

CONTROL DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS EN EL PERÚ

Betty Chung*

RESUMEN

La contaminación del agua, aire, suelo y alimentos es la consecuencia de las actividades que el hombre ha desarrollado para vivir y mejorar su calidad de vida. Sin embargo, el hombre se ha olvidado de vivir en armonía con la naturaleza y de cuidarla. Hoy tenemos un sinnúmero de sustancias químicas y biológicas en el ambiente que significan un riesgo para la salud porque se encuentran en altas concentraciones o debido a su naturaleza tóxica. Para tener referencia y conocimiento del nivel de contaminación que existe en cada lugar, es necesario que existan metodologías y técnicas analíticas, así como normas técnicas referidas al control de contaminantes en el ambiente, es decir en el agua, aire, suelo y alimentos. Actualmente en el país, tenemos reglamentación referidas al agua y aire; las normas para agua incluyen parámetros físicos, químicos, elementos y sustancias orgánicas e inorgánicas, las normas para aire están referidas a los contaminantes primarios, mientras que para suelos se consultan las normas internacionales y para alimentos las normas de la FDA (*Food and Drug Administration*). En el contexto nacional actual, con 9,7% de crecimiento en la productividad y desarrollo de actividades económicas diversas, es necesario la complementación del marco normativo medioambiental y el desarrollo de la capacidad analítica nacional para la evaluación de sustancias químicas y el control de la contaminación del ambiente, la preservación de los recursos naturales del país y la certificación de productos de exportación y consumo.

Palabras clave: *Contaminantes ambientales; Contaminantes del agua; Contaminantes del aire; Sustancias peligrosas; Legislación ambiental; Peru (fuente: DeCS BIREME).*

CONTROL OF CHEMICAL POLLUTANTS IN PERU

ABSTRACT

Water, air, soil, and food pollution is the consequence of the activities performed aiming to improve living conditions of human beings. However, mankind has forgotten to live in harmony with nature and how to preserve it. Nowadays, there is a great amount of chemical and biological substances that put human health at risk, whether because these are toxic or because of their elevated concentrations. It is necessary to have appropriate methodological and analytic techniques in order to determine pollution levels in each place. Also, technical regulations related to contaminant control in the environment are necessary. Peru has regulations with respect to water and air contamination; regulations for water include the determination of physical and chemical parameters, as well as the detection of organic and non-organic elements and substances. Primary contaminants are referred to in regulations for air, international guidelines serve as reference for regulations related to soil contamination, and US FDA (*Food and Drug Administration*) regulations are referred to when it is the case for assessing food contamination. Considering that nowadays there is a 9.7% increase on productivity and with the increase in several areas of economical activities, it is necessary to complete environmental regulations and also to develop national regulations and actions for the control and evaluation of chemical substances, preservation of natural resources and certification of imports and exports.

Key words: *Environmental pollutants; Water pollutants; Air pollutants; Hazardous substances; Legislation, Environmental; Peru (source: MeSH NLM).*

INTRODUCCIÓN

Mucho se habla de la contaminación ambiental, pero la mayor parte de la población peruana desconoce, en mayor o menor grado, que convivimos con sustancias químicas contaminantes que pueden afectar nuestra salud. La contaminación se puede dar en los espacios exteriores e interiores de las viviendas; las fuentes de contaminación exterior provienen de las industrias⁽¹⁾, de las aguas residuales domésticas⁽²⁾, de los relaves mineros⁽³⁾, de los fertilizantes y plaguicidas usados en la agricultura⁽⁴⁾, de los derrames de petróleo y gas natural⁽⁵⁾, del parque automotor⁽⁶⁾, etc.; y dentro de las viviendas la generan los combustibles como leña, biomasa, carbón^(7,8), el humo del tabaco^(9,10), aerosoles, solventes, desinfectantes, materiales plásticos, etc.^(10,11).

Pero, ¿qué es la contaminación? pensemos en el ambiente constituido por el agua salada y dulce de la corteza terrestre, el aire que respiramos y la tierra donde habitamos; en un principio todo este ambiente contenía sustancias en número y cantidades tales que había un perfecto equilibrio, pero, el desarrollo de la ciencia, la tecnología, la industria y los nuevos descubrimientos que han llevado a las características de vida de la era actual,

ha afectado ese equilibrio por el que ciertas sustancias al estar presentes en cantidades mayores, causan efectos dañinos en la flora, la fauna y los seres humanos^(12,13).

El medio ambiente no es estático, las interacciones entre el aire, la tierra, el agua, los animales, las plantas y los seres humanos son dinámicas, múltiples y continuas; hoy en día sabemos que paradójicamente, debido al mayor desarrollo tecnológico orientado a la satisfacción de nuestras necesidades y al confort, se liberan continuamente al ambiente, un número no calculado de sustancias que contaminan y cuyas concentraciones superan los niveles armónicos naturales^(14,15). Lo grave de este crecimiento es que tiene una curva exponencial y, actualmente, el tiempo para duplicar el número de compuestos orgánicos existentes en el ambiente es cada vez menor.

En el Perú existen normas y reglamentos para el conocimiento de la contaminación del aire⁽¹⁶⁻¹⁹⁾, de los recursos hídricos y del agua potable⁽²⁰⁻²³⁾, pero reducidos documentos para alimentos⁽²⁴⁾ y nada sobre suelos; por otro lado, algunas normas existentes datan de muchos años de tal manera que están obsoletas y precisan de actualización.

* Química, Decana del Colegio de Químicos del Perú. Lima, Perú.

Esta revisión de la situación actual y el control de los contaminantes químicos en nuestro país se orienta a identificar las acciones que deben ser planteadas para determinar el nivel de contaminación a la que está expuesta la población peruana.

CONTAMINACIÓN DEL AMBIENTE

La contaminación proviene de las actividades que realiza el hombre a todo nivel, es múltiple y se presenta en formas muy diversas, con asociaciones y sinergismos difíciles de prever. Las sustancias contaminantes entran al organismo a través del agua, del aire y los alimentos, por inhalación, por contacto o por ingesta.

Las fuentes de constituyentes químicos según la Organización Mundial de la Salud (OMS), son de ocurrencia natural o provienen de fuentes industriales y edificaciones humanas (industrias extractivas como minería, manufactura y procesos industriales, alcantarillado, residuos sólidos, escorrentías urbanas, fugas de gasolina), actividades agrícolas (abono, fertilizantes, pesticidas), tratamiento de agua o materiales en contacto con agua potable (coagulantes, subproductos de desinfección, tuberías de PVC, asbesto), pesticidas usados en agua para salud pública (plagicidas usados en control de vectores), cianobacterias (lagos eutróficos), etc ⁽²⁵⁻²⁷⁾.

Entre los contaminantes químicos más peligrosos están: el asbesto, el benceno, el cloruro de vinilo, el carbón, el arsénico, los bifenilos policlorados, el acetaldehído, el bromoformo, el cadmio, el cloroformo, el 1,2-dicloroetano, difenilhidrazina, el dinitrotolueno, el estireno, el formaldehído, el plomo y el tetracloruro de carbono. Estos contaminantes pueden ocasionar lesiones en el tracto respiratorio, cambios en la mucosa nasal y tráquea, irritación en los ojos, nariz y garganta, así como daños en el hígado, riñón, efectos inmunológicos y en el sistema nervioso central, conjuntivitis, dermatitis, lesiones en el sistema respiratorio y digestivo, malformaciones embrionarias, fatiga, jaquecas, mareos, depresión, anemia y por último muerte ^(28,29).

Muchas de estas sustancias no tienen acción inmediata en la salud de las personas y originan enfermedades crónicas de larga duración y generalmente de progreso lento, como enfermedades cardíacas ⁽³⁰⁾, neurológicas ⁽³¹⁾, cáncer ^(32,33), diabetes ⁽³⁴⁾ y enfermedades crónicas respiratorias ^(35,36).

Con frecuencia el sabor, el olor y el aspecto del agua indican que está contaminada, pero la presencia de contaminantes peligrosos sólo se puede detectar mediante pruebas químicas y biológicas específicas.

AGUA

En nuestro país, como ejemplo de lugares críticos donde se produce una contaminación permanente del ambiente por productos químicos, podemos citar a la ciudad de La Oroya con plomo, cadmio y otros metales en el aire y agua (¹); la ciudad de Ilo por la lluvia ácida y presencia natural de arsénico; el Callao por las cantidades de plomo en el aire; Cerro de Pasco por metales como plomo, cadmio, arsénico en el agua; Madre de Dios por mercurio y cianuro en el agua; río Rímac por presencia

de arsénico, plomo, cadmio; Puno por metales tóxicos en el agua y desechos de toda índole en el lago Titicaca; Cajamarca y Ancash por plomo, cadmio, arsénico en sus ríos, etc. ⁽³⁷⁾.

En todos estos lugares, la actividad principal contaminante es la minería, por lo que se estima que los contaminantes principales son los metales pesados y tóxicos como plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cobre, zinc, cromo, vanadio, tungsteno, molibdeno, hierro, manganeso, cianuros, etc. Especialmente la minería informal contamina con indeterminadas pero grandes cantidades de mercurio y cianuro.

Sin embargo, en estos lugares, no se conoce el nivel de contaminación por compuestos orgánicos. Para precisar, las fuentes que podrían estar introduciendo contaminación de tipo orgánico provienen, por ejemplo, de las descargas domésticas, hospitalarias e industriales en el lago Titicaca, Puno; el río Rímac en Lima recibe las descargas industriales, domésticas, mineras y agrícolas y en el río Corrientes en Loreto que recibe los vertimientos de las petroleras.

En las zonas del neotrópico peruano, en la región de la selva oriental y sur, se debe comprobar el alto impacto de las extracciones petroleras y del transporte del gas de Camisea en las aguas de los ríos, en cuyos márgenes habitan comunidades nativas que ven afectadas su *modus vivendi*.

También el narcotráfico aporta causales y altos niveles de contaminación ya que las grandes cantidades de ácidos altamente corrosivos y oxidantes, así como de solventes que utilizan, originan la degradación de la materia orgánica al descargar dichos contaminantes a la naturaleza. Asimismo, causa contaminación el glifosato, herbicida que se usa para controlar los cultivos de coca y que es aplicado por fumigación aérea, lo cual afecta extensas áreas de cultivo, no sólo de coca sino de otros cultivos, de los suelos y las aguas.

La OMS ha establecido valores guía para los químicos de ocurrencia natural que tienen significado para la salud, como arsénico, bario, boro, cromo, fluoruro, manganeso, molibdeno, selenio y uranio. Dichos valores se pueden obtener en www.who.int/ipcs/publications/ehc/ehc_numerical/en/index.html.

Del mismo modo, se ha establecido valores guía para sustancias químicas que provienen de fuentes industriales como cadmio, mercurio, cianuro, tetracloruro de carbono, pentaclorofenol, estireno, benceno, tolueno, xilenos, tricloroetano, hexaclorobutadieno; de fuentes agrícolas como nitratos y nitratos, aldrin, dieldrin, endrin, lindano, DDT, alacloro, aldicarb, clordano, clortoluron, 2,4-D, metoxicloro, 2,4,5-T; de materiales en contacto con el agua potable o en el tratamiento, como cloro, monocloraminas, bromato, clorato, clorito, cloroformo, bromoformo, formaldehído, trihalometanos, cloruro de cianógeno, acrilamidas, epiclorohidrina, antimonio, cobre, plomo, níquel, cloruro de vinilo y benzopireno.

No es por casualidad que los contaminantes que indica la OMS sean, en su mayoría, de naturaleza orgánica, muchos de ellos considerados en los estándares de calidad ambiental ^(a) para el agua. Los contaminantes orgánicos son compuestos disueltos o dispersos en el agua, aire y suelos y provienen de diversas fuentes como las citadas, también de desechos humanos y de animales, de mataderos, de procesamiento de alimentos,

(a) Estándar de Calidad Ambiental, ECA, del agua, del aire, según sea el caso, es el nivel de concentración máxima de contaminantes que es recomendable no exceder para evitar riesgos a la salud ^(16,23).

productos químicos como aceites, grasas, breas y tinturas o sintéticos como pinturas, colorantes, lacas, barnices, herbicidas, insecticidas, medicinas, etc. Estos contaminantes consumen el oxígeno disuelto en el agua y afectan a la vida acuática originando lo que se llama eutroficación, fenómeno que se caracteriza por los niveles anormales de compuestos de nitrógeno y fósforo. Hay pues, una necesidad de analizar y determinar el grado de contaminación de estos contaminantes.

AIRE

El aire, principalmente de las grandes ciudades ya no es un espacio limpio, sino que está invadido por gases y compuestos particulados y volátiles, relacionados con una serie de efectos adversos para la salud. La OMS estima que si la contaminación por partículas en suspensión (PM), se reduce de 70 a 20 microgramos por metro cúbico, pueden evitarse el 15% de las muertes relacionadas con la calidad del aire y si se reduce el nivel de contaminación atmosférica, puede descender la carga de la morbilidad causada por infecciones respiratorias, cardiopatías y cáncer de pulmón⁽³⁸⁾.

Las partículas en suspensión o material particulado afectan a más personas que cualquier otro contaminante, consisten en una compleja mezcla de partículas líquidas y sólidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire y sus principales componentes son el carbón, el polvo de minerales y los sulfatos, nitratos, amoníaco, cloruros y agua. Las partículas en suspensión se clasifican en función de su diámetro aerodinámico en: PM-10 (partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 10 µm) y PM-2,5 (diámetro aerodinámico inferior a 2,5 µm). Estas últimas suponen mayor peligro porque al inhalarlas, pueden alcanzar las zonas periféricas de los bronquiolos y alterar el intercambio pulmonar de gases.

Las ciudades más pobladas del país como Lima, son las que tienen el aire más contaminado por la presencia de SO₂ y PM-2,5. Otras ciudades como Trujillo, Arequipa, Chiclayo y Cusco son motivo de preocupación por la cantidad de PM10 presente en el aire⁽³⁹⁾.

SUELOS Y AGUA

La contaminación de los suelos afecta principalmente a las zonas rurales agrícolas y es una consecuencia de la expansión de ciertas técnicas agrícolas. Los fertilizantes químicos aumentan el rendimiento de las tierras de cultivo, pero su uso repetido conduce a la contaminación de los suelos y las aguas, sucede lo mismo con los plaguicidas utilizados para proteger los cultivos.

También los suelos están expuestos a ser contaminados a través de las lluvias que arrastran metales pesados como el plomo, el cadmio, el mercurio, los cianuros, los hidrocarburos, los fenoles, etc. que provocan prácticamente la destrucción de los ecosistemas acuáticos y también serios daños a las personas que consuman agua o sus productos contaminados. Por otro lado, los fosfatos y nitratos son arrastrados por las aguas superficiales a los lagos y ríos donde producen eutroficación y también contaminan las corrientes freáticas.

Aunque en el Perú ha disminuido la importación de los pesticidas organoclorados, el uso de estos todavía no ha sido

totalmente erradicado. Los plaguicidas agrícolas prohibidos por su toxicidad en el país son⁽⁴⁰⁾: aldrin, endrin, dieldrin, BHC/HCH, lindano, canfecloro, toxafeno, 2,4,5-T, DDT, paratión etílico, paratión metílico, monocotofós, binapacril, dinoseb, fluoroacetamida, heptacloro, dicloruro de etileno, captafol, clorobencilato, hexaclorobenceno, pentaclorofenol, clordano, dibromuro de etileno, clordimeform, compuestos de mercurio, fosfamidón, mirex, sales de dinoseb, óxido de etileno, DNO₂ (dinitroortocresol).

Los plaguicidas agrícolas restringidos aldicarb, paraquat, metamidofós, etilenglicol o dietilenglicol, y los de tipo arsenical sólo para ser usados en el cultivo del algodón.

El Perú suscribió el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) el 23 de mayo de 2001 y lo ratificó el 10 de agosto de 2005. Este convenio establece que se debe eliminar la producción y utilización de 12 COP, por lo que cada país está obligado a elaborar un Plan Nacional de Implementación para el cumplimiento de las obligaciones establecidas por el convenio, lo que implica que se debe vigilar la presencia de los COP en los lugares de mayor contaminación con plaguicidas, bifenilos policlorados (PCB), dioxinas y furanos.

Los COP son compuestos químicos con propiedades tóxicas, es decir que a bajas concentraciones, afectan gravemente la salud de las personas, animales y al ambiente; persistentes porque permanecen mucho tiempo en el ambiente, resistiendo la degradación solar, química y biológica; y bioacumulables porque se acumulan en los tejidos grasos a través de la ingestión en los organismos. Entre los COP más importantes por sus efectos adversos en la salud humana y el ambiente están:

Los plaguicidas. DDT, mirex (declorano), aldrin, dieldrin, endrin, clordano, heptacloro, toxafeno y hexaclorobenceno. La importación y uso de estos plaguicidas está prohibida en Perú a partir del año 1991, a través de resoluciones gubernamentales ministeriales específicas N.º 09-91 y N.º 014-99.

Los productos de uso industrial. Bifenilos policlorados (PCB), materiales sintéticos y estables con alto punto de ebullición y con propiedades de aislante eléctrico. Se han utilizado tradicionalmente en los equipos eléctricos como lubricantes, refrigerantes, transformadores, condensadores, así como en otras actividades industriales para la producción de plastificantes, pigmentos, tintas, entre otros.

Las dioxinas y furanos. Policlorodibenzo-p-dioxinas (PCDD) y policlorodibenzofuranos (PCDF), son sustancias que se generan de forma no intencional por la combustión incompleta de materiales clorados como el policloruro de vinilo (PVC) así como la fabricación de algunos plaguicidas y otros productos químicos. Las potenciales fuentes generadoras de estos contaminantes son: quema de residuos sólidos en las áreas urbanas y rurales, quemas a cielo abierto en botaderos de basura, incendios forestales, fabricación de papel, plástico, vidrios y plantas térmicas.

ANÁLISIS Y CONTROL

Actualmente, las normas sobre aire están referidas a los contaminantes primarios^(16,19) como CO, NO₂, SO₂, plomo, ozono, PM-10, PM-2,5 y H₂S, mientras que para el agua, la

Ley General del Agua ⁽²⁰⁾ y el ECA ⁽²⁴⁾ incluyen 24 sustancias generales, 20 inorgánicas y 33 orgánicas. Para agua potable, algunas normas existentes ^(41,42) deben ser actualizadas ya que permiten concentraciones altas de elementos tóxicos que podrían estar causando daños a la salud.

En el Perú se comenzó a desarrollar desde los años 90, la capacidad analítica nacional, especialmente en la capital. Las técnicas de análisis tradicionales eran gravimétricas, volumétricas y espectrofotométricas para agua y aire, pero a comienzos de esa década se comenzó a realizar análisis con las técnicas de absorción atómica y cromatografía de gases ⁽⁴³⁾.

Para cada parámetro que se quiere determinar es necesario aplicar un método analítico específico que satisfaga los objetivos del cliente. Si se trata por ejemplo de la vigilancia de la calidad del agua, el objetivo será garantizar el cumplimiento de las normas ambientales peruanas como los ECA, la Ley General de Aguas y los reglamentos sectoriales que establecen los límites máximos permisibles de descargas al ambiente. Los métodos de análisis que realicen los organismos encargados como la Dirección General de Salud del Ministerio de Salud (www.digesa.gob.pe) por un lado, y por otro lado el Ministerio de Energía y Minas, el viceministerio de industrias, el viceministerio de pesquería, los organismos reguladores y las propias industrias, deben responder a las especificaciones de las normas y garantizar que las concentraciones de las sustancias contaminantes puedan ser medibles por debajo del valor especificado, pues sólo así podrán ser controladas.

Para la aplicación de cualquier método de análisis, es importante saber lo que se va a medir y que se va a hacer con los resultados; una serie de factores como el procedimiento de muestreo, la selección del método, los equipos de medición, los materiales, los reactivos, el personal, el manejo de los datos, los cálculos y los reportes finales van a influir grandemente en el resultados que se entregará al cliente.

Uno de los factores críticos en el país es la capacidad profesional del personal del laboratorio, que debe estar capacitado, tener experiencia, actitud y habilidades para manejar los aspectos del ensayo y la calibración. Los profesionales que se requiere en los laboratorios analíticos deben tener sólidos conocimientos de química analítica, de química orgánica e inorgánica y de instrumentación. Ello se hace evidente por la variedad y complejidad de los compuestos que se tendrá que analizar y vigilar, y porque los contaminantes, especialmente los de tipo orgánico, se encuentran a nivel de trazas, concentraciones de partes por trillón (ppt) o picogramos (10^{-9} gramos por litro) o, partes por billón (ppb) o microgramos (10^{-6} gramos por litro) en el agua, aire y suelo.

Muchas personas suelen pensar que el análisis de cualquier parámetro se realiza en unos minutos y que es cuestión de introducir la muestra en el analizador y nada más, pero la realización de la mayoría de análisis químicos demanda un tiempo que depende principalmente del tratamiento de la muestra; hay análisis que pueden requerir hasta 24 horas, ya sea por el término de la reacción involucrada o por la demanda del procedimiento. Para el análisis químico de compuestos orgánicos e inorgánicos, sólo el tratamiento de la muestra involucra el 61% del tiempo de análisis y 27% lo requiere el tratamiento de los datos, mientras que la medición y la toma de muestras representan el 12% ^(44, 45).

Se debe saber que para garantizar los resultados, los métodos de análisis deben ser validados o verificados, es decir que deben tener la confirmación, a través del examen y el aporte de evidencias objetivas, que se cumplen los requisitos particulares para un uso específico previsto. Un buen método debe especificar el rango y la exactitud de los valores que se obtienen: límite de detección, límite de cuantificación, linealidad, selectividad, repetibilidad, reproducibilidad, robustez ante influencia externas o interferencias provenientes de la naturaleza de la muestra. Los laboratorios de ensayo nacionales deben tener un sistema de aseguramiento de calidad para garantizar sus resultados y tener la acreditación que da el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y Propiedad Intelectual (INDECOP) u otro organismo certificador.

El análisis de elementos inorgánicos o metales se lleva a cabo actualmente por el método absorción atómica con las técnicas acopladas de generación de hidruros, de horno de grafito (electrotérmica) y de llama, por lo que puede analizarse todos los metales a los niveles requeridos por las normas ambientales. También existen las metodologías de ICP o plasma inductivamente acoplado, de emisión óptica o de espectrometría de masas, el último para la determinación de todos los metales con niveles muy bajos de cuantificación. Para manejar estos equipos se requiere de personal sumamente especializado, descripción que corresponde a los profesionales químicos.

El análisis de los compuestos orgánicos presentes en el ambiente se realiza en el país con menor frecuencia que los análisis de tipo general y de metales; sin embargo, son los más numerosos tanto en complejidad como en toxicidad, pero por otro lado, su análisis es también más complejo, requieren más horas-hombre y son más costosos. Las metodologías de análisis son principalmente la cromatografía de gases y la cromatografía líquida, dotados de detectores específicos o detectores de masas, según el tipo de compuesto; por ejemplo, si son plaguicidas organoclorados, fosforados o volátiles tipo trihalometanos o BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno, xileno) tendrán acoplados distintos detectores, con técnicas, procedimientos y requerimientos diferentes.

El problema que identificamos en cuanto al control de los compuestos orgánicos en el país, es la poca capacidad para realizar la vigilancia de la contaminación y los análisis de las muestras ambientales de agua, aire, alimentos, así como de muestras biológicas, en particular en relación con los COP, especialmente las dioxinas y furanos, pero en general para los diversos tipos de compuestos orgánicos mencionados en este artículo.

El análisis de dioxinas y furanos se lleva a cabo por cromatografía de gases de alta resolución debido a las cantidades muy pequeñas de dichos compuestos, tóxicos a niveles presentes en muestras ambientales. La EPA, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, realiza el análisis de dioxinas y furanos mediante el método EPA 1613 de dilución isotópica por cromatografía de gases de alta resolución, con detector acoplado de espectroscopía de masas de alta resolución (GC-MS/MS) ⁽⁴⁶⁾. Los límites de detección y límites de cuantificación dependen del nivel de las interferencias, más que de las limitaciones de los instrumentos. El límite de detección de este método para el 2,3,7,8-TCDD sin interferencias ha sido determinado como 4,4 picogramos por litro, es decir $4,4 \times 10^{-9}$ g/L y es hasta ahora el método de análisis más sensible.

CONCLUSIONES

En el país no se conoce con precisión el nivel de contaminación por sustancias orgánicas tóxicas que puedan estar presentes en el ambiente a causa de la contaminación industrial, agrícola y doméstica, dado que son muy variadas y provienen de distintas fuentes, tanto puntuales como difusas.

Sin descuidar el control de metales y sustancias inorgánicas tóxicas, es necesario promover tanto una mayor demanda de este tipo de análisis, y a la vez un mayor desarrollo de la capacidad de análisis de compuestos orgánicos. El conocimiento preciso de ellos ayudará a determinar las causas precisas de la contaminación, qué problemas se están presentando y qué compuestos habrá que vigilar para el control de la contaminación y la aplicación de medidas correctivas necesarias, para la preservación de los recursos naturales del país y de nuestro ambiente.

Es necesario exigir también que los laboratorios nacionales, tanto en Lima como en provincias, tengan implementados sistemas de aseguramiento de la calidad de sus resultados y, en el mediano plazo, se acrediten ante el organismo competente, para que se genere la confianza en los resultados por parte de la sociedad civil y los grupos de interés que participan en el cuidado del ambiente. Asimismo, la calidad y competitividad de los laboratorios nacionales será un factor económico importante en la certificación de productos de exportación, importación y consumo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ramírez A, León T. Impacto del crecimiento industrial en la salud de los habitantes de una ciudad minera del Perú. *An Fac Med (Lima)*. 2004; 65(2): 111-18.
- Castro de Esparza ML, Flórez A. Evaluación de riesgos para la salud por el uso de las aguas residuales en agricultura. Aspectos microbiológicos. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente; 1990.
- Ramos W, Galarza C, De Amat F, Pichardo L, Ronceros G, Juárez D, et al. Queratosis arsenical en pobladores expuestos a relaves mineros en altura en San Mateo de Huanchor: ¿sinergismo entre arsenicismo y daño actínico crónico? *Dermatol Peru*. 2006; 16(1): 41-45.
- Devine GJ, Eza D, Ogusuku E, Furlong MJ. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2008; 25(1): 74-100.
- San Sebastian M, Armstrong B, Stephens C. La salud de las mujeres que viven cerca de pozos y estaciones de petróleo en la Amazonía ecuatoriana. *Rev Panam Salud Publica*. 2001; 9(6): 375-84.
- Ballester F, Peiró R. Transporte, medio ambiente y salud. Informe SESPAS 2008. *Gac Sanit*. 2008; 22(Suppl 1): 53-64.
- Ezzati M, Kammen DM. The health impacts of exposure to indoor air pollution from solid fuels in developing countries: knowledge, gaps, and data needs. *Environ Health Perspect*. 2002; 110(11): 1057-68.
- Fullerton DG, Bruce N, Gordon SB. Indoor air pollution from biomass fuel smoke is a major health concern in the developing world. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 2008; 102(9): 843-51.
- Matt GE, Quintana PJ, Hovell MF, Bernert JT, Song S, Novianti N, et al. Households contaminated by environmental tobacco smoke: sources of infant exposures. *Tob Control*. 2004; 13(1): 29-37.
- Rivas E, Barrios S, Dorner A, Osorio X. Fuentes de contaminación intradomiciliaria y enfermedad respiratoria en jardines infantiles y salas cuna de Temuco y Padre Las Casas. *Rev Med Chile*. 2008; 136(6): 767-74.
- Dales R, Liu L, Wheeler AJ, Gilbert NL. Quality of indoor residential air and health. *CMAJ*. 2008; 179(2): 147-52.
- Schoof RA, Houkal D. The evolving science of chemical risk assessment for land-applied biosolids. *J Environ Qual*. 2005; 34(1): 114-21.
- Iwata H, Kim EY, Yamauchi M, Inoue S, Agusa T, Tanabe S. Chemical contamination in aquatic ecosystems. *Yakugaku Zasshi*. 2007; 127(3): 417-28.
- Burger J. Methods for and approaches to evaluating susceptibility of ecological systems to hazardous chemicals. *Environ Health Perspect*. 1997; 105(Suppl 4): 843-48.
- Handy RD, von der Kammer F, Lead JR, Hasselöw M, Owen R, Crane M. The ecotoxicology and chemistry of manufactured nanoparticles. *Ecotoxicology*. 2008; 17(4): 287-314.
- Perú, Presidencia del Consejo de Ministros. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM: Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire. Lima: Presidencia del Consejo de Ministros; 2001.
- Perú, Ministerio de Salud. Decreto Supremo N° 009-2003-SA. Reglamento de los niveles de estados de alerta nacionales para contaminantes del aire. Lima: Ministerio de Salud; 2003.
- Perú, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Decreto Supremo N° 047-2001-MTC. Establecen límites máximos permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones; 2001.
- Perú, Presidencia del Consejo de Ministros. Decreto Supremo N° 069-2003-PCM: Establecen valor anual de concentración de plomo. Lima: Presidencia del Consejo de Ministros; 2003.
- Perú, Congreso de la República. Decreto Ley N° 17752: Ley general de aguas. Lima: Congreso de la República; 1969.
- Perú, Presidencia del Consejo de Ministros. Decreto Supremo N° 044-98-PCM: Reglamento nacional para la aprobación de estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles. Lima: Presidencia del Consejo de Ministros; 1998.
- Perú, Consejo Nacional del Ambiente. Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y su estrategia de implementación. Lima: CONAM; 2007.
- Perú, Ministerio del Ambiente. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua. Lima: Ministerio del Ambiente; 2008.
- Perú, Presidencia del Consejo de Ministros. Decreto Legislativo N° 1062: Ley de inocuidad de los alimentos. Lima: Presidencia del Consejo de Ministros; 2008.
- Torres Rodríguez MT, García Melián M, Hernández MT, Sardiñas Peña O, Martínez Varona M, Brown LA. Perfiles toxicológicos de contaminantes químicos peligrosos. *Rev Cubana Hig Epidemiol*. 2002; 40(1): 132-35.
- Holt MS. Source of chemical contaminants and routes into the freshwater environment. *Food Chem Toxicol*. 2000; 38 (1 Suppl): S21-27.
- de Rosa CT, El-Masri HA, Pohl H, Cibulas W, Mumtaz MM. Implications of chemical mixtures in public health practice. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2004; 7(5): 339-50.
- Karr CJ, Solomon GM, Brock-Utne AC. Health effects of common home, lawn, and garden pesticides. *Pediatr Clin North Am*. 2007; 54(1): 63-80.
- Avila J, Honorio L, Chira C, Samatelo H, Urbano C. Intoxicación aguda por inhalación de acrilato de etilo. Lima 2002. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2005; 22(4): 267-73.

30. **Yang CY.** Air pollution and hospital admissions for congestive heart failure in a subtropical city: Taipei, Taiwan. *J Toxicol Environ Health A.* 2008; 71(16): 1085-90.
31. **Petersen MS, Halling J, Bech S, Wermuth L, Weihe P, Nielsen F, et al.** Impact of dietary exposure to food contaminants on the risk on Parkinson's disease. *Neurotoxicology.* 2008; 29(4): 584-90.
32. **Wogan GN, Hecht SS, Felton JS, Conney AH, Loeb LA.** Environmental and chemical carcinogenesis. *Semin Cancer Biol.* 2004; 14(6): 473-86.
33. **Anderson LM.** Environmental genotoxicants/carcinogens and childhood cancer: bridgeable gaps in scientific knowledge. *Mutat Res.* 2006; 608(2): 136-56.
34. **Carpenter DO.** Environmental contaminants as risk factors for developing diabetes. *Rev Environ Health.* 2008; 23(1): 59-74.
35. **Rushton L.** Occupational causes of chronic obstructive pulmonary disease. *Rev Environ Health.* 2007; 22(3): 195-212.
36. **Balmes JR.** Occupational contribution to the burden of chronic obstructive pulmonary disease. *J Occup Environ Med.* 2005; 47(2): 154-60.
37. **Villena J.** Fuentes de agua y contaminación fisicoquímica. *Acad Nac Med (Lima).* 2006; 49-56
38. **Prüss-Üstün A, Corvalan C.** Preventing disease through healthy environments. Towards an estimate of the environmental burden of disease. Geneva: WHO; 2006.
39. **Dirección General de Salud Ambiental.** Programa de vigilancia de la calidad del aire de Lima y Callao [documento en internet]. [Fecha de acceso: 15 octubre de 2008]. Disponible en: www.digesa.minsa.gob.pe/aire_LC.htm
40. **Perú, Servicio de Sanidad Agraria.** Listado de plaguicidas agrícolas por nombre común del ingrediente activo cuyo registro se encuentra restringido o prohibido en el Perú. Lima: SENASA; 1999.
41. **Perú, Presidencia de la República.** Resolución Suprema del 17-12-46: Reglamento de los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables. Lima: Presidencia de la República; 1946.
42. **Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas.** Norma Técnica N° 214.003. Establece requisitos físicos, químicos y organolépticos que debe cumplir el agua para ser considerada potable. Lima: ITINTEC; 1987.
43. **Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.** La calidad del agua potable en el Perú. Lima: SUNASS/JICA; 2004.
44. **Majors RE.** An overview of sample introduction and sample preparation of volatile organic compounds. *LC GC.* 1999; 17(9S): S7-13.
45. **Majors RE.** An overview of sample preparation methods for solids. *LC GC.* 1999; 17(6S): S8-13.
46. **US Environmental Protection Agency.** Method 1613: Tetra-through octa-chlorinated dioxins and furans by isotope dilution HRGC/HRMS. Washington DC: EPA; 1994.

Correspondencia: Quim. M. Sc. Betty Chung Tong
 Dirección: Av. Reynaldo Vivanco 218, Dpto. 202, Surco, Lima-Perú
 Teléfono: (511) 997932982 – (511) 999658701
 Correspondencia: pbchung@hotmail.com

Suscríbete en forma electrónica y gratuita a los contenidos de la Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, ingresa a www.ins.gob.pe, selecciona el icono de la revista y envíanos tus datos.

The screenshot shows the website of the Instituto Nacional de Salud (INS) of Peru. At the top, there is a banner with the text 'Suscríbete en forma electrónica y gratuita a los contenidos de la Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, ingresa a www.ins.gob.pe, selecciona el icono de la revista y envíanos tus datos.' Below the banner is the website's header, which includes the INS logo, the name 'MINISTERIO DE SALUD DEL PERÚ Instituto Nacional de Salud', and the slogan 'Investigamos para proteger la salud'. The main navigation menu includes 'Inicio', 'Contáctenos', 'Mapa del Sitio', 'INS', 'Intranet', 'Consulta Documentos', and 'Tour Virtual'. The date 'Lunes, 6 de setiembre de 2007' is displayed on the right. The page is divided into several sections: 'Investigación y Ética', 'Vigilancia Laboratorial', 'Capacitación', 'Productos', 'Servicios', 'Publicaciones', 'Acerca del INS', and 'Transparencia INS'. The 'Imagen de la Semana' section features a photo of a conference. The 'Noticias' section contains a news item about the officialization of the committee for natural products. The 'Temas de Actualidad' section highlights 'MORDEDURA DE ARÁÑAS'. The 'Servicios Web' section includes icons for 'NETLab', 'Ensayos Clínicos', 'Fichas', 'Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública', and 'Acceso'. A mouse cursor is pointing at the 'Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública' icon.