



# AGUA Y SALUD

Iniciativa Científica Milenio

Biblioteca del Congreso Nacional-Asesoría Técnica Parlamentaria

Santiago de Chile, Diciembre de 2017

## AUTORES



**Paola Toledo Leiva MD, MSc, PhD(c)**

Médico Cirujano, especialista en Neurología Adultos de la Universidad de Chile y Máster en Medicina Molecular del Imperial College London. Al momento, candidata a doctora del programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas de la Universidad de Chile. Investiga los efectos de las hormonas tiroideas en la programación fetal y su relación con enfermedades neuroinflamatorias en el Instituto Milenio de Inmunología e Inmunoterapia.



**Jamileth More De La Cruz, Biólogo, MSc, PhD(c)**

Licenciado en Biología de la Universidad Central de Venezuela, Máster en Neurociencias y actualmente candidata a doctora del programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas de la Universidad de Chile. Soy parte del *Biomedical Neuroscience Institute* (BNI), donde trabajo en el área de neurociencias, enfocada al estudio de la regulación del calcio y su participación en la formación de la memoria y pérdida durante la Enfermedad de Alzheimer v Envejecimiento



**Ingrid Ester Alvial Chandia, Biólogo, MSc, PhD**

Biólogo, con Diplomado en Análisis y Gestión Ambiental, Magíster y Doctorado en Ecología y Biología Evolutiva. Asociada al Núcleo Milenio en Ecología y Manejo Sustentable de Islas Oceánicas. Especialidad Ecología de organismos acuáticos y bioindicadores de calidad ambiental

## RESUMEN

El agua potable se define como el agua que cumple con los requisitos microbiológicos, de turbiedad, químicos, radiactivos, organolépticos y de desinfección, que aseguran su inocuidad y aptitud para el consumo humano (INN, 2005).

El aumento de la demanda de agua, así como la contaminación del agua es una problemática grave y está empeorando en América Latina, África y Asia, sin embargo, hay grandes oportunidades para revertir esta tendencia. Esto implica la adopción de medidas para evitar que aumente la contaminación, restaurar los ecosistemas degradados (con medidas de rehabilitación como la reforestación) y adoptar un enfoque integral de la gestión de aguas residuales.

La OMS propone la implementación de esquemas de tratamiento de las aguas residuales convencionales y no convencionales y la consideración de la posibilidad de reutilizar las aguas residuales (por ejemplo, para el riego y la acuicultura), ofreciendo todas las garantías para la salud (OMS, 2006).

Un mayor esfuerzo e inversión en fiscalización y regulación de las aguas superficiales y subterráneas, una mejora en los métodos de saneamiento y de potabilización del agua, y una revisión exhaustiva de las normas vigentes por comité de expertos, son acciones esenciales para asegurar el derecho a abastecimiento de agua potable, ante los actuales escenarios de cambio climático y escasez del recurso hídrico en nuestro país.

# ÍNDICE

## 1. SECCIÓN 1

Calidad del agua potable en Chile: presencia y regulación de metales.....	5
- <i>El agua que bebemos.....</i>	5
- <i>¿Quién regula el agua que bebemos?.....</i>	5
- <i>¿Cuáles son los efectos del arsénico sobre la salud humana?.....</i>	8
a) <i>Efectos de exposición crónica a arsénico .....</i>	8
b) <i>Efectos de exposición prenatal o perinatal a arsénico.....</i>	8

## 2. SECCIÓN 2

Calidad del agua potable en Chile: presencia y regulación de microorganismos biológicos.....	10
- <i>¿Qué riesgos implica la existencia de microorganismos biológicos en el agua de beber?.....</i>	10
- <i>¿Son los microorganismos biológicos diferentes a otros contaminantes del agua?.....</i>	10
- <i>¿Cómo se previene la ocurrencia de enfermedades infecciosas transmitidas por el agua ?.....</i>	11
- <i>¿Cómo se monitorea la presencia de microorganismos en el agua de beber?.....</i>	11
- <i>¿La ausencia de E.coli garantiza la ausencia de otros microorganismos en el agua de beber?.....</i>	12
- <i>¿Cómo optimizar la detección de agentes patógenos en el agua de beber?.....</i>	13

## 3. SECCIÓN 3

### Aguas residuales

- <i>¿Qué son las aguas residuales?.....</i>	14
- <i>Aguas residuales: panorama mundial.....</i>	14

- **Usos de las aguas residuales.....16**
- **Expectativas y proyecciones del uso del agua potable y aguas residuales a nivel mundial.....17**
- **Aguas residuales en Chile.....18**
- **Salud y Comercio.....18**

**BORRADOR**

# SECCIÓN 1

## Calidad del agua potable en Chile: presencia y regulación de metales pesados

*Ingrid Alvial Ch.*

### ***El agua que bebemos***

El agua potable se define como el agua que cumple con los requisitos microbiológicos, de turbiedad, químicos, radiactivos, organolépticos y de desinfección descritos en la Norma Chilena 409/1.Of2005, que aseguran su inocuidad y aptitud para el consumo humano (INN, 2005).

### ***¿Quién regula el agua que bebemos?***

La disponibilidad y calidad del agua potable, junto a un adecuado saneamiento, juegan un rol clave en la calidad de vida de la población urbana. En este sentido, bajo la Ley 18.902 del 27-01-1990, se crea la Superintendencia de Servicios sanitarios, como organismo encargado de la fiscalización de los prestadores de servicios sanitarios, del cumplimiento de las normas relativas a servicios sanitarios y del control de los residuos líquidos industriales que se encuentren vinculados a las prestaciones o servicios de las empresas sanitarias. En otras palabras, la Superintendencia controla que los prestadores de servicios sanitarios cumplan con la normativa vigente respecto a la calidad del agua potable, garantizando que el agua suministrada a la población sea apta para el consumo humano.

**El agua distribuida por los servicios públicos de agua potable debe cumplir con la Norma Chilena NCh409 /1.Of. 2005 Agua Potable - Parte 1: Requisitos, que establece los requisitos de calidad que debe cumplir el agua potable en todo el territorio nacional, y Parte 2: Muestreo, que establece requerimientos del Muestreo que se debe exigir a las concesionarias para el control del agua potable suministrada.**

Desde su fuente natural (superficial o subterránea) el agua potable pasa por varios tratamientos físicos (e.g. desripado y desarenado) y químicos (e.g. coagulación, floculación y decantación; filtración, cloración y fluoración) hasta considerarse apta para el consumo humano ([www.ssis.cl](http://www.ssis.cl)). Sin embargo, el agua como solvente universal, puede contener

cualquier elemento de la tabla periódica y pocos son los elementos que pueden ser removidos desde su fuente hasta el consumo humano. Un grupo de estos elementos que tiene especial importancia para la salud humana son los metales pesados.

Los metales pesados son elementos que tienen una densidad mayor a  $5 \text{ g cm}^3$ . Estos elementos se encuentran naturalmente en la corteza terrestre y algunos son importantes en la nutrición de plantas, animales y humanos a nivel de trazas como Zinc (Zn), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Hierro (Fe), Cromo (Cr), Niquel (Ni), y Molibdeno (Mo). Metaloides como Arsénico (As) y Selenio (Se) también son importantes elementos presentes de forma natural en las aguas superficiales (Wild, 1993). El arsénico está ampliamente distribuido en el agua dulce superficial, siendo normalmente las concentraciones en ríos y lagos inferiores a  $10 \mu\text{g/L}$ , aunque en muestras aisladas se puedan alcanzar hasta  $5 \text{ mg/L}$  cerca de fuentes antropogénicas. Los niveles de arsénico en el agua freática son, como promedio, de alrededor de  $1\text{-}2 \mu\text{g/L}$ , excepto en las zonas con rocas volcánicas y depósitos de minerales de sulfuro, donde los niveles de arsénico pueden llegar a  $3 \text{ mg/L}$ . Las concentraciones medias de arsénico en los sedimentos oscilan entre  $5$  y  $3.000 \text{ mg/kg}$ , correspondiendo los niveles más altos a zonas contaminadas (MINSAL, 2014).

A pesar de su origen natural, los metales pesados y el arsénico pueden inducir efectos tóxicos en seres vivos cuando su concentración y/o tiempo de exposición supera el umbral de tolerancia de los organismos expuestos (John & Leventhal, 1995).

El agua potable en Chile no debe contener concentraciones de metales pesados mayores a las indicadas en la NCh 409 (Tabla 1). No obstante, diversos episodios de aumento de metales pesados, principalmente en la zona norte, han puesto en jaque a los organismos encargados de asegurar la calidad del agua potable que bebemos.

**Tabla 1.** Límite máximo de elementos esenciales y no esenciales en agua potable según NCh409/1) y directrices establecidas por la OMS (OMS, 2006).

Elemento	Expresado como elementos totales	Límite máximo (mg/L)	Directriz de la OMS basada en la salud (mg/L)
Elementos esenciales			
Cobre	<i>Cu</i>	2,0	2,0
Cromo total	<i>Cr</i>	0,005	0,05
Hierro	<i>Fe</i>	0,3	No hay directriz

Manganeso	<i>Mn</i>	0,1	0,5
Magnesio	<i>Mg</i>	125	No hay directriz
Selenio	<i>Se</i>	0,01	0,01
Zinc	<i>Zn</i>	3,0	3,0
Elementos no esenciales			
Arsénico	<i>As</i>	0,01 <sup>1</sup>	0,01
Cadmio	<i>Cd</i>	0,01	0,003
Cianuro	<i>CN</i>	0,05	0,07
Mercurio	<i>Hg</i>	0,001	0,001

Los niveles de metales pesados más preocupantes en Chile se encuentran en la zona norte de nuestro país, donde las aguas superficiales han mostrado altas concentraciones de metales principalmente del metaloide arsénico. Por ejemplo, la ciudad de Antofagasta ha tenido por mucho tiempo problemas por el alto contenido de arsénico del agua, con casos frecuentes de intoxicaciones graves. El agua para la ciudad se capta en el río Loa y en ríos que nacen en la cordillera, principalmente del Toconce, ríos con altos contenidos de arsénico. Desde 1970, Antofagasta cuenta con plantas de potabilización del agua donde el arsénico se trata con sustancias químicas especiales, y actualmente el agua tiene 0,01 ppm de arsénico, equivalente al nivel máximo para no dañar la salud humana (Hoffman & Armesto 2014). Similar preocupación existe en Arica, donde el Ministerio de Salud ha establecido la guía de vigilancia biológica de la población expuesta a arsénico en la Comuna de Arica (MINSAL 2014).

Sin embargo, niveles de arsénico en aguas subterráneas de la zona central también pueden sobrepasar el valor límite establecido en la normativa. Es así como varios medios de prensa en noviembre del año 2015 (e.g. Diario La tercera, radio Cooperariva.cl, entre otros), reportaban presencia de minerales que presentan un riesgo para la salud en 14 comunas del país. Alto Hospicio, Antofagasta, Copiapó, Caldera, Tierra Amarilla, Chañaral, Diego de Almagro, Pichidangui, Licantén, Maule, Aysén, Florida, Lo Barnechea y Pudahuel fueron las comunas cuya agua presentaba altos niveles de sulfatos, hierro, arsénico y turbiedad del agua, según informe de la SSIS, y que afectó a un total de 202.397 usuarios. Para la Región

Metropolitana, el análisis de calidad de agua reportaba valores de 0,02 mg/L en la comuna de Lo Barnechea (sector Valle Escondido) superando los valores establecidos por la norma.

### ***¿Cuáles son los efectos del arsénico sobre la salud humana?***

El ingreso de metales pesados al organismo humano en cantidades mayores que las consideradas “normales” determinan el desarrollo de diversas patologías. La presencia de dichos elementos en el agua a niveles que dañan la salud puede provenir tanto de fuentes naturales, como de actividades antropogénicas (como la minería). Es así como los efectos para la salud humana de la exposición al arsénico se pueden clasificar según exposición crónica o prenatal, y se detallan a continuación.

**a) Efectos de exposición crónica a arsénico.** Está ampliamente reconocido que es causante de desarrollo de cáncer broncopulmonar (pulmonar), de vejiga urinaria, renal y vías urinarias, hepático y de piel. En Chile se ha demostrado un aumento de mortalidad por cáncer pulmonar, vejiga y riñón en regiones donde la población ha estado expuesta a concentraciones altas de arsénico en agua (Rivara & Corey 1995). La exposición crónica a arsénico además aumenta la incidencia y la mortalidad por infartos al miocardio y por accidentes cerebrovasculares, incluyendo personas jóvenes que normalmente no son afectados por esas patologías (Tchernitchin y col. 2015).

**b) Efectos de exposición prenatal o perinatal a arsénico.** Causa en la especie humana, alteraciones irreversibles en el aparato respiratorio, y un aumento de mortalidad por bronquiectasias y por EPOC en adultos jóvenes (Smith y col. 2006). La exposición prenatal a arsénico también causa inmunosupresión (aumento de morbilidad por enfermedades infecciosas), alteraciones del metabolismo lipídico, enfermedades cardiovasculares, y disminución del coeficiente intelectual solo en niñas. Además, la exposición a arsénico durante los primeros 4 meses del embarazo causa un aumento de abortos espontáneos, de reabsorciones fetales y de malformaciones fetales renales y del sistema nervioso (Quansah et al. 2015).

Un mayor esfuerzo e inversión en fiscalización y regulación de las aguas superficiales y subterráneas, una mejora en los métodos de saneamiento y de potabilización del agua, y una revisión exhaustiva de las normas vigentes por comité de expertos, son acciones esenciales para asegurar el derecho a abastecimiento de agua potable, ante los actuales escenarios de cambio climático y escasez del recurso hídrico en nuestro país.

### **Sugerencia de tomadores de decisión y consultores en el tema relatado:**

- **Dr. Andrei Tchernitchin, Departamento de Medio Ambiente del Colegio Médico de Chile. Correo: atcherni@gmail.com**
- **Dr. Gerardo Ahumada Theodulyz, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Correo: gahumada@ifarle.cl**

### **Referencias**

- Hoffman A & J Armesto, 2014. Ecología del agua. Corporación Instituto de Ecología y Biodiversidad, Santiago, Chile.
- Instituto Nacional de Normalización. 2005. [www.inn.cl](http://www.inn.cl).
- John D & Leventhal J. 1995. Bioavailability of metals. In: Du Bray (Ed). Preliminary compilation of descriptive geoenvironmental mineral deposit models, Denver, Colorado. U.S. Department of Interior. U.S. Geological Survey (USGS).
- MINISTERIO DE SALUD. 2014. Guía Clínica: Vigilancia Biológica de la Población Expuesta a Arsénico en la Comuna de Arica. Santiago.
- Organización Mundial de la Salud. 2006. Guías para la calidad del agua potable. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición.
- Quansah R, Armah F, Essumang D, y col. 2015. Association of arsenic with adverse pregnancy outcomes/infant mortality: a systematic review and meta-analysis. Environmental Health Perspectives 123: 412-421.
- Rivara M & Corey G. 1995. Tendencia del riesgo de morir por cánceres asociados a la exposición crónica al arsénico, II Región de Antofagasta, 1950-1993. Cuadernos Médicos Sociales (Chile) 36: 39-51.
- Smith A, Marshall G, Yuan Y y col. 2006. Increased mortality from lung cancer and bronchiectasis in Young adults after exposure to arsenic in utero and in early childhood. Environmental Health Perspectives 114: 1293-1296.
- Tchernitchin A, Rios J, Cortes I & L Gaete. 2015. Polimetales en agua de Arica-Parinacota. Posibles orígenes y efectos en la salud. Congreso Geológico Chileno, La Serena, Chile.
- Wild A. 1993. Soils and the environment. Cambridge University Press, New York, NY, USA.

## SECCIÓN 2

### **Calidad del agua potable en Chile: presencia y regulación de microorganismos biológicos**

*Paola Toledo Leiva*

#### **¿Qué riesgos implica la existencia de microorganismos biológicos en el agua de beber?**

La presencia de bacterias, virus y parásitos en el agua de beber constituye un riesgo importante para la salud de la comunidad. Cualquier falla en la seguridad del suministro de agua, ya sea en la fuente, métodos de tratamiento y/o de distribución, puede llevar a contaminación del suministro y potenciales brotes de enfermedades infecciosas.<sup>1</sup>

#### **¿Son los microorganismos biológicos diferentes a otros contaminantes del agua?**

Los microorganismos biológicos tienen propiedades que los diferencian de otros contaminantes del agua de beber: 1) pueden causar enfermedades agudas y crónicas; 2) pueden multiplicarse y/o mantenerse en el ambiente; 3) pueden agregarse o adherirse a los sólidos en suspensión, lo que hace que las concentraciones de microorganismos varíen en el tiempo y no se pueda predecir la concentración de estos en el agua; 4) pueden multiplicarse en los alimentos, bebidas y sistemas de agua caliente, perpetuando la probabilidad de contraer una infección; 5) pueden multiplicarse en el individuo infectado; 6) algunos microorganismos pueden causar enfermedad en grupos vulnerables (niños pequeños, ancianos, embarazadas e inmunosuprimidos).<sup>1</sup>

#### **¿Cómo se previene la ocurrencia de enfermedades infecciosas transmitidas por el agua ?**

El control de los brotes infecciosos constituye la primera prioridad en el desarrollo y aplicación de controles de la calidad del agua de beber. Sin embargo, en ausencia de brotes, el agua de beber puede contribuir a la prevalencia de enfermedad, por lo que el control de la calidad

del agua debería también considerar la ocurrencia de enfermedad en la comunidad en general. <sup>2</sup>

## ¿Cómo se monitorea la presencia de microorganismos en el agua de beber?

Ya que no es práctico ni existe suficiente información que apoye la detección de cada microorganismo potencialmente patógeno en el agua como práctica regular, la OMS recomienda la identificación de microorganismos representativos de grupos de patógenos, tomando en consideración sus características, comportamiento y susceptibilidad a los procesos de tratamiento. <sup>3</sup>

En Chile, la monitorización de la calidad del agua potable es responsabilidad de la empresa sanitaria mediante controles realizados por laboratorios acreditados. Estos resultados son entregados mensualmente a la Superintendencia de Servicios Sanitarios, la que, a su vez, realiza controles directos para la verificación del cumplimiento de la norma vigente. <sup>4</sup>

Los laboratorios son acreditados por el Instituto Nacional de Normalización, INN, el que tiene a cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional y garantiza que las metodologías analíticas aplicadas por los laboratorios acreditados cumplan con los requisitos exigidos. Dado que no existe una norma internacional, el INN se basa en la norma NCh409.1.Of84 *Agua potable - Parte 1: Requisitos* y el documento *Guidelines for drinking-water quality, Volume 1 Recommendations*, World Health Organization, Geneve, 1995 y su actualización del año 2004. Esta norma fue declarada Oficial de la República de Chile el 2006. <sup>5</sup>

Para la monitorización de los requisitos microbiológicos, la norma NCh409.1.Of84 utiliza como indicador la presencia de microorganismos del grupo coliforme. La norma acepta la **presencia** de estas bacterias en: 1) una muestra cuando se hayan analizado menos de 10 muestras al mes; 2) el 10% de las muestras cuando se hayan analizado 10 o más muestras al mes. Junto con esto, la norma acepta una **concentración** de estas bacterias mayor o igual a 5 UFC o NMP por 100 mL en: 1) una muestra cuando se hayan analizado menos de 10 muestras al mes; 2) el 10% de las muestras cuando se hayan analizado 10 o más muestras al mes. Además, la norma acepta la presencia de coliformes totales en cada uno de los sectores de un servicio de agua potable en: 1) una muestra cuando se hayan analizado menos de cuatro muestras en el sector; 2) el 25% de las muestras cuando se hayan analizado cuatro o más muestras en dicho sector. <sup>6</sup>

Cabe destacar que la norma NCh409.1.Of84 exige que todas las muestras analizadas estén libres de la bacteria *Escherichia coli* (*E. coli*), la que está presente en grandes cantidades en las flora intestinal humana y animal, donde no causa enfermedad. Sin embargo, *E. coli* si puede causar infecciones fuera del intestino, tales como en el tracto urinario, en la sangre (bacteremia) y meningitis. Algunas cepas de *E. coli* son siempre patogénicas y pueden causar diarrea, que varía desde formas leves hasta formas sanguinolentas con falla renal mortal. <sup>7</sup>

*E. coli* ha sido tradicionalmente utilizada para monitorizar la calidad del agua ya que provee un alto grado de certeza de contaminación fecal reciente. Además, no existen diferencias entre la respuesta de las cepas patogénicas y de las de otras cepas de *E. coli* al tratamiento del agua, por lo que la presencia de esta bacteria es un buen indicador de la presencia de cepas patogénicas en el agua. <sup>8,9</sup>

### **¿La ausencia de *E.coli* garantiza la ausencia de otros microorganismos en el agua de beber?**

La ausencia de *E.coli* en el agua de beber no garantiza la ausencia de virus y protozoos, los que pueden ser más resistentes a las condiciones ambientales y a las tecnologías de tratamiento. <sup>10</sup>

En Chile existen reportes de brotes de norovirus causados por contaminación del agua de beber. Este virus causa infección gastrointestinal que puede llegar a ser grave en personas susceptibles. Generalmente, aparece en brotes asociados a ambientes cerrados como hospitales, hoteles y escuelas. Aunque es un virus sensible al cloro, puede sobrevivir por largo tiempo en el ambiente y resistir alcoholes y desinfectantes. <sup>11</sup>

En el 2010, se registró un brote en Antofagasta, con 31.036 casos notificados al ISP (9% de la población de la ciudad) <sup>12</sup>. El 2013, se registraron 5.470 casos de norovirus en centros hospitalarios de Ovalle (5% de la población local) <sup>13</sup>. Si se considera que sólo un 10% de los afectados por este virus requieren atención hospitalaria, el número total de afectados habría superado las 350 mil personas. En ambos casos, la investigación epidemiológica estableció que el brote estaba asociado a un tratamiento deficiente de aguas residuales. <sup>12</sup>

El 2013, la Seremi de Salud de la Región Metropolitana detectó la presencia de norovirus en un edificio de departamentos de la comuna de Providencia, con más de 500 personas afectadas <sup>14</sup>. En los últimos años, se ha detectado la presencia de este virus en frambuesas de la zona de Ñuble. <sup>15</sup>

## ¿Cómo optimizar la detección de agentes patógenos en el agua de beber?

El uso de otros agentes diferentes a *E.coli* ha demostrado ser de utilidad para inferir la presencia de patógenos de detección más difícil. En España, por ejemplo, la norma *ISO 14189 incluye la detección de la bacteria Clostridium perfringens* y su control es obligatorio en el análisis del agua de consumo humano <sup>16</sup>. *Clostridium perfringens* es una bacteria que está presente en las heces de humanos y animales, crece en condiciones adversas y puede resistir los procesos de desinfección, por lo que sobrevive en el agua mucho más tiempo que *E.coli*. Estas características la hacen un indicador de contaminación fecal antigua, de la eficiencia del funcionamiento de las plantas de tratamiento del agua, limpieza de tuberías e, indirectamente, de la presencia de protozoos. <sup>17</sup>

### Sugerencia de tomadores de decisión y consultores en el tema relatado:

- **Microbiología de alimentos y aguas. Instituto de Salud Pública. Chile**
- **Sociedad de Microbiología de Chile**

### Bibliografía

- 1.- World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 4ª Edición. Página 117-118. <https://goo.gl/5AJsgf>
- 2.- World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 4ª Edición. Página 124. <https://goo.gl/5AJsgf>
- 3.- World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 4ª Edición. Página 125. <https://goo.gl/5AJsgf>
- 4.- <https://goo.gl/8Xfbaz>
- 5.- Norma Chilena Oficial NCh409/1.Of2005. Página I. <https://goo.gl/Xgzufb>
- 6.- Norma Chilena Oficial NCh409/1.Of2005. Página 3. <https://goo.gl/Xgzufb>
- 7.- Vila, J. y cols. Escherichia coli: an old friend with new tidings. *FEMS Microbiology Reviews*, fww005, 40, 2016, 437–463. <https://goo.gl/EMDEi1>
- 8.- World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 4ª Edición. Página 26. <https://goo.gl/5AJsgf>
- 9.- Odonkor, S. y cols. Escherichia coli as an indicator of bacteriological quality of water: an overview. *Microbiology Research* 2013; volume 4:e2. <https://goo.gl/y7jAoZ>
- 10.- World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 4ª Edición. Página 65. <https://goo.gl/5AJsgf>
- 11.-

- Montenegro, S. y cols. Detección de norovirus en niños con diarrea adquirida en la comunidad o nosocomial en el Hospital Guillermo Grant Benavente de Concepción, Chile. Rev Chilena Infectol 2014; 31 (3): 298-304. <https://goo.gl/rQQ7tA>
- 12.- Instituto de Salud Pública. Ministerio de Salud. Chile. Boletín. Vol 3, N° 6, Marzo 2013. Vigilancia de Norovirus. Chile. 2010-2012. <https://goo.gl/MckujQ>
- 13.- SEREMI Coquimbo. Ministerio de Salud. Chile. Reporte de brote de gastroenteritis aguda por norovirus región de Coquimbo, Comuna de Ovalle, Septiembre 2013. Pag.1-22. <https://goo.gl/Y3edtq>
- 14.- <https://goo.gl/uwDMoH>
- 15.- <https://goo.gl/WRZkMQ>
- 16.- Norma Española UNE-EN ISO 14189. Calidad del agua . Recuento de Clostridium perfringens. Método de filtración en membrana. Febrero 2017. <https://goo.gl/HVMxgi>
- 17.- Delgado, C.D. y cols. Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. RIPDA-CYTED, 2003. Capítulo 20. Página 226-227. <https://goo.gl/U6tM4G>

## **SECCIÓN 3**

### **AGUAS RESIDUALES**

*Jamileth More De La Cruz*

#### **¿Qué son las aguas residuales?**

Son efluentes que resultan del uso del agua en las viviendas, el comercio o la industria como resultado de actividades urbanas, industriales o agrícolas. Contienen materia orgánica e inorgánica, organismos vivos, elementos tóxicos, entre otros, que las hacen inadecuadas para su uso, y es necesaria su evacuación, recolección y transporte para su tratamiento y disposición final (<http://www.siss.gob.cl/577/w3-article-3709.html>). En el caso particular de los residuos líquidos provenientes de las viviendas o de edificios de oficinas vertidas sin contaminación fecal (por ejemplo, agua utilizada en las tinas, lavabos y lavanderías, reciben la denominación de Aguas Servidas o aguas grises (Informe ONU Agua y Empleo). En el caso particular de las industrias, reciben la denominación de Residuos Líquidos Industriales (Riles). (<http://www.siss.gob.cl/577/w3-article-3709.html>).

#### **Aguas residuales: panorama mundial**

El aumento de la demanda de agua, así como la contaminación del agua es una problemática grave y está empeorando en América Latina, África y Asia, sin embargo, hay grandes oportunidades para revertir esta tendencia. Esto implica la adopción de medidas para evitar que aumente la contaminación, restaurar los ecosistemas degradados (con medidas de rehabilitación como la reforestación) y adoptar un enfoque integral de la gestión de aguas residuales.

La OMS propone la implementación de esquemas de tratamiento de las aguas residuales convencionales y no convencionales y la consideración de la posibilidad de reutilizar las aguas residuales (por ejemplo, para el riego y la acuicultura), ofreciendo todas las garantías para la salud (OMS, 2006).

Aunque los datos confiables sobre la extensión y gravedad de la contaminación son incompletos, se estima que la producción global de aguas residuales es de aproximadamente

1.500 km<sup>3</sup>. Asumiendo que un litro de aguas residuales contamina 8 litros de agua dulce, la carga mundial de contaminación puede ascender actualmente a 12.000 km<sup>3</sup>. Como siempre, las poblaciones más pobres resultan las más afectadas, con un 50% de la población de los países en desarrollo expuesta a fuentes de agua contaminadas. (Agua para todos, agua para la vida).

En algunos países el uso de las aguas residuales municipales puede representar hasta el 35% del total de agua extraída para uso (Jiménez Cisneros y Asano, 2008a).

## **Usos de las aguas residuales**

La reutilización de agua para el riego es la estrategia más común de reciclaje de aguas residuales, especialmente en China, México y la India; sin embargo, si estas no son tratadas su uso puede ser riesgoso para la salud.

En países en desarrollo las aguas residuales constituyen el 10% de la fuente de agua usada para regadío, mejorando la fertilidad del suelo y reduciendo la contaminación de las aguas receptoras corriente abajo (Agua para todos, agua para la vida, ONU 2016). Adicionalmente, existen opciones de bajo costo para reducir los patógenos o para procedimientos que permitan utilizar el agua usada mientras se mantiene el contenido de nutrientes, que pueden ser prometedoras para los agricultores de las regiones de bajos ingresos (Drechsel y otros, 2010).

Idealmente, el nivel de tratamiento de agua utilizada requerido se adapta al uso que se dará a esa agua, en vez de incumplir las normas establecidas para el tratamiento de agua para proteger el medio ambiente. Los compuestos considerados como contaminantes, como nitrógeno, fósforo y materia orgánica, pueden incluso ser beneficiosos para efectos fertilizantes o para mejorar las propiedades del suelo. Por ejemplo, en Brasil, la caña de azúcar se irriga comúnmente con efluente de destilerías de etanol que contienen un alto contenido de material orgánico no tóxico. En México, las aguas residuales no tratadas de la Ciudad de México se utilizan para regar unas 90.000 hectáreas de tierras agrícolas, lo que beneficia a alrededor de 70.000 explotaciones en una zona donde hay pocas opciones de trabajo (Jiménez Cisneros y Asano, 2008a). En el valle del Mezquital, cerca de la Ciudad de México, la tierra con acceso a las aguas residuales se alquila a una velocidad dos a tres veces mayor que la tierra que no tiene dicho acceso.

Otros ejemplos son el uso de aguas residuales para la silvicultura y la aplicación en pleno auge de las aguas residuales urbanas en la horticultura periurbana.

Una forma de maximizar el uso del agua potable, es reutilizando las aguas residuales generadas por un proceso en un nuevo proceso que requiera de agua de menor calidad (PNUMA, 2011d). También se pueden ofrecer alternativas para el suministro de agua por tuberías; tal es el caso de la recolección de aguas pluviales para usos distintos al consumo humano.

## **Expectativas y proyecciones del uso del agua potable y aguas residuales a nivel mundial**

La OMS propone mediante el objetivo 6 de los ODS (Objetivos de desarrollo sostenible) garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

En la sección 6.3, se plantea que para el año 2030, mejorar la calidad del agua mediante la reducción de la contaminación, la eliminación de los vertidos y minimizando la liberación de químicos y sustancias peligrosas, reducir a la mitad la proporción de aguas residuales no tratadas y aumentar el reciclaje y la reutilización segura a nivel mundial.

La sección 6.6:

A) Para el año 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo a la creación de capacidades para los países en desarrollo en las actividades y programas relacionados con el agua y el saneamiento, incluyendo tecnologías para la captación de agua de lluvia, la desalinización, la eficiencia del agua, el tratamiento de aguas residuales, el reciclaje y la reutilización.

B) Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales para mejorar la gestión del agua y el saneamiento.

## **Aguas residuales en Chile**

En Chile, el tratamiento de las aguas servidas se ha incrementado en el país sustancialmente en los últimos años, alcanzando un nivel de cobertura cercano al 99% respecto a la población urbana nacional, lo cual ha posibilitado paulatinamente la descontaminación de los cursos de aguas superficiales y marítimos. De acuerdo con las atribuciones legales y fiscalizadoras, a la SISS le corresponde velar porque la operación de las Plantas de Tratamiento de Aguas

Servidas (PTAS) se efectúe de acuerdo a la normativa vigente, a través de las acciones de fiscalización sobre el autocontrol, la realización de controles directos e inspecciones en terreno. (<http://www.siss.gob.cl/577/w3-article-3709.html>).

## Salud y Comercio

A pesar del importante avance en el saneamiento de aguas residuales, aún no son utilizadas de forma extensa para el riego de sectores agrícolas. Esta limitación en el uso de aguas residuales se basa en los antecedentes de la crisis ocurrida en 1991 donde se generó un brote de cólera, acompañado de fuertes pérdidas de empleo y en las actividades económicas del turismo, la agricultura, la pesca y las exportaciones; por lo cual la necesidad de proteger el acceso a los mercados extranjeros ha incrementado el temor por el uso de nuevos recursos de riego como las aguas residuales. (Jouravlev 2004)

Actualmente se está trabajando no solo en aumentar el tratamiento de aguas residuales, el cual se duplicó en la región, pasando de un 14% a un 28% en la última década, se espera que la ampliación del tratamiento de las aguas residuales haga posible regar más tierras con agua limpia; promover la industria del turismo gracias a la presencia de masas de agua limpia; reducir riesgos en los procesos de exportación debido a las quejas que puedan presentarse en relación al riego con aguas residuales; promover la calidad de productos libres de contaminantes en los mercados extranjeros y generar más empleo asociado a las exportaciones y la industria del turismo. (Jouravlev 2015).

En la actualidad, en Chile se están realizando estudios donde se contrasta el uso de aguas residuales y lodos, así como su aplicación en los suelos agrícolas considerando las propiedades del suelo, condiciones del medioambiente, composición y dosis fósforo y otros nutrientes en las aguas residuales y lodo, lo que se traduce en una actividad con resultados distintos según las condiciones en que se presente. Este tipo de conocimiento puede respaldar la utilización de las aguas residuales y lodos en suelos agrícolas de la manera más eficiente y con el menor impacto ambiental posible, poniendo especial énfasis al seguimiento de la acumulación de metales pesados en el suelo y cultivos (Marambio, C y Ortega, R. 2003)

### Referencias.

1. Aguas Residuales. Superintendencia de Servicios Sanitarios. <http://www.siss.gob.cl/577/w3-article-3709.html>

2. **Agua y empleo.** Superintendencia de Servicios Sanitarios. Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016
3. Progress on **Drinking Water, Sanitation and Hygiene. 2017**

BORRADOR