aplicación en líquidos combustibles, a efectos de no provocar salpicaduras.

- e) 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 la temperatura de la combustión, originando una sustancia que se adhiere a la superficie de los sólidos, creando una barrera entre éstos y el oxígeno. Son aptos para fuegos de la clase A, B y C. Son los extintores más recomendados para los riesgos de laboratorio.
- f) Extintores a base de reemplazantes de los halógenos (Haloclean y Halotron I): Al igual que los anteriores, actúan principalmente en base a la interrupción química de la reacción en cadena del fuego. Su ventaja es ser agentes limpios (no dejan residuos) y no ser conductores de la electricidad. Son aptos para los fuegos clase A, B y C.
- g) Extintores a base de polvos especiales para la clase D: Algunos metales reaccionan con violencia si se les aplica el agente extintor equivocado. Existen muchas formulaciones para combatir incendios de metales combustibles o aleaciones metálicas. Actúan en general por sofocación, generando al aplicarse una “capa” que funciona de barrera entre el metal y el aire. Algunos también absorben calor: actúan por enfriamiento y mismo tiempo por sofocación. Son sólo aptos para fuegos clase D.
- h) Mantas ignífugas. Permiten una acción eficaz en caso de fuegos pequeños y sobre todo cuando 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 ignifugantes. Como todo elemento de seguridad deben ubicarse en lugares de fácil y rápido acceso.

3.1.1.2 Duchas de seguridad

Deben usarse en accidentes que involucren ácidos, álcalis y otros líquidos agresivos, encendido en ropas y otros accidentes.

Se ubicarán convenientemente, estarán provistas de un desagüe y señalizar el espacio de piso debajo de ellas. Tienen que proporcionar un caudal de agua suficiente para empapar 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 período de ducha.

La válvula de apertura debe ser de accionamiento rápido. Los modelos más adecuados son aquellas con accionador triangular unido al sistema mediante una barra fija.

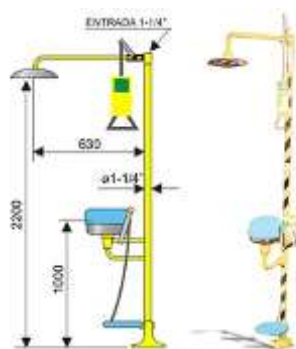
Las duchas en baños o vestuarios pueden realizar las funciones subsidiarias de las de seguridad, especialmente en caso de laboratorios de poca superficie y para pequeñas quemaduras o salpicaduras en la ropa.

Es muy importante que las duchas de seguridad y los lavaojos (parágrafo siguiente) se chequeen periódicamente (en lapso cortos) a fin de asegurar el correcto funcionamiento cuando se precisen.-

3.1.1.3 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 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.



Al igual que para las duchas de seguridad (parágrafo anterior) se debe verificar frecuentemente su funcionamiento correcto; registrando ello en planillas *ad hoc*, con identificación del verificador, fecha, funcionamiento, anomalías encontradas, y otras observaciones.-

3.1.1.4 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.

Debe tenerse en cuenta un blindaje adecuado cuando se trabaje con vidrio al vacío o sistemas presurizados.

3.1.1.5 Contenedores de seguridad

Están diseñados para minimizar las consecuencias de un accidente o para prevenir la dispersión de materiales peligrosos. Deben usarse

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 particulares condiciones de uso (son sometidos a acción de bombeo).

3.1.2 Elementos de protección individual o personal (EPI o EPP)

Se define como Elemento de Protección Individual o Personal (EPI o EPP) a *“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”*.²³

Teóricamente los EPP deben utilizarse cuando los riesgos no puedan evitarse ni limitarse eficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante procedimientos de organización del trabajo. En esta tesitura los EPP serían una medida preventiva de carácter excepcional a la que sólo se recurriría cuando no es posible eliminar o reducir el riesgo con otras medidas que deben haberse implantado con carácter prioritario

En la realidad cotidiana es recomendable la utilización habitual de los EPP. Los más utilizados en laboratorio son los protectores de piel, ojos, vías respiratorias y de manos y brazos.

A veces puede requerirse también la utilización de protectores auditivos.

Dada la corta vida útil de los EPP, deben indefectiblemente ser renovados periódicamente.

3.1.2.1 Guantes de seguridad

Los guantes de seguridad se fabrican de diferentes materiales en función del riesgo que se pretende proteger (ej.: PVC, PVA, nitrilo, látex, neopreno).

Para su uso en laboratorio, es fundamental la impermeabilidad a productos químicos, además de la necesaria resistencia mecánica a la tracción y a la perforación.

El uso de guantes no impermeables no protege en casos de inmersión o contacto directo importante (v.g.: volcamiento); por el contrario, en ocasiones

²³ NTP 517: Prevención del riesgo en el laboratorio. Utilización de equipos de protección individual (I): aspectos generales.

puede incrementar el riesgo. Es importante conocer la aptitud del guante en función de los productos químicos utilizados: se debe exigir al proveedor el correspondiente certificado de homologación.

En general, para el 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 calor.

3.1.2.2 Anteojos de seguridad

Debería requerirse el uso de gafas de seguridad a todo el personal, y en lo posible evitar el uso de lentes de contacto para realizar ciertas actividades específicas.

Dependiendo del diseño, los anteojos de seguridad protegen de salpicaduras, partículas y exposición a polvos, vapores o radiación ultravioleta. Actualmente existen en el mercado una variedad de anteojos de seguridad según el riesgo.

En algunas ocasiones, se necesita utilizar pantallas faciales:



Estas pantallas protegen los ojos y la cara al mismo tiempo. Pueden ser con visores de plástico, con tejidos aluminizantes o reflectantes, de malla metálica, o de policarbonato.

3.1.2.3 Protección respiratoria

Los elementos protección respiratoria son equipos en los que la protección contra los contaminantes se obtiene reduciendo la concentración de éstos en la zona de inhalación por debajo de los niveles de exposición recomendados.

En general los equipos que se utilizan en laboratorio son equipos “dependientes” del medio, 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 contaminantes son muy elevadas o son altamente tóxicas.

Presentan dos partes claramente diferenciadas: el adaptador facial y el filtro.

El adaptador facial tiene por finalidad la creación de un espacio herméticamente cerrado alrededor de las vías respiratorias, de manera que el único acceso a ellas sea a través del filtro propiamente dicho.

Existen tres tipos de conjuntos adaptador-filtro: máscara, mascarilla y boquilla:

Máscara Cubre boca, nariz y ojos. Debe utilizarse cuando el contaminante es irritante (evita su efecto sobre la mucosa ocular o en cualquier caso cuando pueda penetrar a través de ella.	
Semi máscara o mascarilla Cubre la nariz y la boca exclusivamente.	
Mascarilla autofiltrante Reúne en un solo cuerpo inseparable el adaptador facial y el filtro. No son adecuadas para la protección de gases y vapores.	

Todos los elementos de protección respiratoria producen alguna incomodidad al usarlos y pueden incrementar la fatiga en el trabajo, por lo que su uso debe estar limitado en el tiempo, en periodos cortos alternados durante la jornada trabajo.

3.2 Riesgos en el laboratorio

Un problema que debe enfrentar el responsable de un 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 que ciertas tareas sean muy delicadas; paradójicamente el conflicto es aún mayor cuando las sustancias ordinariamente pipeteadas no son particularmente peligrosas.

Sea porque se decida no pipetear con dispositivos de protección, o no usar campana, guantes o máscaras faciales, el/la responsable del laboratorio se encontrará frecuentemente con la resistencia de ciertos operarios frente a las medidas de protección adoptadas.

Se debe ser estrictos en la iniciación y aplicación de medidas y métodos de seguridad, en lugar de aceptar su presunta impracticabilidad o posibles incomodidades iniciales.

Por sus propias características, el trabajo en el laboratorio presenta algunos riesgos de origen y consecuencias muy variadas, relacionados básicamente con las instalaciones, los productos²⁴ que se manipulan, el uso de energía y las manipulaciones, operaciones particularizadas o que en general se realizan. En consecuencia, la prevención de riesgos en el laboratorio presenta características propias que la diferencian de otras áreas productivas o de servicio.

La experiencia demuestra que los laboratorios que han implantado una política de calidad presentan un elevado nivel de seguridad.

La identificación de los riesgos más comunes del laboratorio es de gran importancia en el desarrollo de un programa 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 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.

Entre la multiplicidad de acciones preventivas posibles para la minimización de riesgos se considerarán como mínimo las siguientes:

- a) Entrenar al personal en prácticas de trabajo seguro.
- b) 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.
- c) 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.
- d) Disponer de las Fichas Internacionales de Seguridad Química u otra fuente de información sobre las características de peligrosidad de los reactivos y patrones.
- e) Disponer de instructivos claros para realizar el trabajo de manera segura.
- f) Trabajar con material suficiente, adecuado a las necesidades y en buen estado.
- g) Realizar mantenimiento preventivo de instrumentos y reparar con rapidez los desperfectos.
- h) Mantener el orden y la limpieza. No acumular materiales en las superficies de trabajo.

²⁴ Algunos productos, adquiridos o generados en el laboratorio, suelen ser muy peligrosos aun cuando se empleen en pequeñas cantidades y/o de manera discontinua.

- i) Equipar el laboratorio con un sistema eficaz de ventilación general y localizada.
- j) Disponer de los EPP, así como también de las instalaciones de emergencia o elementos de actuación (duchas, lavajos, mantas ignífugas, extintores, kits antiderrames, otros) adecuados a los riesgos existentes.
- k) Recoger inmediatamente todos los vertidos que ocurran, por pequeños que ellos sean.
- l) 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.
- m) Evitar el trabajo en solitario en el laboratorio.
- n) Debe estar prohibido fumar e ingerir alimentos en el laboratorio.
- o) Nunca se deben utilizar recipientes de laboratorio para contener bebidas o alimentos.
- p) Evitar llevar lentes de contacto. Es preferible el uso de gafas de seguridad graduadas o que permitan llevar las gafas graduadas debajo de ellas.

3.2.1 Productos químicos

Una primera información sobre la peligrosidad de la sustancia se encuentra en la etiqueta del producto (símbolos, pictogramas, frases R) y en la ficha de datos de seguridad.

Ello da una primera información sobre la severidad del riesgo asociada al producto.

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 modo seguro.

Es conveniente disponer de dispositivos de seguridad ante emergencia y de protección en general, así como también EPP para la protección de las vías respiratorias, ojos y cara y manos. Todos estos equipos deben cumplir con la reglamentación vigente aplicable.

Entre los aspectos a tener en cuenta en el almacenamiento de productos químicos se considerarán los siguientes como mínimo:

- a) Comprobar que los productos están adecuadamente etiquetados y las etiquetas se encuentran en buen estado.

- b) Disponer de su ficha de datos de seguridad química. Es allí donde se encuentra la información de cómo almacenar el producto.
- c) Llevar un control actualizado de la provisión de productos, que permita registrar tanto el inventario disponible como su estado y fecha de vencimiento (Evitar el envejecimiento de los productos).
- d) No almacenar productos químicos en pasillos ni lugares de paso de vehículos, en huecos de escaleras, salas de visitas y lugares de descanso.
- e) Respetar las recomendaciones de almacenamiento en cuanto a incompatibilidades y cantidades máximas recomendadas. La siguiente matriz 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

- f) Puede disponerse de estanterías intercalando inertes entre incompatibles.
- g) Almacenar la mínima cantidad posible de productos químicos.
- h) Disponer en el área de trabajo solamente de los productos que se vayan a utilizar y mantener el resto en un área de mantenimiento.
- i) Planificar medidas de emergencia. V.G: actuación en caso de salpicadura, derrame o rotura de un envase, incendio u otras contingencias.
- j) Capacitar al personal sobre los riesgos en el almacenamiento y manipulación de productos, cómo prevenirlos y cómo protegerse.

En estanterías y armarios de laboratorio debe tenerse en cuenta, al menos las siguientes precauciones:

- 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 de laboratorio debe conocer las propiedades de los productos almacenados, cómo utilizar los EPP, el uso correcto de los elementos de actuación (y las consecuencias de su mal uso); y disponer de instrucciones sobre cómo actuar en emergencias.

3.2.1.1 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 actúan como agentes oxidantes y, cuando contactan productos orgánicos u otras sustancias oxidables, pueden reaccionar de forma violenta.

Los ácidos inorgánicos son corrosivos, especialmente cuando se encuentran a altas concentraciones. Pueden destruir tejidos corporales y producir quemaduras químicas 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 en los dientes. El contacto repetido con la piel provoca dermatitis.

La ingestión accidental de ácidos inorgánicos concentrados causa grave irritación de boca, garganta, esófago y 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.

Siempre que sea posible, los ácidos muy corrosivos deben sustituirse por ácidos que presentan 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.

En el almacenamiento, siempre debe evitarse el contacto de los ácidos inorgánicos 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.

Las tareas deben realizarse en lugares con campana extractora de gases, debiendo además usarse protección facial y guantes.-

3.2.1.2 Metales y Compuestos Inorgánicos

Los reactivos deben utilizarse siguiendo sus prescripciones y considerando todos los riesgos generales del laboratorio químico.

Hay que 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 con mucha agua el área afectada.

Si la irritación persiste, es conveniente consultar con un médico.

En diversas fuentes se puede obtener información relacionada con toxicidad, precauciones y primeros auxilios.

A continuación se señalan algunos peligros específicos que tienen metales y compuestos inorgánicos:

- a) Algunos compuestos de arsénico y níquel son muy tóxicos y pueden ser cancerígenos. Evitar su inhalación, ingestión y contacto con la piel.
- b) La azida sódica es tóxica y reacciona con ácidos para formar el aún más tóxico ácido hidrazoico. Cuando es desechado por desagües puede reaccionar con el plomo o cobre de las cañerías formando azidas metálicas, 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 berilio y sus compuestos está reflejada en un bajo "valor umbral límite" de 2, 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- c) El berilio es cancerígeno para el ser humano, por lo que se deberá manejar con extrema precaución y sólo bajo campanas extractoras o cajas herméticas con guantes de manipuleo.
- d) Los cianuros son utilizados como reactivos, pero también pueden presentarse en muestras de agua. El cianuro de hidrógeno 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 hidrógeno.
- e) De los metales líquidos a temperatura ambiente, el mercurio tiene además apreciable presión de vapor. Un termómetro roto en una habitación escasamente ventilada puede producir una concentración de mercurio en aire tal, que su valor umbral límite sea superado. Debido a su gran volatilidad y toxicidad, debe manipularse el mercurio y sus compuestos con mucha cautela. Proveerse de los correspondientes Kits para neutralizar derrames.
- f) 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.

- g) El boro hidrato de sodio puede descomponerse en agua y liberar hidrógeno, creando un peligro de explosión. Como otros compuestos inorgánicos, es un irritante energético de la piel y sistema respiratorio.

3.2.1.3 Disolventes y Reactivos Orgánicos

Los disolventes que se utilizan en el laboratorio forman parte de distintas categorías mayores: alcoholes, compuestos clorados e hidrocarburos.

La mayoría de los solventes orgánicos utilizados en laboratorios de análisis tienen especificado su valor umbral límite para locales de trabajo.

En cada caso, este valor es una indicación de la concentración máxima de solvente en el aire a la cual pueden permanecer expuestos los trabajadores por un lapso determinado.

Aunque muchos envases de reactivos orgánicos no especifican su valor umbral límite (como los solventes orgánicos), no son menos peligrosos.

La siguiente Tabla C-III.3.2.1.3 resume valores umbrales indicativos para principales solventes y reactivos utilizados, sobre cuyas capacidades conviene cerciorarse antes de acudir a ellos, ante las continuas mejoras en esta materia:

Tabla C-III.3.2.1.3. Umbrales de principales Solventes y Reactivos

SOLVENTES	VALORES UMBRALES LÍMITES ppm (v/v)	REACTIVOS	VALORES UMBRALES LÍMITES ppm (v/v)
1,4 Dioxano (a)	25	2-aminoetanol	3
2-Metoxietanol	25	2-Cloro-6-(Tricloro-Metil) piridina	10
Acetona	1.000	Ácido oxálico	1
Acetato de etilo	400	Benzidina (b)	
Acetonitrilo	40	Clorobenceno	75
Ácido acético	10	Cloruro de bencilo	1
Alcohol isoamílico	100	Dietanolamina	3
Alcohol isobutílico	50	Fenol	5
Alcohol isopropílico	400	Naftaleno	10
Benceno (b)	10		
Ciclohexanona	25		
Cloruro de metileno	100		
Cloroformo (a)	10		
Disulfuro de carbono	10		

Etano	1.000		
Éter dietílico	400		
Éter isopropílico	250		
Etil glicol	50		
Hexano	100		
Metanol	200		
n-Butanol	100		
Pentano	600		
Piridina	5		
Propanol	200		
Tetracloroetileno (a)	100		
Tetracloruro de carbono (a)	5		
Tolueno	100		
Xileno	100		

REFERENCIAS:

- (a) Compuesto sospechoso de ser cancerígeno en humanos.
- (b) Compuesto carcinógeno.

Los compuestos mencionados en esta norma como cancerígenos, o sospechados de serlo, deben ser tratados con extrema precaución.

Pero en general todos los compuestos merecen ser cuidadosamente manipulados, como medida precautoria de seguridad (individual o personal y colectiva) en el laboratorio:

- 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 SNC 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 referidos en esta normativa recaen en cuatro categorías: a) Ácidos, b) Compuestos Halogenados, c) Colorantes e Indicadores, y d) Plaguicidas. Son predominantemente sólidos, por lo que es posible la formación de aerosoles.
- Los plaguicidas deben ser manejados con cautela, pues son venenos usualmente absorbidos por la piel. Utilizar guantes y ropas protectoras.
- Los compuestos clorados presentan muchos de los riesgos que los solventes clorados (narcosis, daño del sistema nervioso central e hígado).

Un correcto etiquetado de estos compuestos -que incluya fecha de vencimiento-permite orientar y programar un desecho conveniente de las drogas vencidas, con el correspondiente tratamiento químico de neutralización.

3.2.2 Radiaciones

Todas las personas están expuestas a radiaciones ionizantes; la dosis promedio anual de radiaciones de orígenes variados -cósmico, terrestre, interno, laborales y en auscultaciones de la salud (rayos X y otras)- a la cual está expuesto el cuerpo es cercana a los 185 mrem/año.

Podemos prevenir la innecesaria exposición 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 toda persona que trabaje con materiales radioactivos o máquinas que producen radiaciones.

Los manuales permitirán conocer procedimientos necesarios para: obtener autorización para usar, pedir, manipular y guardar radionucleótidos; contienen información para manejar materiales radioactivos y procedimientos en caso de accidente, sobre descontaminación, monitoreo del personal y laboratorio, y desechos de radioactivos.-

3.2.3 Riesgos Biológicos

La seguridad de un laboratorio de aguas también incluye los riesgos biológicos. Los microorganismos patógenos pueden producir enfermedades por inoculación por 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 deben mezclarse diluciones soplando aire por la pipeta en un cultivo.

Cuando se trabaje con muestras altamente contaminadas, tales como líquidos cloacales o cultivos de alta densidad microbiana, debe usarse un aparato pipeteador adosado al extremo bucal de la pipeta, para prevenir ingestión accidental.

No debe pipetearse 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 patógenos, descartar toda pipeta utilizada con ella en una jarra conteniendo desinfectante, para su descontaminación antes de proceder a su lavado.

No deben colocarse pipetas utilizadas sobre la mesada, carros de laboratorio, o pipetas de lavado sin una adecuada desinfección previa.

Son desinfectantes satisfactorios para jarras de descarte los compuestos de amonio cuaternario que incluyan un detergente compatible o soluciones de hipoclorito de sodio.

Debería usarse la concentración más alta recomendada para desinfectantes comerciales (no dañan las marcas de graduación, de pintura horneada, en las pipetas).

Debe reemplazarse diariamente la solución desinfectante en jarras de descartes. Asimismo hay que esterilizar los materiales contaminados (cultivos, muestras, elementos de vidrio, sueros descartados, otros) por autoclavado antes de desecharlos o reutilizarlos. La rotura de tubos con cultivos, durante su centrifugado produce la formación de aerosoles microbianos.

Para el control de las exposiciones a contaminantes de contacto es importante la práctica de una buena higiene personal; desinfectar frecuentemente las manos y superficies de trabajo. Es necesario 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 dependiendo del tipo de trabajo que se realice.

Se debe impedir la presencia de insectos para evitar la contaminación de equipos estériles, medios, muestras, cultivos, individuos y para prevenir el esparcimiento de organismos patógenos por vectores. Es recomendable instalar mallas metálicas en ventanas y otras aberturas, sobre todo cuando no exista aire acondicionado.

Hay que fumigar periódicamente, sobre todo las superficies descubiertas del piso, desagües, depósitos, canaletas de escurrimiento, y otros lugares convenientes para ello.

3.2.4 Riesgos de carácter físico

3.2.4.1 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 equipamiento eléctrico, o utilizar equipos con doble aislación. No colocar tomas corrientes en el interior de campana de extracción.

No utilizar equipos con cables desgastados o aislación deteriorada. 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 limpieza o mantenimiento. Nunca deberán puntearse ni puentearse fusibles o conectores de seguridad.

3.2.4.2 Mecánicos

Proveer de un blindaje o manejar con precaución: 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 incluyen: bombas de vacío, licuadoras, mezcladoras y molidoras (molino).

Manejar con protección las herramientas portátiles de potencia,

Hay que protegerse de equipos tales como centrífugas, ante el riesgo de desprendimiento de partes móviles que giran a altas revoluciones.

Asegurar firmemente equipos que tienen tendencia a vibrar (centrífugas, compresores) para prevenir la tendencia a desplazarse (“caminar”). Las personas deben colocarse lejos de ellos ante la posibilidad algunos elementos puedan romperse y/o desprenderse por causas de las vibraciones.

3.2.4.3 Gases

Los gases comprimidos son potencialmente peligrosos. Los cilindros de gas pueden explotar si se manejan inapropiadamente. La parte de gas de cilindro cuyo contenido es inflamable, puede presentar riesgo de explosión y, si tóxico, agravar la eventual contingencia.

Rigen las regulaciones correspondientes para el uso y almacenamiento de gases comprimidos. Los cilindros de gas deben trasladarse sólo en carros, carretillas de mano o monta cargas; y asegurarlos apropiadamente durante su depósito, transportes, uso; y mantener colocada la tapa de seguridad de la válvula durante el depósito y transporte.

Es imprescindible identificar permanentemente el contenido del cilindro.

3.3 Monitoreo

El establecimiento de políticas prácticas, procedimientos y métodos para prevenir la exposición de personal a materiales peligrosos, es solo una parte de un programa efectivo de seguridad.

La instrumentación 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 agentes químicos, biológicos o radio-químicos de riesgo a los que se encuentra sometido el personal:

- El monitoreo de agentes químicos consiste en instalación de sensores para medir concentraciones en aire de compuestos o de partículas suspendidas.

- El monitoreo de agentes biológicos representa una parte fundamental del monitoreo microbiológico. Incluye exámenes físicos preocupacionales 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 agentes radio-químicos: incluye elementos de limpieza, frotación y cepillado, e instrumentos portátiles de medición y muestreo de aire.

3.4 Disposición de residuos

El plan para la disposición segura de sustancias biológicas y químicas usadas en laboratorio es muy importante.

Debe ser discutido con el supervisor del laboratorio y con el “coordinador” o agente responsable de la seguridad.

Hay que 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.

Se usarán contenedores especiales para residuos extremadamente peligrosos o altamente tóxicos, y embalajes especiales para evitar roturas o daños del contenedor durante el transporte. Se embalarán por separado materiales peligrosos incompatibles.

Los métodos de disposición incluyen: incineración, evaporación, neutralización, reacciones químicas, tratamientos especiales, enterramientos y usos de dispositivos especiales de origen comercial.

Es recomendable prever consultas de bibliografía específica actualizada respecto a métodos más apropiados para desecho de compuestos orgánicos e inorgánicos inespecíficos.

3.4.1 Desechos Químicos

Conviene usar disolventes que pueden ser destilados y recuperados para su reutilización; los disolventes no combustibles pueden ser evaporados si el vapor no crea un problema en el medio ambiente.

Pequeñas cantidades de solventes inflamables²⁵ y drogas pueden ser quemados dentro de contenedores metálicos o incineradores.

Neutralizar materiales ácidos y básicos antes de su disposición final. Ciertos materiales solubles no tóxicos pueden ser diluidos en un desagüe, si no dañan las cañerías o el ambiente.

²⁵ Los solventes inflamables son líquidos con un punto de inflamación menor de 60°C y una presión de vapor que no excede los 274 KPa de presión atmosférica a 38°C.

En lo posible deberán convertirse los materiales peligrosos en otros inocuos, antes de desecharlos (Si ello no es posible es recomendable recurrir a un especialista en desechos). Los cilindros de gas no recuperables deben desecharse con la ayuda, exclusivamente, de personal calificado.

3.4.2 Desechos Biológicos

Es altamente recomendable esterilizar todas las sustancias tóxicas o infecciosas y todos los equipos y recipientes o aparatos antes de lavarlos, guardarlos o desecharlos; un método de esterilización recomendado requiere el uso de autoclave. En general, hay que calentar el autoclave a presión de 103 KPa, para alcanzar al menos 121 °C, durante 15 minutos. Medir el tiempo luego de que el material esterilizado haya llegado a la temperatura de 121°C.

Si un objeto 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.

Reúnanse residuos contaminados con combustibles y esqueletos de animales para desecharlos por incineración.

3.4.3 Desechos radioquímicos

Consultar bibliografía especializada y/o Estándar Método de AWWA.

3.5 Acerca de la actuación en casos de emergencias

El laboratorio debe tener un plan para emergencias que pudieran producirse, según características de los productos almacenados. El plan debe ser visible y los trabajadores deben estar informados y entrenados al respecto.

Es conveniente colocar de manera bien visible toda la información necesaria para la actuación en caso de accidente: qué hacer, a quién avisar, números de teléfono, tanto interiores como exteriores (emergencia, mantenimiento, bomberos, jefe o director técnico del laboratorio), direcciones y otros datos que puedan ser de interés en caso de accidente, especialmente los referentes a las normas de actuación.

Mínimamente se tendrá en cuenta lo siguiente:

- a) 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.
- b) Durante el proceso de limpieza deben utilizarse los EPP adecuados.

- c) En caso de salpicadura de piel u 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.
- d) Ante derrame o vertido en ropa, ésta debe quitarse rápido, o colocarse bajo una ducha, según magnitud de impregnación. Si hay contacto en piel, se acudirá de inmediato a atención médica.

Un tratamiento importante en caso de contaminación de la piel u ojos con ácidos inorgánicos consiste en lavar inmediatamente la zona afectada con agua corriente (Para ello deben colocarse estratégicamente duchas de emergencia y lavaojos). Salpicaduras en ojos se lavan con agua abundante.

Quienes inhale vapor ácido deben retirarse inmediatamente de la zona contaminada, no realicar esfuerzos, y debe recibir atención médica inmediata.

La indumentaria de cuero (calzados, cintos) puede retener ácido y ser causante de daños severos si se les reutiliza.-

La Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento Aplicación -responsable de la vigilancia y verificación de los servicios de agua y saneamiento, de gestión pública y/o privada- puede realizar por sí y/o terceros las inspecciones sanitarias y determinaciones analíticas de campo y laboratorio.

En aras del óptimo cumplimiento de sus roles, el Laboratorio utilizado para sus controles debe contar con adecuadas capacidades en materia de infraestructura, equipamiento y recursos humanos y materiales, para realizar -y al mismo tiempo referenciar en jurisdicción provincial- todos los análisis pertinentes; sin perjuicio de la eventual disponibilidad y uso de otros equipos y métodos por parte de las entidades públicas o privadas prestatarias de servicios públicos de agua y saneamiento.-

El presente Anexo y sus apéndices técnicos podrán ser actualizados, ampliados, modificados o precisados en sus contenidos por la Agencia de Desarrollo, Regulación y Control de Servicios de Agua y Saneamiento; previa intervención del Comité Técnico de Revisión y Actualización.-

.....