

LAS AGUAS RESIDUALES Y SUS CONSECUENCIAS EN EL PERÚ

J. Fernando Larios- Meoño
Carlos González Taranco
Yennyfer Morales Olivares

Universidad San Ignacio de Loyola

Saber y Hacer

Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL

Vol. 2, Nº 2. Segundo semestre 2015. pp. 09-25

ISSN 2311 – 7915 (versión impresa)

ISSN 2311 – 7613 (versión electrónica)

Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú

J. Fernando Larios - Meoño¹, Carlos González Taranco² & Yennyfer Morales Olivares³

Universidad San Ignacio de Loyola

Recibido 13.08.15

Aprobado 07.10.15

1 Director y Profesor de la Carrera de Economía de la Universidad San Ignacio de Loyola.

2 Profesor de la Carrera de Economía de la Universidad San Ignacio de Loyola.

3 Coordinadora de la Carrera de Economía de la Universidad San Ignacio de Loyola.

RESUMEN

La población de América Latina se encuentra concentrada en ciudades en más de un 80%. Sin embargo, la provisión de agua es insuficiente. Más aun, el 70% de las aguas residuales no tienen tratamiento, lo cual dificulta alcanzar el ciclo del agua, particularmente por el reuso del agua debido a su contaminación. En Perú, solamente se ha ejecutado el 30% de la inversión pública en tratamiento de agua, de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural 2006-2015. La contaminación del agua ocurre a niveles primario, secundario y terciario de las fuentes de agua. Las sustancias que contaminan el agua son orgánicas e inorgánicas. En todos los casos, la contaminación del agua pone a

la salud pública en peligro, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS). Una preocupación es la contaminación del agua, que proviene de la presencia de altos niveles de arsénico inorgánico, plomo y cadmio por las consecuencias negativas tales como cáncer, diabetes mellitus, y enfermedades cardiovasculares. En el caso de los distritos de Lima, La Oroya y Juliaca, el rango de la concentración de arsénico inorgánico fue de 13 to 193 mg/l para las aguas subterráneas y superficiales, más alto que el límite de 10 mg/l según lo recomendado por la OMS.

Palabras clave: salud pública, plantas de tratamiento de agua, arsénico, contaminación.

ABSTRACT

.....

80% of Latin America population is gathered in cities. However, provision of water is insufficient. Furthermore, 70% of waste water is not treated, which makes water cycle difficult to achieve, particularly for the reuse of water due to its contamination. In Peru, only 30% of public investment has been made in water treatment according to the National Urban and Rural Sanitation Plan 2006-2015. Water contamination occurs at primary, secondary and tertiary levels of water sources. Substances that contaminate water are organic and inorganic. In all cases, water contamination puts public health in danger,

according to World Health Organization (WHO). Water contamination as a result of the presence of high levels of inorganic arsenic, lead and cadmium constitutes a concern due to its negative consequences, such as cancer, diabetes mellitus, and cardiovascular diseases. In the case of the districts of Lima, La Oroya and Juliaca, the arsenic concentration ranged from 13 to 193 mg/l for underground and surface water, higher than the limit of 10 mg/l as recommended by WHO.

Keywords: public health, waste water treatment plants, arsenic, contamination.

INTRODUCCIÓN

La distribución de la población de zonas urbanas y rurales muestra una tendencia creciente hacia la concentración urbana en todo el mundo, por lo que América Latina no es la excepción. En tal sentido, un factor de supervivencia de las ciudades es el abastecimiento de agua potable, así como el adecuado nivel de saneamiento urbano, a fin de propender a un ciclo de agua saludable y sostenible.

Con respecto al agua, sus fuentes nacen en las altas montañas del Perú y están próximas a explotaciones mineras, por lo que están expuestas a niveles peligrosos de metales pesados de esta actividad extractiva, contaminándose y afectando la salubridad de la producción agropecuaria de la zona y que sirve de abastecimiento a la población rural y urbana.

El propósito del presente ensayo es analizar el estado situacional y la problemática del abastecimiento del agua y el tratamiento de aguas residuales en el Perú, desde una perspectiva de revisión de literatura, vinculándolo con las políticas de saneamiento urbano y rural, a fin de proponer posibles lineamientos de política de agua saludable en nuestro país.

LAS AGUAS RESIDUALES EN AMÉRICA LATINA

Contaminación y falta de tratamiento de aguas residuales en América Latina.

Según Yee-Batista (2013) el 80% de la población latinoamericana vive en ciudades y una gran proporción en asentamientos próximos a fuentes contaminadas. La autora agrega que, siendo América Latina una de las regiones más biodiversas del mundo y dueña de un tercio de las fuentes de agua del mundo, la contaminación del agua representa consecuencias ecológicas adversas.

Yee-Batista (2013) también afirma que el 70% de las aguas residuales de la región latinoamericana no son tratadas. El agua es extraída, usada y devuelta completamente contaminada a los ríos.

El tratamiento de aguas residuales es importante para volver a utilizar el agua, evitar su contaminación y la del ambiente (especialmente por sus efectos en la producción agropecuaria) y por salud pública.

Las zonas con inadecuado abastecimiento de agua sufren por lo general de enfermedades como el cólera, la hepatitis, la disentería, gastroenterocolitis, etc.; por lo que el

tratamiento de aguas residuales requiere del diseño de políticas de saneamiento ambiental, más aun teniendo en cuenta que en las ciudades, se generan aguas residuales originadas por uso doméstico, uso industrial y uso residual agrícola, para lo cual se requieren plantas de tratamiento de aguas residuales especialmente en las ciudades, dado el alto nivel de concentración urbana.

Protocolo y costo del tratamiento de aguas residuales en América Latina.

De acuerdo al nivel de contaminación del agua se requieren también plantas de tratamiento de agua de diferentes niveles o tipos.

Reynolds (2002) refiere que los pasos básicos para el tratamiento de aguas residuales son:

1. Pre tratamiento—remoción física de objetos grandes.
2. Deposición primaria—sedimentación por gravedad de las partículas sólidas y contaminantes adheridos.
3. Tratamiento secundario—digestión biológica usando lodos activados o filtros de goteo que fomentan el crecimiento de microorganismos.
4. Tratamiento terciario—tratamiento químico (por ejemplo, precipitación, desinfección). También puede utilizarse para realzar los pasos del tratamiento primario.”

Con respecto a la inversión en el tratamiento de aguas residuales, en un estudio relacionado al Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica, se sostiene que la solución pasa por considerar tres niveles de plantas de tratamiento de aguas residuales y por construir plantas de tratamiento con una inversión de US\$ 12000 millones anuales durante 10 años para elevar los estándares de abastecimiento de agua y de aguas residuales a niveles razonables. Aproximadamente US\$ 7000 millones serían para aguas residuales, con US\$ 4400 millones para la recolección de aguas de alcantarillado, US\$1200 millones para tratamiento, US\$1200 millones para rehabilitación de las instalaciones existentes, y el resto para el saneamiento rural. Estas estimaciones de costos estuvieron basadas en una meta de tratamiento de aguas residuales para 60% de la población con sistema de alcantarillado público (Reynolds, 2002).⁴

Según un estudio patrocinado por el Banco Mundial en 1997, la construcción de una planta convencional para el tratamiento secundario de aguas residuales para una población de 1 millón de habitantes requiere una inversión capital de aproximadamente US\$100 millones, sin mencionar los costos sustanciales de operación y mantenimiento para su operación continua. Sin embargo, los costos económicos asociados con un brote de enfermedad indican que la inversión inicial

⁴ Según Reynolds (2002), estas inversiones fueron estimadas de acuerdo a estudios iniciados por el Banco Mundial en 1995.

de capital valdría mucho la pena. (Reynolds, 2002)

Con base a lo anterior, si se buscara atender a una población de 10 millones de habitantes de Lima, Perú, la inversión estimada sería de 1000 millones de US dólares, monto que debería ser distribuido en los presupuestos del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, de la Municipalidad de Lima Metropolitana y de todos los distritos de Lima: Los recursos se obtendrían a partir del compromiso del usuario del pago de sus impuestos, contribuciones y aportes necesarios para el financiamiento de este proyecto de largo plazo, convencido que contribuye a la calidad de vida de la sociedad presente y futura. La misma política tendría que ser extendida a otras ciudades del Perú, que se encuentran en proceso de crecimiento dinámico, en algunos casos exponencial como el caso de Cusco, Arequipa y Puno, pero especialmente, en aquellas ciudades cuya población ya sobrepasa el millón de habitantes.

La aplicación de políticas de tratamiento de aguas residuales requiere además de la identificación y detección oportuna de las causas de contaminación, lo que implica distinguir el uso del agua para fines domésticos del uso para fines industriales, debido a los diferentes niveles de suciedad o contaminación. A nivel de uso doméstico se generan residuos orgánicos, grasas,

detergentes, mientras que el uso a nivel industrial pueden generarse residuos químicos, tóxicos, lo cual eleva el costo tratamiento por este uso.

Situación del tratamiento de aguas residuales en el Perú.

De la revisión del estudio efectuado por SUNASS (2008), se desprende que el 70% de las aguas residuales en el Perú no tienen tratamiento de aguas alguno; asimismo, que de las 143 plantas de tratamiento residual que existen en el Perú, solo el 14% cumplen con la normatividad vigente para el cabal funcionamiento de las mismas; de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015, existe un déficit de 948 millones de dólares americanos, la inversión ejecutada hasta el 2005 por las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) alcanzó el importe de 369 millones de dólares americanos.⁵

De acuerdo a un estudio sobre la situación actual y perspectivas en el sector agua y saneamiento en el Perú, presentado por la Autoridad Nacional de Agua (ANA), 7 millones de habitantes de nuestro país no tienen acceso a agua potable segura; el nivel de cobertura de agua potable en un nivel mayor al 80%, es solo en los Departamentos (hoy Gobiernos Regionales) de: Lambayeque, Lima, Callao,

5 Estudio realizado por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) con la Cooperación Alemana de Desarrollo (GTZ/PROAGUA).

Ica, Arequipa y Tacna; la cobertura en menor al 40% en Amazonas, Huánuco, Huancavelica y Puno; el agua no facturada es de aproximadamente el 40%; más de 10 millones de habitantes no tienen servicios de saneamiento; la cobertura de saneamiento mayor al 80% es solo en Lambayeque, Lima y Tacna, la cobertura de saneamiento del 20% al 40% es en Loreto, Ucayali y Madre de Dios. (ANA, 2013).

Este Estudio precisa además que: según datos del 2009, de 786 millones de metros cúbicos (MMC) de Aguas Residuales Domesticas (ARD), 511 MMC se encontraban sin Tratamiento, de las cuales corresponden a Lima y Callao 325 MMC. De un total de 143 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas (PTAR), solo el 4.9% (7 plantas) estaba operando en niveles óptimos.

En este mismo informe se refiere que de acuerdo a la Dirección General de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos, los ríos de Loreto, Piura, Pasco, Arequipa, Moquegua Puno, Ucayali, Madre de Dios, se encuentran contaminados por aguas residuales municipales sin tratamiento.⁶

Cabe precisar que, para el caso de las Plantas de Tratamiento de Lima Metropolitana, en un informe del 2011 se efectúa un Estudio de Opciones de Tratamiento y Re-uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana, se

detalla que a ese año se estaba brindando tratamiento secundario a 3,200 l/s de aguas residuales, lo que implicaba un 17% del total generado. Previéndose que en el 2014 operarán las dos megaplantas de Taboada y La Chira con tratamiento primario, por lo que se puede aceptar que en corto plazo la situación de las aguas residuales será de un 95% de tratamiento, 78% de nivel primario y 17% secundario (Moscoso, 2011).

Respecto de los niveles de tratamiento de las plantas que operan en Lima, el citado informe refiere que el mismo resulta algo difícil, si asumimos que en la actualidad se consideran los procesos de desinfección como parte del tratamiento terciario. Lo que si podemos decir con facilidad es que solo los filtros percoladores que tratan el 0.25% de las aguas residuales pueden ser considerados como tratamiento primario. Ahora, si mantenemos la clasificación tradicional, podemos decir que todas las demás plantas aplican tratamiento secundario, aunque ello no signifique que logran una calidad sanitaria adecuada para la disposición o reuso del agua tratada. En cambio, si incorporamos la definición moderna de tratamiento terciario para aquellas plantas que incluyen desinfección, podríamos decir que 27 de ellas podrían ser consideradas en este grupo y que tratan el 95% del agua residual, con la aclaración de que sus sistemas de desinfección no se están utilizando en la mayoría, y por tanto en la práctica no alcanzan tal nivel. Bajo el

⁶ Autoridad Nacional del Agua –ANA (2013).

esquema tradicional, en que se entendía como tratamiento terciario los procesos específicos para remover ciertos nutrientes o compuestos químicos contaminantes, es fácil asegurar que ninguna planta de Lima alcanzaría ese nivel.

TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

.....

Principales referentes para el tratamiento de aguas residuales.

Según el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (2005), uno de los casos que ocasionó la reacción de la comunidad internacional fue la contaminación por arsénico detectada a finales de los 90 en Bangladesh, la cual generaba un riesgo para la salud de millones de personas. Desde entonces ese país ha contado con la colaboración del Banco Mundial y la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) para encontrar agua potable utilizando técnicas de hidrología isotópica. El foco del proyecto de DORP fue el Agua, Saneamiento e Higiene (WASH) para la sección más empobrecida de la población que vivía en localidades remotas del Bangladesh rural. DORP está intentando asegurar el Derecho al Agua y Saneamiento mediante un enfoque “de abajo a arriba”, implicando a la comunidad a nivel local para crear demanda; y también instigar a los políticos nacionales

a cubrir esa demanda. El proyecto fue un finalista del Premio a las Buenas Prácticas de la Década para la Acción: Agua para la Vida 2005-2015 de ONU Agua (2013, Categoría 2). (ONU, 2005)

Esta preocupación de la comunidad científica internacional y de los organismos internacionales se ha extendido hacia América Latina, debido a la actividad minera y la falta de regulación de uso de pesticidas en algunos países. (Bundschuh et.al., 2008; Litter et al., 2010)

En Colombia se está construyendo la planta de tratamiento de aguas residuales Bello, la más grande de su categoría en América Latina, como parte de la segunda fase del *Programa de Saneamiento del Río Medellín*. El programa tiene como objetivo lograr que el río Medellín supere los niveles de oxígeno disuelto que son aceptados mundialmente como indicadores de ríos descontaminados. (Rodríguez, 2013)

Las obras de construcción de la nueva planta de tratamiento, ubicada en el extremo norte del Valle de Aburrá, se iniciaron en noviembre de 2012 y está previsto que finalicen en 2015. El proyecto se está llevando a cabo con una inversión de alrededor de 260 millones de euros (345 millones de dólares) por Aguas Nacionales S.A. ESP, filial de Empresas Públicas de Medellín. La primera fase de este gran proyecto consistió en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales

de San Fernando en el extremo sur del Valle de Aburrá, con una inversión inicial de 130 millones de dólares financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo, el cual concedió además, un préstamo de 450 millones de dólares para el actual proyecto en ejecución en febrero de 2009 (Rodríguez, 2013).

Costo beneficio de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en el Perú.

Para la evaluación de la construcción de una PTAR Domesticas, se debe tomar en cuenta el costo de los efectos en la salud de las personas que se encuentran en riesgo de contaminación por el consumo de agua con arsénico por encima del Límite Máximo Permisible, tal es el caso que para el caso de Lima, asumiendo una población de 10 millones de habitantes, que si el 99.5% sufre los efectos iniciales a largo plazo, y el 0.5% se encuentra en nivel crónico, asumiendo además un costo tratamiento en la fase inicial de S/. 100 Nuevos Soles por persona por año y para la fase crónica un costo de S/. 1,000 Nuevos Soles por persona por año, implica un costo en servicios de salud ascendente a US\$ 326,562,500 que en cinco años significa un monto de US\$ 1,632,812,500 es decir, la ejecución de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas para una población de 10 millones de habitantes equivalente a unos 1000 millones de US dólares, se encuentra justificado máxime que no se ha tomado en cuenta el costo

tratamiento del cáncer de los pacientes que hubiesen sido afectados por el arsénico.

Cabe precisar que, en nuestro país se viene aplicando una Política de Saneamiento Urbano y Rural, a través del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, que para este año se ha asignado S/. 558,068,292 Nuevos Soles para el Saneamiento Urbano y S/. 1,003,764,412 Nuevos Soles para el Saneamiento Rural, lo que representa que se asigna un total de más de 480 millones de dólares anualmente.

EL ARSÉNICO EN EL AGUA POTABLE

Presencia del Arsénico en el Agua Potable y su efecto en la Salud Publica.

El arsénico es una de las 10 sustancias químicas que la OMS considera más preocupantes para la salud pública. Los esfuerzos de la Organización por reducir la exposición al arsénico incluyen el establecimiento de valores guía, el examen de los datos científicos disponibles y la formulación de recomendaciones para la gestión de los riesgos. La OMS ha definido un valor guía para el arsénico en sus *Guías para la calidad del agua potable* cuya finalidad es servir en el mundo entero de base para las tareas de reglamentación y normalización en esta esfera. En estos momentos, el límite recomendado para la concentración de

arsénico en el agua potable es de 10 $\mu\text{g/l}$, aunque este valor de referencia se considera provisional dadas las dificultades de medición y las dificultades prácticas relacionadas con la eliminación del arsénico del agua de bebida. (OMS, 2012)

La OMS precisa además respecto a los efectos a largo plazo del consumo del arsénico inorgánico en niveles superiores a los permisibles (por ejemplo, a través del consumo de agua y alimentos contaminados) se observan generalmente en la piel e incluyen cambios de pigmentación, lesiones cutáneas y durezas y callosidades en las palmas de las manos y las plantas de los pies (hiperqueratosis). Estos efectos se producen tras una exposición mínima de aproximadamente cinco años y pueden ser precursores de cáncer de piel.

Además de cáncer de piel, la exposición prolongada al arsénico también puede causar cáncer de vejiga y de pulmón. El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) ha clasificado el arsénico y los compuestos de arsénico como cancerígenos para los seres humanos; el arsénico presente en el agua de bebida también ha sido incluido en esa categoría por el CIIC (OMS, 2012).

De acuerdo a los estudios toxicológicos y epidemiológicos de los especialistas uno de los elementos minerales de gran impacto en la salud pública es el arsénico, e indican que la ingestión crónica de arsénico en el agua de bebida genera lesiones en la piel,

la hiperpigmentación e hiperqueratosis palmoplantar; desórdenes del sistema nervioso; diabetes mellitus; anemia; alteraciones del hígado; enfermedades vasculares, cáncer de piel, pulmón y vejiga.

De acuerdo a la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EEUU, existen dos tipos de arsénico: inorgánico e inorgánico; respecto de este último prescribe que tal vez el efecto más característico de la exposición oral prolongada a arsénico inorgánico es un cuadro de alteraciones de la piel. Estas incluyen un oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en la palma de las manos, la planta de los pies y el torso, a menudo asociados con alteraciones en los vasos sanguíneos de la piel. También se puede desarrollar cáncer de la piel. También se ha observado que tragar arsénico aumenta el riesgo de desarrollar cáncer del hígado, la vejiga y los pulmones. El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) y la EPA han determinado que el arsénico inorgánico es reconocido como sustancia carcinogénica en seres humanos. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que el arsénico inorgánico es carcinogénico en seres humanos. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EEUU, 2007)

Este estudio precisa además que casi no hay ninguna información acerca de los efectos de los compuestos orgánicos de arsénico en seres humanos.

Respecto de las medidas de política dispuestas, la misma Agencia plantea que el gobierno federal ha tomado varias medidas para proteger a la población del arsénico. En primer lugar, la EPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente - EPA, por sus siglas en inglés) ha establecido límites para la cantidad de arsénico que las industrias pueden liberar al ambiente. En segundo lugar, la EPA ha restringido o cancelado muchos de los usos del arsénico en plaguicidas y está considerando aún más restricciones. En tercer lugar, en enero del año 2001, la EPA redujo el límite para el arsénico en el agua potable de 50 a 10 ppb (partes de arsénico por billón de partes de agua). Finalmente, la OSHA ha establecido un límite de exposición promedio de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (10 microgramos de arsénico por metro cubico) para arsénico en el aire de lugares de trabajo que usan arsénico inorgánico.

Situación del arsénico en el agua potable de Perú

Según Castro de Esparza 2006, en la zona sur del Perú, existen áreas semidesérticas cuya población bebe agua de los ríos que se originan en los Andes y que fluyen hacia el Océano Pacífico. En algunos de estos ríos se han detectado trazas de arsénico, por ejemplo el río Locumba (0.5 mg As/L), que atraviesa

Puno y Moquegua (Valle de Ilo), donde la población expuesta a este elemento es de aproximadamente 250 mil habitantes.

La misma autora refiere que: en 1994, se hizo un estudio del contenido de arsénico de las aguas de consumo de la vertiente del río Rímac y se analizaron 53 muestras de agua potable, de río, pozo y manantiales; se encontró que 84.9% sobrepasaban el límite recomendado por la OMS. Sin embargo, no se han registrado casos de envenenamiento con arsénico.

En Lima y Callao se realizó un monitoreo de la calidad del aire cerca de los depósitos de concentrados de minerales (Pb, Cu, Zinc) del Callao, a lo largo del año 2000, que consistió en la medición de material particulado, plomo y arsénico en PM10 en ocho puntos. Los valores obtenidos para el arsénico estaban dentro del máximo nivel permisible dado por el Ministerio de Energía y Minas (6 mg/m³). (Castro de Esparza, 2006).

De acuerdo al Boletín de la Organización Mundial de la Salud, en el artículo: *Exposición al arsénico en el agua potable: una gran amenaza inadvertida para la salud en Perú* (2014), sobre muestras de agua de 151 suministros de agua en 12 distritos de Perú, analiza los resultados estableciendo lo siguiente:

En el 86% (96/111) de las muestras de agua subterránea, el arsénico superó el límite de 10 mg/l de la concentración de arsénico

establecido por la OMS para el agua potable. El 56% (62/111) de las muestras superó el umbral de Bangladesh de 50 mg/l; la concentración media era de 54.5 mg/l (rango: 0.1 a 93.1). En los distritos de Juliaca y Caracoto, en el 96% (27/28) de las muestras de agua subterránea la concentración de arsénico fue de 51 a 100mg/l, superando el límite establecido por la OMS de 10 mg/l. En el caso de las aguas superficiales en estas mismas zonas el rango fue de 51 a 193 mg/l.

Asimismo, todas las muestras de agua recogidas en la sección del río Rímac, que atraviesa Lima, tenían concentraciones de arsénico desde 0 hasta 64 mg/l para aguas subterráneas y de 11 a 25 mg/l para aguas superficiales, superando en ambos casos el **límite de la OMS**, anteriormente señalado de 10 mg/l.

En el mismo documento, arriba a la conclusión siguiente:

Según George et al. (2014), en varios distritos de Perú, el agua potable muestra una contaminación por arsénico generalizada que supera el límite de arsénico establecido por la OMS y supone una amenaza para la salud pública que requiere mayor investigación y acción. Para las muestras de agua subterránea, el kit EQ ofreció buenos resultados en relación con el límite de arsénico de la OMS y, por tanto, podría ser una herramienta esencial para el control del arsénico en el agua. (George et.al., 2014)

Así también en el Informe de DIGESA: *Evaluación de muestras de agua del Río Rímac y principales afluentes con datos de DIGESA y SEDAPAL - 11 / 12 de mayo 2011*, se concluye respecto del Arsénico (As): En la mayoría de las estaciones los resultados de As exceden los ECA para Agua, Cat. 1, Subc. A2 no cumpliendo con el D.S. N° 002-2008-MINAM; excepto en las estaciones E-01, E-02, E-2C, E-03, E-4A y E-24 que no cumplen con la referida norma. (DIGESA, 2011)

Cabe precisar que, en el D.S. N° 002-2008-MINAM de 30 de julio de 2008, se aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental estableciendo los Límites Máximo Permisibles de las sustancias y o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el Agua, que no representen riesgos para la salud ni el ambiente, según: Categoría 1: Poblacional y Recreacional; Categoría 2: Actividades Marino Costeras; Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales; Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.

Un estudio efectuado por Reuer et al. (2012), en las muestras de agua de los ríos de la Oroya, concluye que: las muestras de agua muestran concentraciones de Plomo (Pb) y Cadmio (Cd) por debajo de los límites de la OMS, sin embargo, el Arsénico inorgánico (iAS) se encuentra por encima del límite establecido por la OMS; por ello sugieren que

el Tratamiento de Aguas en la Oroya Antigua mejoraría la salud de los niños de la región.

Por lo que, adicionalmente al tema del Tratamiento de Aguas Residuales, se requiere del Tratamiento de Plantas de Abastecimiento de Agua, especialmente para el tratamiento de metales pesados, especialmente el arsénico. Al respecto, se encuentra en evaluación diferentes métodos de tratamiento, los cuales dependen del costo, del tipo de metales pesados, de la cobertura, de la zona urbana o rural, del tipo de fuente de agua, del grado de contaminación, etc.

LA UNIVERSIDAD Y LA INVESTIGACIÓN

Frente a la problemática de la contaminación de agua potable por el arsénico y la

contaminación de las aguas residuales, la Universidad juega un rol importante en promover la investigación relacionada a establecer criterios de optimización de distribución del agua, análisis de los efectos en la salud pública por la contaminación por metales pesados, análisis de los efectos de la contaminación en el ganado y los vegetales, acuicultura. Cabe precisar que, en la Tercera Conferencia Internacional de Energía y Protección del Medio Ambiente, efectuada en Abril del 2014 en China, se presentaron 805 documentos de investigación, cuya orientación estuvo referida a Tecnología de Energía Aplicada, Avances en Tecnología Ambiental, Ingeniería Eléctrica y Termal, Recursos y Desarrollo Sostenible, según 3rd International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP, 2014).

CONCLUSIONES

1. Lo expuesto revela que la Problemática del Tratamiento de Aguas Residuales es un tema que es extendido en América Latina, cuyos efectos comprenden a la contaminación del agua y la salud pública, dado que más del 80% de la población se encuentra en zonas urbanas y el 70% de las aguas residuales no tiene tratamiento alguno.
2. En el caso del Perú más de la tercera parte de la población no cuenta con la cobertura de saneamiento, con lo cual se pone en riesgo a la tercera parte de la población por falta de políticas y gestión del Tratamiento de Agua Potable y de Aguas Residuales.
3. De acuerdo al Plan de Saneamiento 2006-2015, solo se ha ejecutado la tercera parte de los proyectos de

inversión previstos en dicho Plan, equivalente a US\$ 369 millones, quedando pendiente US\$ 948 millones.

4. Solo un 4.9% de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas se encuentran operativas en nivel óptimo, lo cual revela una falta de supervisión y monitoreo de dichas plantas.
5. La Inversión estimada para una ciudad como Lima Callao, es aproximadamente 1000 millones de dólares americanos, dado que se requiere Plantas de Tratamiento Primario, Secundario y Terciario, por los altos niveles de contaminación por el uso doméstico e industrial. Sin embargo, la ejecución de un Proyecto de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas, permitiría reducir el costo tratamiento de las habitantes de una ciudad como Lima, en las cual se generaría un ahorro equivalente a US\$ 1,632,812,500. Lo cual implica un beneficio costo de US\$ 1.63 por cada dólar invertido en la referida planta de tratamiento.
6. La contaminación del agua por el arsénico es un tema de preocupación internacional, de la cual la Organización Mundial

de la Salud, viene promoviendo investigaciones de sus efectos en la salud pública de la población, dado que se ha identificado los subsecuentes efectos en cáncer a la piel, pulmón, vejiga, riñón, vesícula, cuello uterino, cuyos primeros casos fueron identificados en Bangladesh, con casos de contaminación de arsénico desde 50 $\mu\text{g/l}$.

7. El limite propuesto por la Organización Mundial de la Salud de nivel máximo permitido es 10 $\mu\text{g/l}$, sin embargo en Perú, este Organismo Internacional ha detectado que en algunos ríos vinculados con la actividad minera existen límites próximos a los identificados en Bangladesh.
8. Los expertos internacionales están incluyendo temas relacionados a la gestión del agua como áreas de interés de investigación, dados los efectos de la contaminación ambiental.

RECOMENDACIONES

En nuestro país es necesario establecer Políticas de Agua Saludable, que comprendan las acciones siguientes:

- a) Levantamiento de información de la calidad de las aguas residuales

- en las principales ciudades del Perú, especialmente aquellas que superan el millón de habitantes o que comprendan altos índices de contaminación ambiental.
- b) Diseño de un Sistema de Monitoreo de la Aguas Residuales Domésticas, para la creación de una base de datos.
 - c) Implantación de un sistema de control de uso doméstico e industrial del agua.
 - d) Evaluación clínica de casos de enfermedades crónicas y cáncer en los pacientes por contaminación de arsénico.
 - e) Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión en infraestructura de saneamiento, considerando la tecnología necesaria y la prospectiva de crecimiento de la población, así como los cambios tecnológicos que generen cambios o incrementos en los residuos vertidos en el agua.
 - f) Evaluación de los mecanismos de financiamiento nacional e internacional, considerando los nuevos sistemas de ingeniería financiera, especialmente de países

cooperantes y comprometidos con el desarrollo sostenible.

- g) Diseño de una Política Pública articulada con los agentes partícipes de la generación de aguas residuales domésticas a nivel nacional, regional y local, que incluya acciones preventivas y recuperativas en el más breve plazo.

REFLEXIONES FINALES

La Gestión de la Política de Tratamiento de Agua Potable y Aguas Residuales Domésticas constituyen en la actualidad una prioridad para el país, que requiere las acciones inmediatas de las autoridades, de las empresas involucradas, de los usuarios a nivel doméstico e industrial que utilizamos este vital elemento y de la Comunidad Académica.

Esto implica que es una Política Pública que requiere de la conciencia colectiva acerca de los efectos de la contaminación del agua, sobre todo en la salud pública, especialmente por el arsénico y no esperar que acontezcan casos como los acontecidos en Bangladesh y que implique el sacrificio innecesario de la población, por lo que es urgente la adopción inmediata de decisiones, en beneficio de la población por un desarrollo saludable y sostenible.

REFERENCIAS

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., (2007). *Resumen de Salud Pública Arsénico CAS#: 7440-38-2*. Springfield: División de Toxicología y Medicina Ambiental. Recuperado de: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.pdf.

Autoridad Nacional del Agua, (marzo, 2013). Situación actual y perspectivas en el Sector Agua y Saneamiento en el Perú. Trabajo presentado en el Seminario de Tecnología alemana en el rubro de Agua y Saneamiento. Lima: Autoridad Nacional del Agua. Recuperado de: <http://www.camara-alemana.org.pe/downloads/2-130311-ANA.pdf>.

Bundschuh, J., Armienta, M. A., Birkle, P., Bhattacharya, P., Matschullat, J. & Mukherjee, A.B. (2008). *Natural Arsenic in Groundwaters in Latin America*. United States: CRC:Press/Balkema.

Castro de Esparza, M.L. (junio, 2006). *Presencia de arsénico en el agua de bebida en América Latina y su impacto en la Salud Pública*. Trabajo presentado en el International Congress. Mexico: Natural Arsenic in Groundwaters of Latin America. Recuperado de: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/cd51/arsenico-agua.pdf>.

Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (2005). Banco de conocimiento. Aldeas saludables en Bangladesh: Perspectiva de monitoreo de WASH. Recuperado de: http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterforlifevoices/casos_dorp_bangladesh.shtml

Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA, (2011) Evaluación de muestras de agua del Río Rímac y principales afluentes con datos de DIGESA y SEDAPAL - 11 / 12 de mayo 2011; Ministerio de Salud, Perú; recuperado el 30 de julio de 2015 de: <http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/rios/2011/Rio-Rimac-mayo-2011-DIGESA-SEDAPAL-3.pdf>

George, C.M., Sima, L., Jahaira Arias, H., Mihalic, J., Cabrera, L., Danz, D., Checkley, W. & Gilman, R. (2014). Exposición al arsénico en el agua potable: una gran amenaza inadvertida para la salud en Perú. *Boletín de la Organización Mundial de la Salud*, 92(8) 545-620. Recuperado de <http://www.who.int/bulletin/volumes/92/8/13-128496-ab/es/>>.

ICEEP, (2014) 3rd International Conference on Energy and Environmental Protection; Xi'an; China; 26 April 2014 through 28 April 2014. *Advanced Materials Research*, pp. 955-959.

- Litter, M.I., Morgada, M.E., Bundschuh, J. (2010). Possible treatments for arsenic removal in Latin American waters for human consumption. *Environmental Pollution*, 158(5), 1105-1118. Recuperado de: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77949913519&partnerID=40&md5=783103ef67da77b0a1e4c4f5bfcd72a6>
- Moscoso, J. (2011) Estudio de Opciones de Tratamiento y Reuso De Aguas Residuales En Lima Metropolitana, Lima Water, University of Stuttgart.
- Organización de las Naciones Unidas, el agua fuente de vida 2005-2015, recuperado el 29 de julio de 2015 de: http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterforlifevoices/casos_dorp_bangladesh.shtml
- Organización Mundial de la Salud (2012). *Arsénico, Nota descriptiva N°372*. Recuperado de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>
- Reuer, M.K., Bower, N.W., Koball, J.H., Hinojosa, E., De la Torre Marcas, M.E., Hurtado Surichaqui, (2012). Lead, Arsenic, and Cadmium Contamination and Its Impact on Children's Health in La Oroya, Peru. *International Scholarly Research Network*, 2012. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.5402/2012/231458>
- Reynolds, K. (2002). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica: Identificación del Problema. Recuperado de: <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/DeLaLaveSepOct02.pdf>.
- Rodríguez, E. (2013). La planta de tratamiento de aguas residuales más grande de América Latina. Recuperado de: <http://www.fierasdelaingenieria.com/la-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-mas-grande-de-america-latina/>
- SUNASS (2008). Estudio Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución. Lima: SUNASS. Recuperado de: http://www.proagua.org.pe/files/de62b65581b727d66847f48aa52fbbfd/Libro_PTAR.pdf
- Yee-Batista, C. (diciembre, 2013). *Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas*. Banco Mundial, BIRF – AIF. Recuperado de: <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>