

Fuentes de agua y contaminación fisicoquímica

Jorge Villena Chávez¹

Reducir a la mitad, para el año 2015, la proporción de personas cuyos ingresos sean inferiores a 1 dólar por día y el número de personas que padezcan hambre y, para el mismo año, reducir a la mitad la proporción de personas que carezcan de agua potable².

1. Introducción

La salud, el medio ambiente y el desarrollo son interdependientes, con esa orientación son evidentes los esfuerzos a nivel mundial, regional y nacional para integrarlos. En ese sentido uno de los principales retos de los países en vías de desarrollo como el Perú es hacer frente a las enfermedades de origen hídrico con intervenciones eficaces y sostenibles, para lo cual es necesario desarrollar tecnologías alternativas. La Agenda 21³, reconoce que el suministro de agua potable y el saneamiento ambiental son vitales para la protección del medio ambiente, el mejoramiento de la salud y la mitigación de la pobreza. Entonces se estimaba que el 80% de todas las enfermedades y más de un tercio de los fallecimientos en los países en desarrollo se debían

al consumo de agua contaminada y que, en promedio, hasta la décima parte del tiempo productivo de cada persona se perdía a causa de enfermedades relacionadas con el agua.

Los esfuerzos realizados antes de 1992, como los del Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental⁴ y los posteriores a la epidemia del cólera de las Américas, como las iniciativas de la Organización Panamericana de la Salud asociadas a los Planes de Inversiones en Ambiente y Salud (PIAS), no han sido suficientes. La Declaración del Milenio reafirmó la prioridad de las intervenciones en agua y saneamiento hasta el 2015. La Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó⁵ a la década que va desde el 2005 al 2015 como el *Decenio Internacional para la Acción «El agua, fuente de vida»*. Los esfuerzos que en este campo se desplieguen a lo largo de estos años serán, sin lugar a dudas, prioridades de financiamiento mundiales, por tanto, deben reafirmarse los planes y proyectos al respecto, tanto a nivel nacional como regional y local.

Durante la Reunión Hemisférica de Ministros de Salud y de Ambiente⁶, establecida en el contexto de la III Cumbre de las Américas, los ministros evaluaron el progreso alcanzado en la ejecución de la Carta Panamericana de Salud y Medio Ambiente para el Desarrollo Humano Sustentable, firmada en 1995, y analizaron la posibilidad de aplicar diversos mecanismos de seguimientos con el propósito de impulsar la agenda regional de medio ambiente y salud.

Si bien los ministros reconocieron las diferencias existentes entre las condiciones y necesidades de cada país, convinieron en la identificación de áreas prioritarias para una acción concertada en toda la región a fin de proteger la salud y el medio ambiente, la primera de las cuales se refiere al manejo integral de los recursos hídricos, incluida la contaminación del agua y el saneamiento básico. En ese sentido, los ministros acordaron trabajar por avanzar hacia

¹ Ingeniero de Higiene y Seguridad Industrial con estudios de Maestría en Ciencias con mención en Tratamiento de Aguas y Reuso de Desechos. Jefe encargado de la Sección de Posgrado y Segunda Especialización de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería.

² Declaración del Milenio de las Naciones Unidas

³ Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD). Río de Janeiro, 3 a 14 de junio de 1992. Volumen I: Resoluciones aprobadas por la Conferencia. Programa 21 (Agenda 21). Capítulo 18: Protección de la calidad y suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce. Área de programa D) Abastecimiento de agua potable y saneamiento.

⁴ Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental, 1981-1990. Plan de Acción de Mar del Plata aprobado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua, de 1977.

⁵ Asamblea General de las Naciones Unidas. Resolución A/RES/58/217.

⁶ Reunión de Ministros de Salud y de Ambiente, Ottawa, Canadá 4-5 Marzo 2002. Producto de las iniciativas del Área de Libre Comercio de las Américas (ALCA). III Cumbre de las Américas de Québec, Canadá, Abril 2001.

las metas para 2015 y 2025 de la Visión 21 del Consejo de Colaboración del Abastecimiento de Agua Potable y el Saneamiento Ambiental hacia la cobertura y la higiene universales; y adoptar las metas de la Cumbre del Milenio relacionadas con el agua y desarrollar y emplear tecnologías prácticas relacionadas con agua y saneamiento. Durante la Segunda Reunión Hemisférica de Ministros de Salud y de Ambiente⁷, se reconoció como un proceso, cuya segunda fase se iniciaba con dicha reunión, los esfuerzos conjuntos de los ministerios de ambiente y salud por lograr grandes desarrollos en las áreas prioritarias definidas y sobre todo un esfuerzo conjunto e integral para lograr en la Región las metas del Milenio asociadas a Salud y Ambiente.

2. Fuentes de agua

Con ese panorama político mundial de los recursos hídricos asociados a la salud ambiental, el Perú enfrenta una serie de retos para el manejo de sus recursos hídricos especialmente el de articular las inversiones en el campo de actividades extractivas que facilita una transición de la pobreza hacia mejores niveles de vida con la protección ambiental que proteja la salud y de oportunidades a las generaciones futuras, todo ello en un territorio con grandes riquezas naturales y en un ambiente social pluricultural.

Específicamente en relación a las fuentes de agua se puede afirmar que los recursos mundiales de agua se estiman en 1400 millones de Km³, de los cuales sólo el 2.5% (35 millones de Km³) corresponden a agua dulce y el 97.5% (1365 millones de Km³) a agua salada. Del agua dulce sólo el 0.3% (0.1 millones de Km³) se encuentra en lagos, ríos y aguas subterráneas. El 99.7% (34.9 millones de Km³) del agua dulce se encuentra en la humedad del suelo, las aguas subterráneas profundas y los casquetes polares y glaciares. Las aguas que pueden utilizarse para el abastecimiento de la población se encuentran en lagos, ríos y aguas subterráneas y representan sólo el 0.007% del total del agua del planeta.

El INRENA⁸ estima que los ríos de las tres vertientes del Perú conducen anualmente un volumen de

escorrentía superficial de 0.2044 millones de Km³ (64814.8 m³/s) que representa el 4.6% del volumen de escorrentía mundial. Ver **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Disponibilidad de agua superficial. Perú.

Vertiente	Masa anual km ³ /año	Caudal m ³ /seg.	Oferta %	Población %
Atlántico	1999.00	63387.90	97.80	34.80
Pacífico	35.00	1109.80	1.71	60.40
Titicaca	10.00	317.10	0.49	4.80
Total	2044.00	64814.80	100.00	100.00

Fuente: INRENA.

No obstante, sólo es factible de aprovechar el 0.025%, es decir 51.17 Km³/año, de los cuales el 57.68% corresponden a la vertiente del Atlántico, 40.95% a la del Pacífico y el 1.37% a la del Titicaca. Ver **Cuadro 2**. Sin embargo, la presión poblacional es mayor en la vertiente del Pacífico con 60.4% del total de la población; mientras que en la vertiente del Atlántico y la del Titicaca la presión poblacional es de 34.8% y 4.8% respectivamente. Con el fin de compensar estas disparidades sólo es factible el trasvase de un volumen de 8.9 Km³/año de la vertiente del Atlántico a la del Pacífico.

Cuadro 2. Agua superficial aprovechable. 51.17 km³/año. Perú

Vertiente	Masa anual km ³ /año	Caudal m ³ /seg.	Oferta %	Población %
Atlántico	29.51	935.91	57.68	34.80
Pacífico	20.95	664.45	40.95	60.40
Titicaca	0.70	22.23	1.37	4.80
Total	51.17	1622.59	100.00	100.00

Fuente: INRENA.

Adicionalmente, hay que comprender que la gestión de los recursos hídricos en el país debe contemplar acuerdos internacionales, realidades regionales y locales. En ese sentido debe tenerse en cuenta que casi el 99% de los recursos hídricos del Perú se encuentran comprometidos internacionalmente, de ellos el 100% de las cuencas del Atlántico y del Titicaca y un pequeño porcentaje de las cuencas del Pacífico. En la mayoría de casos el Perú es un país de aguas arriba y en algunos otros es el país de aguas abajo. Regionalmente existen conflictos sociales por el abastecimiento de las cuencas hidrográficas, es el caso por ejemplo de Arequipa y Moquegua. También problemas locales generalmente entre

⁷ Segunda Reunión de Ministros de Salud y de Ambiente, Mar del Plata, Argentina 18 Junio 2005. Reunión Internacional sobre Objetivos de Desarrollo del Milenio en Salud y Ambiente.

⁸ INRENA Instituto Nacional de Recursos Naturales

usuarios, como por ejemplo entre agricultura y minería.

Respecto del agua subterránea, según INRENA, se estima que existe un potencial de 10 MMC (millones de metros cúbicos) de los cuales se aprovechan sólo el 15.024%, es decir 1.502 MMC. En la vertiente del Pacífico se aprovecha prácticamente el total 1.5 MMC. En agricultura 0.995 MMC, poblacional 0.366 MMC, industrial 0.137 MMC y pecuario 0.002 MMC. En la vertiente del Atlántico la explotación es mínima y en la del Lago Titicaca es de aproximadamente 2400 m³/año. Ver **Cuadro 3**.

Cuadro 3. Agua subterránea aprovechable 10 MMC, uso 1.5 MMC. Perú.

Vertiente	Cantidad m ³ /año	Actividad	Uso m ³ /año	Población %
Atlántico	Mínimo	Variada	Mínimo	34.80
Pacífico	1500000	Agricultura	995000	60.40
		Población	366000	
		Industrial	137000	
Titicaca	2400	Pecuaria	2000	4.80
		Variada	2400	
Total	1502400		1502400	100.00

Fuente: INRENA.

3. Contaminación fisicoquímica del agua

El manejo de las aguas en el Perú está determinada por las políticas establecidas en el Decreto Ley 17752, Ley General de Aguas del año 1969, aunque desde más de diez años se viene desarrollando diversas iniciativas para su modificación. La ley establece dos principios para el manejo racional del recurso, estos son los de *conservación e incremento* y el de *preservación*, es decir cantidad y calidad. Cada uno de estos dos principios está asociado a una autoridad.

El Ministerio de Agricultura, actualmente a través de la Dirección General de Aguas del INRENA ejerce la Autoridad de Aguas en cuanto a su *conservación e incremento*. El Ministerio de Salud a través de la Dirección General de Salud Ambiental, DIGESA, ejerce la Autoridad de Agua o Autoridad Sanitaria de Aguas en lo que se refiere a la *preservación*. La existencia de ambas autoridades ha permitido mantener vigente la prioridad sanitaria, probablemente una integración significará la prioridad sobre los usos productivos y la calidad pasará a un segundo plano. La relación del agua con la salud está estrechamente relacionada con la

calidad, por cuanto la protección de los recursos hídricos debe ser una prioridad, no obstante la gran demanda social sobre el recurso especialmente en agricultura hace que la gestión esté centrada principalmente en la distribución del recurso. La cantidad de agua disponible para agricultura sigue siendo una de las áreas que más inversión recibe. Las buenas prácticas agrícolas se vienen activando desde otros sectores especialmente el de salud que demanda un mejor manejo del agua en los cultivos especialmente de aquellos de riego intensivo y de inundación ya que no sólo consumen agua en exceso sino que representan un serio problema sanitario por la proliferación de vectores.

Las aguas en el país están definidas como cursos de agua y zonas costeras, las cuales según el uso que se les dará adquieren una clasificación, las mismas que son:

Cursos de agua:

Clase I: Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.

Clase II: Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.

Clase III: Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.

Zonas Costeras:

Clase IV: Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares).

Clase V: Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos.

Clase VI: Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

Asimismo, de acuerdo a la carga de contaminación que reciben de origen natural o antropogénica las aguas pueden ser calificadas, siendo de interés lograr calificaciones de aptitud para el uso que define la clase. La calificación está a cargo de la Autoridad Sanitaria de Aguas, en este caso DIGESA.

Los criterios de calificación están relacionados con límites bacteriológicos, de demanda bioquímica de oxígeno, de sustancias potencialmente peligrosas y de sustancias o parámetros potencialmente perjudiciales.

De estos parámetros, los más significativos por su repercusión ecológica y sanitaria son los asociados

al fósforo y los metales pesados responsables de procesos de eutroficación y de intoxicaciones crónicas respectivamente, ampliamente difundidos en todo el país. No obstante localmente se puede encontrar problemas asociados a la temperatura del agua, la presencia de elementos radiactivos o pH muy básicos o ácidos.

La contaminación del agua significa el principal riesgo para la salud. El agua potable y la salud pueden considerarse como sinónimos, no es posible la salud sin agua potable. En países en vías de desarrollo es frecuente encontrar niveles significativos de contaminación del agua, sólo el 3% de la población en el Perú tendría acceso a agua segura⁹. No obstante que el riesgo asociado a los agentes biológicos patogénicos es el más sensible, los estudios epidemiológicos demuestran cotidianamente que los agentes químicos están provocando graves problemas de salud no sólo por la cronicidad de sus efectos sino también por la falta de capacidad de los servicios de atención de salud para enfrentar ese tipo de patologías. Las intoxicaciones crónicas afectan severamente el desarrollo, más aún si actúan sobre el sistema nervioso en niños, como es el caso del plomo. Las patologías crónicas representan grandes problemas de atención de salud, especialmente si tienen carácter cancerígeno, producto de la exposición a compuestos como el del arsénico, presentes en forma natural en muchas fuentes de agua en el Perú. Aunque no hay estudios concluyentes que asocien al agua y saneamiento con el coeficiente intelectual y los cánceres en niños, las incidencias registradas de estos dos problemas de salud son alarmantes en el país. Los resultados de las pruebas del Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes de la OCDE¹⁰, muestran el bajo nivel de rendimiento estudiantil; de los 43 países participantes en la prueba, Perú fue el único donde más de la mitad de sus estudiantes, cerca del 54%, se ubicó en el nivel más bajo de escala establecida. Por otro lado, cada año en el mundo más de 160 mil niños son diagnosticados con cáncer

y alrededor de 90 mil mueren a causa de esta enfermedad, en el país se desconoce el número exacto de casos nuevos al año porque no existen registros de enfermos de cáncer. Un 80 por ciento de la totalidad de infantes con cáncer viven en los países pobres donde el acceso al tratamiento especializado es limitado y frecuentemente dicho mal se diagnostica demasiado tarde, o no se llega a detectar. Uno de cada dos niños con diagnóstico de cáncer tiene probabilidades de morir. En los países desarrollados, dos de cada tres niños enfermos de cáncer sobreviven.

La protección de la salud en el Perú, es sin lugar a dudas un gran reto, la relación del agua y saneamiento con la salud y el desarrollo debe ser atendida como una prioridad no sólo técnica sino política y estratégica. Los indicadores ambientales no pueden manejarse aislados de los del agua y saneamiento, graves efectos en la salud de las personas se producen cuando se planifica mal las actividades económicas, uno de los vehículos más eficientes para trasladar errores de dichas acciones y convertirlos en problemas de salud es el agua y saneamiento. Un abordaje y análisis más amplio debe desarrollarse en torno a este asunto. No obstante, a continuación se abordará algunas de las repercusiones sanitarias y ambientales asociadas al agua, a fin de ilustrar dicha relación.

Eutroficación

La baja cobertura de tratamiento de aguas residuales en el país, apenas del 18%, permite que los aportes de micro nutrientes a cursos y cuerpos de agua sean significativos especialmente de nitrógeno y fósforo, produciendo procesos acelerados de eutroficación de ríos y lagos. La eutroficación en zonas tropicales como el norte o la selva del Perú favorecen la proliferación de insectos vectores que cumplen ciclos de desarrollo en medios acuáticos, por cuanto se les facilita criaderos muy cerca de las ciudades, la vegetación que crece en el cauce permite tener agua estancada y sombra, condiciones suficientes para el desarrollo de las larvas. Ríos como el Chira en Sullana, departamento de Piura, o el Amazonas en Iquitos en el departamento de Loreto son ejemplos claros de esta situación; en el **Gráfico 1** se observa las condiciones que favorecen este problema. La eutroficación tiene repercusiones también en zonas más templadas, es el caso de la ocurrida en el Lago

9 Estudio de desinfección del agua en el punto de uso. CEPIS-DIGESA. 1998.

10 El Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA) es auspiciado por la UNESCO y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). En la primera etapa de esta iniciativa (2000-2001) participaron 43 países y 42 lo hicieron en la segunda (2003), entre estos se encuentran México, España, Argentina, Chile, Brasil, Perú y Uruguay.



Fuente. Diario El Comercio, río Chira. Promperú, río Amazonas.

Gráfico 1. Río Chira (1), Río Amazonas (2, 3)

Titicaca. La remoción del fósforo es un reto que debe enfrentarse como una prioridad sanitaria en el tratamiento de aguas residuales.

Intoxicaciones crónicas

La calidad del agua potable en el Perú está muy asociada a la calidad del agua de las fuentes y a la dificultad tecnológica y económica de las empresas de saneamiento de garantizar el tratamiento de agua a través de sistemas seguros y sostenibles. El bajo nivel de tratamiento de aguas residuales domésticas, la dificultad de asegurar un efectivo control de vertimientos industriales especialmente mineros, así como la accidentada geografía y naturaleza mineralógica de los andes peruanos configuran condiciones favorables para la cinética ambiental de contaminantes a través de los recursos hídricos, especialmente ríos y corrientes subterráneas, las sustancias tóxicas más comunes son los metales pesados. Se suma a esta situación crítica la falta de un sistema de vigilancia epidemiológica de intoxicaciones crónicas o de enfermedades crónicas que se asocien con la exposición a sustancias tóxicas.

El Perú tiene ciertas características naturales de riesgo asociadas con las fuentes de agua, por ejemplo el norte del país tiene una contaminación de fondo asociada al cadmio, el centro al plomo y el

sur por su naturaleza volcánica al arsénico. Las fuentes de agua subterráneas para el consumo de agua pueden representar riesgos importantes en relación a la presencia de estos metales pesados. La situación se hace aún más crítica debido a la poca capacidad analítica que el país dispone.

El 2004 la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, SUNASS^{11,12}, dio cuenta de los resultados de la calidad del agua potable en el país, en ese reporte se puede apreciar la dificultad analítica para mantener una vigilancia sanitaria sostenida, la necesidad de una estrategia que permita una cooperación interinstitucional para mantener el sistema es urgente. No obstante en el **Cuadro 5** se puede apreciar los resultados encontrados para el agua potable en relación a cadmio, plomo y arsénico, asociados con el norte, centro y sur del país respectivamente.

Cabe destacar que aunque en todos los casos se cumple con la norma, debido a la presencia de metales en el ambiente (aire, suelo, alimentos, etc.) como contaminantes de fondo, el riesgo se hace significativo por que la ingesta diaria admisible (IDA) puede sobrepasar los límites recomendados, como el caso de cadmio que veremos más adelante.

El control del cadmio y de cualquier contaminante que repercute en la ingesta diaria admisible, será más efectivo si se realiza en el servicio de agua potable, ya que este servicio es más manejable que las otras fuentes de contaminación como son emisiones atmosféricas de fuentes fijas o móviles, o la contaminación de los alimentos. Además el agua tiene mayor relevancia por cuanto su consumo es constante a lo largo de toda la vida.

El caso del cadmio, que se expondrá a continuación, muestra esta estrecha relación, entre la contaminación de las fuentes y el riesgo sanitario en los usuarios de los sistemas de saneamiento.

La cuenca del río Santa, en el departamento de Ancash, es una de las principales cuencas productivas del país, tiene una importante actividad turística, agropecuaria y sobre todo minera entre otras actividades económicas de importancia nacional. El proyecto de irrigación Chavimochic utiliza una parte de su caudal para irrigar terrenos eriazos de la zona costera al norte del país, beneficiando además al departamento de La Libertad, e incluso propiciando que su capital Trujillo utilice parte del caudal de la derivación como fuente de

¹¹ Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. «La calidad del agua potable en el Perú». SUNASS. JICA. 2004.

¹² Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. «Análisis de la calidad del agua potable en empresas prestadoras del Perú: 1995-2003». SUNASS. JICA. 2004.

Cuadro N°5. Cuadro 5. Calidad del agua potable asociada al Cd, Pb, y As para distintas EPS según su ubicación geográfica de norte a sur. Perú. 2001.

EPS	Cadmio µg/L		Plomo µg/L		Arsénico µg/L	
	Promedio	Máximo	Promedio	Máximo	Promedio	Máximo
01. Piura. EPS Grau S.A.	< 0.2	0.7	2.0	9.0	1.0	2.0
02. La Libertad. SEDALIB S.A.	< 0.2	< 0.2	1.0	11.0	3.0	15.0
03. Cajamarca. EPS Sedacaj S.A.	< 0.2	0.3	5.0	28.0	0.3	0.4
04. Ancash. EPS Chavín S.A.	0.2	0.9	4.0	28.0	1.0	3.0
05. Lima. SEDAPAL.	0.7	2.4	8.0	69.0	19.0	142.0
06. Tarma. EPS Sierra Central S.A.	0.2	0.4	4.0	14.0	2.0	5.0
07. Pasco. EMAPA PASCO S.A.	< 0.2	< 0.2	3.0	7.0	2.0	3.0
08. Ica. EMAPICA S.A.	0.3	4.0	3.0	10.0	5.0	11.0
09. Arequipa. SEDAPAR S.A.	< 0.2	< 0.2	2.0	13.0	28.0	132.0
10. Juliaca. EPS SEDA JULIACA S.A.	< 0.2	0.4	4.0	10.0	15.0	17.0
11. Ilo. EPS Ilo S.A.	< 0.2	< 0.2	1.0	5.0	43.0	62.0
12. Tacna. EPS Tacna S.A.	< 0.2	< 0.2	1.0	4.0	16.0	42.0

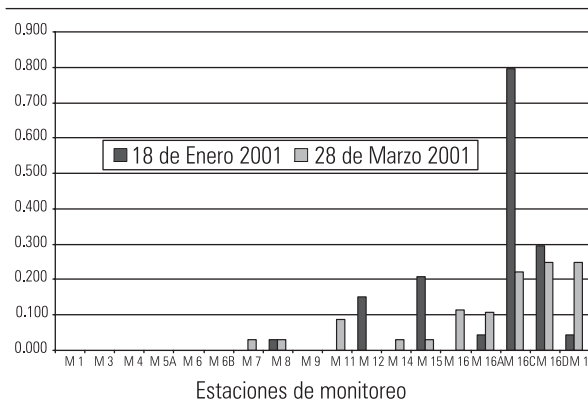
Fuente. SUNASS. "Análisis de la calidad del agua potable en empresas prestadoras del Perú: 1995-2003". JICA. 2004

abastecimiento de agua para consumo humano. El río Santa tiene una longitud de 316 Km y 142.73 m³/s de caudal promedio; de acuerdo a los informes de DIGESA del 2001 recibe en su recorrido alrededor de 39 vertimientos identificados de los cuales 12 son mineros, 24 vertedores de origen doméstico y tres vertederos de hidroeléctricas. DIGESA cuenta con 17 estaciones de monitoreo, 27 puntos de muestreo¹³ a lo largo del recorrido del río Santa y evalúa parámetros fisicoquímicos y biológicos tales como Pb, Cd, As, CN, Ni, DBO, OD y coliformes termotolerantes. De acuerdo a la legislación vigente y teniendo en cuenta como criterios el abastecimiento de agua para consumo y el riego de especies agrícolas de consumo humano, el río Santa está calificado como río de clase II¹⁴. En el **Gráfico N° 2** se observa los resultados del monitoreo del río Santa para el caso del cadmio. La principal causa de contaminación de cadmio en el río Santa corresponde al arrastre de los pasivos ambientales que se produce en la cuenca del río Tablachaca

afluente del río Santa. El Ministerio de Energía y Minas calculó alrededor de US\$ 4 millones de dólares la inversión necesaria para controlar dichos pasivos ambientales. Entre tanto la posibilidad de una planta de tratamiento en la bocatoma es manejada como una posible alternativa no sólo para prevenir impactos en la salud de las personas asociado al abastecimiento de agua sino también para proteger las inversiones agrícolas y agroindustriales asociadas a cultivos de exportación tan importantes como los espárragos, que pueden ser afectados por la contaminación, especialmente por la dificultad de cumplir con estándares internacionales de calidad sanitaria.

Para evaluar la influencia de la contaminación minera en el abastecimiento de agua potable, se desarrolló

Gráfico 2. Concentraciones de cadmio en mg/L. Río Santa, enero y marzo 2001.



Fuente. MINSa. Dirección General de Salud Ambiental. Monitoreo de 18 puntos de muestreo. 2001.

¹³ Puntos de muestreo: 1. Conococha; 2. Recreta; 3. Utcuyacu; 4. Ticapampa; 5. Recuay; 5A. Después de Oyeros; 6. Huaraz; 6A. Después de Santo Toribio; 7. Monterrey; 7A. Antúnez; 8. La Florida; 8A. Quebrada Ancash; 9. Marcará; 10. Puente Matacoto; 11. Caráz; 12. Balbas; 13. Puente Carbonera; 14. Mantas; 15. Antes de río Tablachaca; 15A. Río Tablachaca; 16. Después de Río Tablachaca; 16A. Bocatoma Chavimochic; 16B. Canal Chavimochic; 16C. Bocatoma Chinescas; 16D. Canal Chinescas; 16E. Bocatoma La Vibora; 17. Santa.

¹⁴ Reglamento del Decreto Ley 17752, Ley General de Aguas. Artículos 78° y 81°. Clase II: Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el MINSa.

un estudio preliminar de cadmio en sangre en poblaciones seleccionadas de una parte de la población de Trujillo, abastecida por una planta de tratamiento de agua que usa como fuente el canal del proyecto Chavimochic. El estudio tomó como muestra a la población infantil, para ello se seleccionaron tres centros escolares primarios y un centro escolar inicial. La población estudiada constó de 376 niños entre cinco y diez años de las localidades de Trujillo que sirvió para conocer el impacto, y de Salaverry y Laredo localidades cercanas a la ciudad que no tienen el mismo sistema de abastecimiento de agua y que sirvieron como comparación para el estudio. El cadmio es un elemento no esencial para los sistemas biológicos. Una intoxicación crónica produce disfunción y lesión renal, hipertensión, daños pulmonares, lesiones óseas, disfunciones sexuales, carcinogénesis, mutagénesis y teratogénesis. Por vía gastrointestinal, la elevación de las dosis de cadmio aumenta la gravedad del daño de la mucosa intestinal, anemia, uremia, disminución de la absorción intestinal, cambios en el metabolismo del calcio y la vitamina D, osteomalacia y osteoporosis.

Los niveles de riesgo considerados como referencia indican una ingesta diaria admisible, IDA de 10-50 $\mu\text{g}/\text{día}$ (EEUU- Japón); y una ingesta semanal provisional tolerable, ISPT de 0.4-0.5 mg/persona/semana (FAO-OMS). Es importante resaltar que en la zona debido a la contaminación de fondo se encontró cadmio en el aire y los alimentos especialmente en el arroz. Sin embargo, la posibilidad de control siempre está concentrada en el abastecimiento de agua que es el factor más importante en la cadena trófica y el que tecnológicamente es más fácil de manejar. Controlar el aire y los alimentos es mucho más complejo por la diversidad de fuentes de generación y amplia cinética ambiental. Los resultados determinaron la presencia de cadmio en todos los grupos de la muestra, con mayor prevalencia en Trujillo. Asimismo el 23.5% ($n=86$) de veces la concentración de cadmio superó ligeramente la norma (0.51-0.57 $\mu\text{g}/\text{dL}$); 2.7% ($n=10$) de veces la concentración de cadmio superó ampliamente la norma (0.68-0.75 $\mu\text{g}/\text{dL}$). La estimación del riesgo indica que los niños con niveles altos de cadmio en sangre pueden presentar efectos de la intoxicación en el corto plazo. La ingesta de agua representa un factor de riesgo significativo para el cadmio aún cuando se cumple

con los estándares internacionales. Además se observó que los servicios de salud no tienen la capacidad de diagnóstico para las intoxicaciones crónicas por cadmio, incluso, se observó inicialmente la asociación de problemas gastrointestinales con problemas producidos por contaminación bacteriana del agua, comunes en el país, y no con la ingesta de cadmio.

De acuerdo a los hallazgos las autoridades sanitarias dispusieron el establecimiento de estándares adecuados para la zona, teniendo el criterio de la ingesta diaria admisible: desarrollo de un sistema de atención de salud integral para las personas en riesgo; monitoreo y control ambiental de las causas de la contaminación; ampliación del estudio de riesgos; y educación sanitaria y difusión de las medidas sanitarias.

Los problemas asociados con los demás metales como el arsénico, cromo, plomo, que tienen efectos muy negativos en la salud de las personas son quizás más críticos, sin embargo no se han llevado análisis exhaustivos del impacto de estos contaminantes en la salud de las personas, como producto de intoxicaciones crónicas por consumo de agua.

El caso del plomo es alarmante ya que se encuentra en niveles importantes en el aire, los suelos y los alimentos, del **Cuadro 5** se puede apreciar que sus concentraciones aunque de acuerdo a norma, son también significativas, la ingesta diaria admisible probablemente esté superada. El plomo en niños tiene un efecto pernicioso en el desarrollo neurológico afectando seriamente el desarrollo intelectual.

La situación en relación al arsénico es también preocupante, su carácter cancerígeno, su gran presencia en el sur del país y las dificultades para su tratamiento del agua lo señalan como una prioridad sanitaria e incluso estratégica para la investigación.

4. Alternativas de tratamiento

En tanto se corrijan los patrones de producción y consumo insostenibles y se logre la producción limpia y el consumo responsable como mecanismos de transición hacia el desarrollo sostenible, las alternativas de tratamiento en el corto plazo que pueden incorporarse a los sistemas de tratamiento de aguas para resolver el problema de la contaminación por fósforo y metales pesados, entre

otros contaminantes, están asociadas a la biorremediación. La selección de bacterias procedentes del medio natural o de lodos activados o cuerpos de agua que posean capacidad de acumular o remover los contaminantes de los cuerpos de aguas residuales puede utilizarse para la optimización de un proceso de remoción.

Experiencias recientes¹⁵ en la Universidad Nacional de Ingeniería han permitido constatar la eficiencia de la biorremediación de metales pesados, en el **Cuadro 6** se observa los resultados encontrados. Actualmente se viene trabajando en la biorremoción de fósforo. La ventaja de la biorremediación radica en su especificidad, eficiencia y bajo costo; y dada la abundante biodiversidad es factible atender las demandas de tratamiento de cualquier contaminante. Los planes de desarrollo en el campo sanitario y ambiental deben contemplar el desarrollo

Cuadro 6. Biorremoción de metales tóxicos del agua.

Muestra	Plomo (Pb) μg/L	Cadmio (Cd) μg/L	Arsénico (As) μg/L
Control	245.1	301.1	291.0
1 hora	12.4	-	-
2 horas	12.2	0.6	0.04
5 horas	17.6	0.8	0.04
8 horas	1.6	0.7	0.05

Fuente: FIA-UNI.

de las investigaciones en este campo, la remoción de estos contaminantes tiene un alto impacto sanitario y ambiental con un valor social incalculable.

Correspondencia: Ing. Jaime Villena Chávez
 Dirección: Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería
 Correo electrónico: jvillena@uni.edu.pe

¹⁵ Biorremediación de metales e identificación de comunidades de microorganismos asociados. Proyecto de investigación de la Sección de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería.