

# Tóxicos ambientales y salud: Intervención educativa

## *Health and Environment Toxic: Educative Intervention*

Msc. Lourdes María Moreno-LLechú<sup>1</sup>, Msc Neibys Vega-Pulido<sup>1</sup>, Msc. Yanetsy Bazo-Toscano<sup>1</sup>,

Msc. Judith Cuevas-Guerra<sup>1</sup>, Dra.Lizzie Hernández<sup>1</sup>

[neibys@factecno.cmw.sld.cu](mailto:neibys@factecno.cmw.sld.cu); [ybt@factecno.cmw.sld.cu](mailto:ybt@factecno.cmw.sld.cu); [jcg@factecno.cmw.sld.cu](mailto:jcg@factecno.cmw.sld.cu)

<sup>1</sup>*\*Policlínico Universitario "Julio A. Mella", Camagüey, Cuba; \*\*Facultad de Tecnología de la Salud, Camagüey, Cuba*



### ● Resumen

La contaminación de ríos y arroyos por contaminantes químicos se ha convertido en uno de los problemas ambientales más graves de nuestra sociedad. El desarrollo cada vez más intenso de los procesos tecnológicos industriales en que se emplean metales y los residuales que se arrojan diariamente hacia los mares, ríos y lagos, contribuyen en gran medida a la contaminación metálica del ambiente, y con ello de los alimentos, que son después consumidos por la población humana. Teniendo en cuenta la importancia y actualidad del tema se realiza una intervención educativa con los estudiantes de la especialidad de Tecnología de la Salud, de los perfiles: Higiene y epidemiología, Nutrición y dietética y Atención estomatológica en el municipio de Camagüey, con el objetivo de contribuir a través de la adquisición de conocimientos sobre contaminantes ambientales (metales pesados en el entorno hídrico), al desarrollo en estos de una conciencia ambientalista, elevación de la calidad de vida, así como solidez de conocimientos y profundización de valores en las nuevas generaciones. Los riesgos como consecuencia de los fenómenos naturales o provocados por las actividades humanas están íntimamente relacionados con la naturaleza de los mismos. En todos los casos se hacen necesario priorizar los servicios de saneamiento básico esenciales para garantizar la salud de la población.

Palabras clave: salud ambiental, contaminación ambiental, control, área de la salud.

### ● Abstract

The contamination of rivers and brooks for contaminating chemicals has become more grave one of the environmental problems of our society. More and more intense development of technological processes industrials in that metals are used and the residual that throw themselves daily toward seas, rivers and contribute lakes to a large extent to metallic contamination of the environment with it that they are and of foodstuff after consumed for the human population. Taking into account the importance and present time of the theme accomplishes an educational intervention with the students of Tecnología's specialty of the Health of profiles, itself: Hygiene and epidemiology, Nutrición and dietetics and Attention estomatological at Camagüey's municipality for the sake of contributing to crosswise of the acquisition of knowledge on environmental contaminants (metals weighed at the hydric surroundings) to development in these of a conscience ambientalista, elevation of the quality of life, as well as solidity of knowledge and deepening of moral values in new generations. Risks as a consequence of natural phenomena or provoked for human activities they are intimately related to the nature of the same. In all cases they make necessary priorizar the essential services of basic sanitation to guarantee the population's health.

Keywords: mesh environmental health, environmental pollution, control, health occupations.

## ● Introducción

Los metales pesados ocupan un lugar importante en el desequilibrio del medio químico original, portadores de una intensa carga de toxicidad, no solamente para el hombre sino para la flora y fauna que rodea a este. La contaminación de ríos y arroyos por contaminantes químicos se ha convertido en uno de los problemas ambientales más graves de nuestra sociedad ya que trae como consecuencia serias afectaciones a la salud /1, 2/.

La salud ambiental ha sido definida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como la rama de la salud pública que se ocupa de las formas de vida, las sustancias, las fuerzas y las condiciones del entorno del hombre, que pueden ejercer influencia sobre su salud y bienestar. Este concepto incluye a las otras personas como parte del entorno de un individuo.

El concepto de salud ambiental, por tanto, está íntimamente ligado a los de medio ambiente, ecología y riesgo. Entendemos por medio ambiente el conjunto de todas las condiciones externas e influencias a las cuales un sistema está sometido. La ecología es el estudio de las relaciones entre los organismos vivos (sistemas bióticos) y entre estos y su medio ambiente /3/.

La Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud, celebrada en Alma Atá en 1978, definió entre las prioridades nacionales con vistas a alcanzar la Salud Para Todos, cuestiones tales como el mejoramiento del medio ambiente humano, expresado mediante el abastecimiento de agua potable, la creación de sistemas de evacuación de desechos, la lucha contra la contaminación del aire y el mejoramiento de la vivienda y el saneamiento básico /3, 4/.

El nivel de salud ambiental está íntimamente ligado al grado de desarrollo socioeconómico, por lo que los problemas más graves se presentan en los países del llamado Tercer Mundo, aunque los desarrollados tampoco están exentos de situaciones que inciden sobre la salud de su población.

En una publicación de AIDIS a finales de la pasada década se señalaba que en las zonas urbanas

de Asia, África y América Latina los principales problemas sanitarios que se presentan en los países con un bajo nivel de desarrollo pueden resumirse en: dotación insuficiente de sistemas públicos de abastecimiento de agua y mala calidad sanitaria de la misma, generalmente por contaminación biológica en las fuentes de abasto, evacuación de residuales líquidos y desechos sólidos sin control sanitario, alto índice de infestación por artrópodos y roedores, déficit en la cantidad y calidad de los alimentos, insuficiente disponibilidad de viviendas y malas condiciones de habitabilidad en un alto porcentaje de las mismas y malas condiciones laborales en centros de trabajo, lo que se traduce en un alto riesgo de accidentes y enfermedades profesionales /3, 4/.

El grado de desarrollo tiene, por tanto, una determinada repercusión en la situación de salud, al estar expuesta la población a los factores de riesgo físico, químico, biológico y psicosociales presentes en cada caso. Así se puede ver cómo, en las regiones con un bajo nivel de desarrollo socioeconómico, hay un predominio de las enfermedades transmisibles y carenciales, con una alta morbilidad y mortalidad general, la expectativa de vida al nacer es baja y la mortalidad infantil alta. Otra muy diferente es la situación en los países desarrollados: predominio de las enfermedades crónicas no transmisibles y los accidentes, menor morbilidad y mortalidad general, esperanza de vida alta y bajos índices de mortalidad infantil /5, 6/.

En lo referente a la cobertura de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo para la población, es necesario enfatizar que en la información estadística que ofrecen los organismos internacionales se incluye el concepto "acceso al agua", que en algunos casos significa el acarreo desde una fuente de abasto lejana hasta la vivienda /1/.

Las sustancias químicas presentes en el agua pueden clasificarse, según su impacto en la salud, en: sustancias que forman parte esencial de la dieta (flúor, iodo, selenio), sustancias que pueden provocar toxicidad aguda o crónica por su consumo (nitratos, cianuro, ciertos metales: arsénico, mercurio, plomo y cadmio) y sustancias genotóxicas que pueden causar efectos carcinogénicos, mutagénicos o teratogénicos (plaguicidas, arsénico, compuestos orgánicos) /1, 2/.

Los principales grupos de riesgo están constituidos por la población consumidora del agua, en general, con efectos más ostensibles en los niños y ancianos. Cada año mueren varios millones de personas en el mundo por beber agua contaminada. En Cuba existe un programa de Vigilancia de la Calidad sanitaria del agua de consumo, garantizando la salud del pueblo.

En la actualidad, los problemas de abastecimiento de agua y de evacuación de excretas y residuales líquidos en los países con bajo nivel de desarrollo están determinados por una situación que debe ser analizada desde los siguientes aspectos: Insuficiente cobertura de los servicios, mala calidad del agua de consumo, deficiente control sanitario de los sistemas, incorrecta operación y mantenimiento, legislación sanitaria inadecuada y poca cultura sanitaria de la población /7/.

Es común pensar que aunque las aguas de vertimiento tengan los valores exigidos por las regulaciones sanitarias, los daños al ecosistema no son significativos. Para los agentes mutágenos y cancerígenos y los metales pesados que están dentro de ellos no hay umbral inferior del efecto mutágeno o carcinogénico por lo que no existe certeza para deducir a que nivel comienza a presentarse este fenómeno, peligroso alarmante para las generaciones siguientes de organismos vivos.

Teniendo en cuenta la importancia y actualidad del tema se decide realizar una intervención educativa con los estudiantes de la especialidad de Tecnología de la Salud, de los perfiles: Higiene y epidemiología, Nutrición y dietética y Atención estomatológica en el municipio de Camagüey con el objetivo de contribuir a través de la adquisición de conocimientos sobre contaminantes ambientales (metales pesados en el entorno hídrico) al desarrollo en estos de una conciencia ambientalista, elevación de la calidad de vida, así como solidez de conocimientos y profundización de valores en las nuevas generaciones /1, 2/.

### **Objetivo**

· contribuir a través de la adquisición de conocimientos sobre contaminantes ambientales (metales pesados en el entorno hídrico) al desarrollo

en estos de una conciencia ambientalista, elevación de la calidad de vida, así como solidez de conocimientos y profundización de valores en las nuevas generaciones.

### **● Materiales y métodos**

Se realizó una intervención educativa en la Facultad de Tecnología de la Salud Octavio de la Concepción y de la Pedraja de la Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey, con estudiantes de los perfiles de Higiene y Epidemiología, Nutrición y dietética y Atención estomatológica, con el objetivo de contribuir a través de la adquisición de conocimientos sobre contaminantes ambientales (metales pesados en el entorno hídrico) al desarrollo en estos de una conciencia ambientalista, elevación de la calidad de vida, así como solidez de conocimientos y profundización de valores en las nuevas generaciones.

Para la selección de los perfiles se tuvo en cuenta que tanto las especialidades de Higiene como Nutrición son las que comprenden en su perfil del egresado la afinidad necesaria con el tema tratado en esta investigación, en el caso de atención estomatológica se decidió incluirla en la intervención debido a que están expuestos de manera directa a la contaminación por metales pesados (Hg y Pb).

Esta intervención se realiza haciendo un análisis de la contaminación de recursos hídricos por metales pesados, sus efectos en el medio ambiente, su absorción en el organismo y su repercusión en la salud, utilizando los métodos del nivel teórico, el analítico sintético, inductivo deductivo y el histórico-lógico apoyándonos en charlas educativas como una vía para educar a las nuevas y futuras generaciones en el cuidado de la salud y el medio ambiente posibilitando incidir de forma positiva en la comunidad donde se desenvuelven estos estudiantes.

El desarrollo cada vez más intenso de los procesos tecnológicos industriales en que se emplean metales y los residuales que se arrojan diariamente hacia los mares, ríos y lagos contribuyen en gran medida a la contaminación metálica del ambiente y con ello de los alimentos que son después consumidos por la población humana.

El enfoque del problema debe ser de limpieza total de las aguas y el confinamiento de los residuos de forma tal que ocasionen el menor daño posible. Jugaría un importante rol en este sentido la recuperación y reemplazo de estas sustancias tóxicas.

Para una industria este criterio podría ser realizable, sin embargo en la agricultura esta filosofía de trabajo resulta más embarazosa y difícil. Por ello, este sector es uno de los que más colabora en la contaminación del medio. Conspira, además de forma general, el problema económico del costo de la recuperación y purificación que gravita sobre el valor de la producción principal. Son conocidos los graves problemas que ocasionan al organismo humano los excesos y en casos particulares los defectos de metales pesados como el Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, etcétera.

Dentro de algunos de los problemas conocidos que ocasionan están: alteraciones en las biomembranas (alteración en la biopermeabilidad, supresión del circuito de transporte de los electrones en la célula) debido a la presencia de metales pesados (Cu, Zn, etcétera) y sus compuestos complejos (órgano metálicos) que dificultan el funcionamiento de los sistemas reguladores a nivel celular y el suministro de energía a ésta.

La aparición de cáncer en el estómago está relacionado positivamente con la presencia de Zn. Se plantea que la próstata es el tejido corporal con mayor nivel de Zn; el cáncer de esta glándula reduce el contenido de Zn. El beriberi manifiesta una marcada reducción de niveles de Zn en sangre.

El Pb y el Hg afectan la conducta del ser humano etcétera. De esta forma pueden ejemplificarse los daños reales y potenciales de este tipo de sustancia.

Desde el punto de vista personal, la presencia de metales pesados en agua potencia el peligro al ser humano debido a la diversidad de formas que pueden ser bioasequibles por la infinidad de estructuras químicas y grupos funcionales presentes en el organismo. Lo anterior reafirma el criterio de que la toxicidad de metales pesados en el medio acuático depende mucho de la forma en que estos se encuentren asociados.

Los estudios de especiación de metales juegan un importante rol en el conocimiento de las formas de existencia en el medio. Reafirma esta necesidad el hecho de que el 80 % de los casos de cáncer en el hombre son debidos a factores medio ambientales. Existe pues suficiente motivo para la reflexión científica.

En el medio ambiente los metales pesados, debido a sus configuraciones electrónicas, son capaces de adsorberse en material particulado, en medio acuoso son capaces de combinarse de distintas formas con entidades químicas diversas, entre ellas: ácidos húmicos, sulfatos, sulfuros e hidrogenosulfuros, carbonatos e hidrogenocarbonato, amoníaco disuelto, oxidrilos, halogenuros, nitritos, aminas, grupos alquilo y arilo y otras partículas orgánicas que hacen de ellos un grupo de extraordinaria diversidad y bioasequibilidad. Son transformados por microorganismos y otras especies que colaboran en su forma de presentación al medio: bioalquilación que le imprime mayor volatilidad que al metal solo y mejor bioasimilación.

### ***Cd (Cadmio)***

Considerado por la EPA (Environmental Protection Agency) como un metal cancerígeno. Se acumula en concentración de 40 µg/día, una persona de 40 a 60 años puede llegar a contener 300 mg de Cd, la mitad del mismo en el hígado y el riñón.

Los cigarrillos constituyen una importante fuente de cadmio para el hombre. 20 cigarrillos por día pueden acumular hasta 40 µg de Cd por vía oral. Cantidades considerables pueden ser incorporadas al organismo a través de alimentos de origen animal, y en las bebidas tiene efecto sinérgico en la absorción cuando hay baja proporción de Fe en sangre y deficiencias de proteína.

Una vez en el organismo, se concentra principalmente en el hígado y riñones, en menor medida en el páncreas y glándulas salivales. La principal vía de excreción es la orina.

Los síntomas de intoxicación por cadmio incluye: náuseas, salivación, vómitos, dolores abdominales, dolor de cabeza, etcétera. La ingestión de cantidades considerable de Cd deforma el esqueleto humano y



produce dolores intensos, en ocasiones cáncer en próstata, pulmón y cáncer en general.

### **Cobre (Cu)**

El cobre es un metal de alta toxicidad para las plantas acuáticas ya se observan síntomas de inhibición del crecimiento a concentraciones inferiores a 0,1 mg/L. Las algas verdes-amarillas son muy sensibles a la presencia del Cu, dificultando la fijación de nitrógeno. La toxicidad del cobre para las plantas disminuye si existen agentes complejantes en el entorno hídrico.

Para los invertebrados (de agua dulce y salobre) el cobre es muy tóxico. En determinadas condiciones, el efecto letal del cobre (muerte del 50 % de la población considerada) se observa ya en concentraciones de 0,006 mg/L, siendo la toxicidad mayor en agua dulce que salobre.

El Cu para peces de agua dulce generalmente es más tóxico que otros metales pesados, excluyendo al Hg. La magnitud de la dosis letal ( $LD_{50}$ ) en dependencia del medio se mueve entre 0,017-1mg. Pero un aumento en la dureza del agua puede aumentar la dosis letal ( $LD_{50}$ ) hasta 3 mg/L.

Para los peces marinos la capacidad de complejar el Cu por las sustancias disueltas disminuye la toxicidad del cobre para peces marinos. Se ha observado que el 30 % de algunos peces en 96h mueren por la acción de 8 mg/L de Cu. En agua dulce las especies más tóxicas del Cu son:  $Cu^{2+}$ ,  $CuOH^+$ ,  $Cu_2(OH)_2^{2+}$ .

Por su acción conjunta, la dosis letal para 96 h de exposición  $LD_{50}$  se mueve entre 0,00009-0,23 mg/L. Con una dureza de 12 mg/L la concentración letal para algunas clases de peces se eleva hasta 10-50 mg/L.

### **Humanos**

El Cu para el ser humano no es un tóxico agudo. El cobre pocas veces se enlaza con proteínas con grupos que contienen azufre. En algunos casos el déficit de cobre en el organismo simula una intoxicación crónica para la persona que la padece. No se han establecido en el cobre propiedades mutagénicas ni cancerogénicas.

### **Arsénico**

Los efectos tóxicos del arsénico y sus compuestos en humanos se conocen desde la antigüedad, y por ello, los arsenicales fueron utilizados en la edad media como agentes homicidas y suicidas.

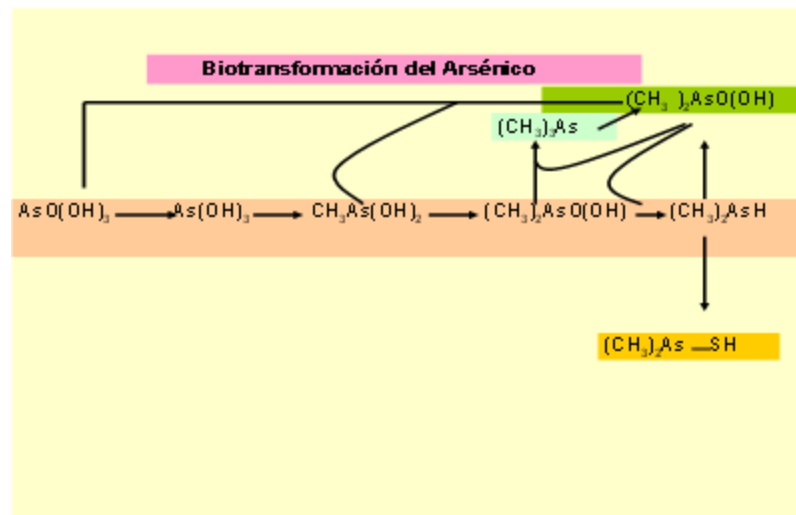
El arsénico es un sólido quebradizo, cristalino, de color gris acero con propiedades metaloides, que sublima fácilmente, formando vapores amarillos muy tóxicos de color oleáceo. Pertenece al subgrupo V\_B la tabla periódica, lo que le confiere una configuración electrónica  $ns^2np^3$ , por lo que forma compuestos estables con números de oxidación -3, 0, +3, +5.

Los compuestos inorgánicos de arsénico son muy tóxicos cuando se ingieren en grandes cantidades, ocurriendo la intoxicación crónica por este metal en el hombre, con acumulación del mismo en los tejidos, como consecuencia de la exposición profesional al mencionado elemento y de una contaminación industrial excesiva de los alimentos y las bebidas.

Según expertos de la agencia internacional del cáncer, el arsénico y sus compuestos poseen propiedades cancerígenas para el hombre, y de acuerdo con la vía de entrada al organismo, se ha reportado cáncer en piel, pulmón y las vías respiratorias.

La mayor parte del arsénico que existe en el agua y en el medio proviene de la actividad humana. Los productos generados por el hombre incluyen el arsénico metálico, el pentóxido y el trióxido de arsénico, los arseniatos de calcio y plomo; los arsenicales orgánicos, etcétera. Estas sustancias pasan al medio ambiente durante su empleo como: insecticidas o herbicidas, aleaciones de plomo y cobre, fabricación de semiconductores, fundiciones de minerales emisiones debidas a los hornos de las fabricas que usan carbón ;los de la producción de vidrio u otros procesos de combustión, industria farmacéutica y como preservantes de la madera.

El arseniato inhibe la síntesis del adenosintrifosfato (ATF). En el agua se presentan como As(V) y As(III), también enlazado con el carbono. Se presenta en algunos ríos y embalses a concentraciones entre 0,15-0,45mg/L.



**Fig. 1 Biotransformación del arsénico.**

### Mercurio

Es un elemento metálico que, junto al cadmio y al zinc, se ubica en el grupo II-B de la tabla periódica; puede existir en una gran variedad de estados físicos y químicos, teniendo las distintas formas de este elemento, propiedades tóxicas intrínsecas y diferentes aplicaciones en la industria, la agricultura y la medicina.

Desde el punto de vista toxicológico, los compuestos organometálicos más importantes son los alquilmercurio de cadena corta, en los cuales el mercurio está enlazado al átomo de carbono de un metilo, etilo o propilo y el vapor de mercurio elemental.

Los alquilmercurios, y especialmente el metilmercurio son más tóxicos que los compuestos inorgánicos del mercurio debido a la facilidad que tienen para atravesar las membranas celulares.

Todos los compuestos del mercurio son altamente tóxicos para plantas acuáticas. Concentraciones entre 0,002-0,25 mg/L de  $HgCl_2$  dan lugar en plantas a la disminución del crecimiento. Investigaciones han mostrado que el límite mínimo de daños del  $HgSO_4$  se encuentra entre 0,15-0,20mg/L de  $HgSO_4$ . Para fenilmercurio y cloruro de metilmercurio es de 0,025-0,050mg/L. La presencia en el agua de agentes quelantes y partículas suspendidas disminuyen la toxicidad de los compuestos mercuriales.

Los compuestos orgánicos del mercurio son más tóxicos para los peces que los inorgánicos. Por ejemplo para algunos peces la dosis letal media  $LC_{50}$  para 24h es de alrededor de 0,084 mg/L (0,084-0,125 mg/L) y para la misma variedad 0,90 mg/L. También para los peces la toxicidad aguda está relacionada muy estrechamente con la temperatura.

### Humanos

Los compuestos organomercuriales pueden dar lugar a la enfermedad de Minamata. La introducción en el organismo del metilmercurio se distribuye por el torrente sanguíneo y se acumula en los riñones, hígado y el cerebro. El período de semieliminación del metilmercurio del organismo como regla es de 70 días, pero puede oscilar entre 35 y 189, lo cual dependerá del tipo de persona. Todas las formas del mercurio se eliminan por las heces fecales, orine y en el pelo. Este último puede servir de indicador del envenenamiento por mercurio.

Los compuestos del mercurio pueden dar lugar a: disminución de la velocidad de replicación del ADN, disminución de la multiplicación de los leucocitos, oponerse a la mitosis en célula. También tiene la propiedad de atravesar la placenta produciendo efectos teratogénicos y embriotóxicos.

La principal fuente de contaminación ambiental con mercurio es la desgasificación natural de la corteza terrestre, la cual aumenta anualmente.

Las industrias que utilizan el mercurio y sus compuestos (productoras de compuestos alcalinos del cloro, equipos eléctricos y pinturas), son la principal fuente antropogénica de mercurio, contaminando la atmósfera, las aguas y los suelos.

### Plomo

Pertenece al sub-grupo IV-B de la Tabla Periódica. Así como otros metales, el plomo en su forma natural tiene poca importancia como fuente de contaminación del ambiente. Lo más frecuente es que la contaminación del medio con plomo sea producido por actividades humanas.

El plomo es menos tóxico que otros metales para las plantas acuáticas; como son Hg y Cu. Su acción aguda y crónica se observa entre 0,1-5 mg/L. Aunque se han observado infinidad de casos de efectos tóxicos a nivel de laboratorio. En condiciones naturales estas investigaciones han sido pocas veces realizadas, algunas plantas acuáticas se manifiestan tolerantes, entre ellas la *Chlorella* y *Chlamydomonas* a concentraciones entre 5 y 50 mg/L.

El dietil plomo es más tóxico que el  $Pb^{2+}$  para las plantas acuáticas. Las industrias que presentan más mayor riesgo a la presencia del plomo son:

Alfarería, antidetonantes para gasolina, baterías, cobertura de cables, construcción, imprenta,

municiones, pigmentos para pinturas, productos de acero, elementos para protección contra radiaciones y tuberías de plomo. El plomo es menos tóxico para los invertebrados que el Cu, Cd, Zn, Hg, pero más tóxico que el Ni, Co, Mn. Toxicidad aguda se observa ya entre 0,1-10 mg/L. Pero, una alta mortalidad, sin embargo, puede observarse a concentraciones tan amplia como 0,002-670 mg/L. Incluye para invertebrados de agua dulce y de agua de mar. Con el aumento del pH la concentración de  $Pb^{2+}$  en el agua disminuye y de esta forma también disminuye la toxicidad del metal. La presencia de agentes quelantes en el agua también disminuye la toxicidad del  $Pb^{2+}$ .

Se ha detectado adaptación de algunos invertebrados aunque el carácter de la adaptación aun no está aclarado, es conocido que en el caso de bacterias y plantas acuáticas, se desarrollan cambios genéticos en las subsecuentes generaciones.

### Humanos

Los compuestos solubles del  $Pb^{2+}$  resultan ser los de mayor toxicidad. En el organismo de la persona en los procesos de deposición y transporte, es similar al calcio, por lo que condiciona una alta concentración en el esqueleto. La incorporación del plomo en el organismo humano tiene lugar esencialmente por los órganos de la respiración, lo cual es un índice de las altas concentraciones que hay en la atmósfera.

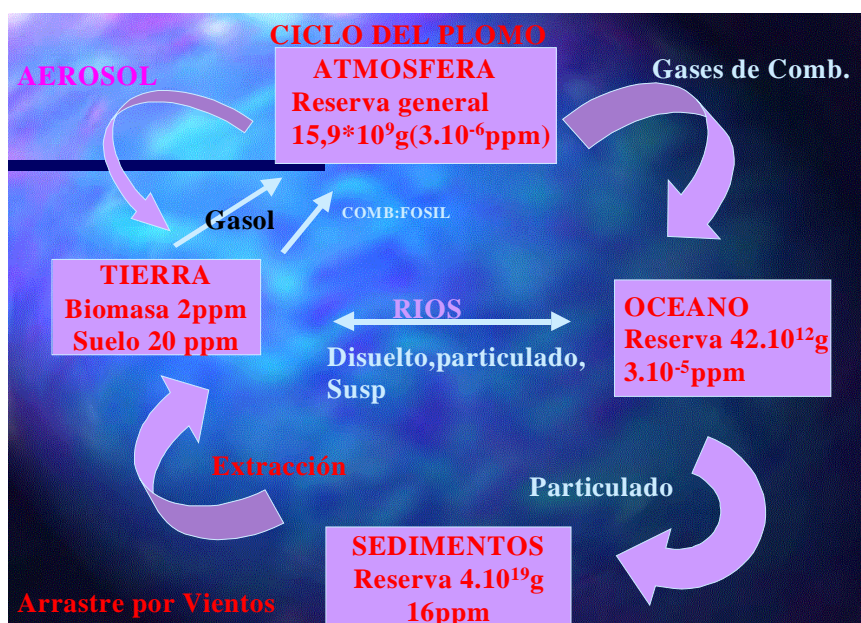
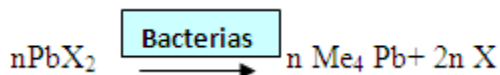


Fig.2 Ciclo del plomo.

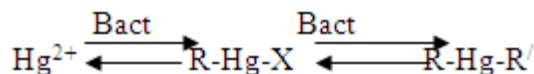
El plomo se presenta como carcinógeno y teratógeno, por lo que resulta un metal de alta peligrosidad para el ser humano.

Individualmente los metales se presentan de la siguiente forma:

La biometilación del plomo se realiza en presencia de concentraciones entre 1-10 mg L<sup>-1</sup> de Pb<sup>2+</sup> mediante un esquema general:



El Mercurio: por acción bacteriana sufre transformación a compuesto órgano mercurial.



**Zn.** El Zn en medio acuoso a pH entre 7 y 7,5 forma Zn(OH)<sub>2</sub>. A pH 6-7 Zn<sup>2+</sup> y a pH >8, se presenta como complejos de cloruro y OH<sup>-</sup>, así ZnCl<sup>+</sup>, ZnOH<sup>+</sup>.

**Cobre.** El cobre forma complejos con el Cl<sup>-</sup>, OH<sup>-</sup>, NH<sub>3</sub>, y se presenta como Cu<sup>2+</sup> y CuOH<sup>+</sup> a pH bajos y como Cu(OH)<sub>2</sub> a pH básicos.

**Cadmio.** Se hidroliza a pH ≈ 9 formando CdOH<sup>+</sup> hasta pH ≈ 8 el Cd se presenta como Cd<sup>2+</sup>.

El cloruro en medio acuoso enlaza al cadmio formando distintos complejos a pH ≈ 8,5, así:

### Afinidad de los metales pesados por grupos funcionales y grupos donadores de electrones

En la mayoría de los organismos vivos e incluso disolución acuosa, se presentan grupos funcionales, a los que los metales se enlazan de distintas formas. Este tipo de grupos pueden ser encontrados en los siguientes compuestos, localizados en los organismos vivos.

**Grupos -OH:** se presentan en los azúcares que forman parte de los sistemas celulares, fluidos biológicos y otros.

**Grupos -COOH:** se presentan en aminoácidos y proteínas, ácidos grasos, hidroxiácidos etcétera.

**Grupos =S -SH:** se encuentran en diversos aminoácidos y proteínas como la cisteína, cistina, metionina, homocisteína.

**Grupos =N, =NH,** se encuentran en aminoácidos cíclicos y proteínas que contiene estos aminoácidos como: Fenilalanina, tiroxina, triptófano, indol, imidazol, histidina.

Lo más alarmante es que los ácidos nucleicos y en específico el DNA portador de los caracteres hereditarios en la célula presenta en sus estructuras sustancias como la desoxirribosa, adenina, guanina, citosina y timina las que tienen grupos funcionales y donadores de electrones como: OH, NH<sub>2</sub>, N, NH, donde pueden ser atrapados metales pesados formadores de complejos los que les imprimirán a la célula un elemento extraño que pueda alterar su funcionamiento normal.

Puede suponerse que estas estructuras pueden condicionar interacciones con los organismos vivos de distintas formas ocasionando daños a la flora y fauna e incorporándose a la cadena alimentaria.

La tendencia a asociarse (de los metales pesados) a determinados grupos y especies químicas es lo que motiva su afinidad por determinados centros en el organismo, alojándose en la sangre, interrumpiendo la actividad fermentativa de procesos biológicos, incorporándose a tioproteínas y otras sustancias dañando con su acción funciones celulares vitales y alterando inclusive el código genético de estas, cuestión que se manifestará en las futuras generaciones de organismos vivos.

Es conocido que dentro de los metales pesados existen algunos que desempeñan roles vitales en los organismos vivos, cuando están a niveles de trazas (conocidos como microelemento) cuando su concentración en el organismo supera la necesaria o no la alcanza, se presentan graves trastornos. Existen otros que presentes en el organismo solo producen daños irreparables.

**Rol fisiológico de algunos micro elementos** (actúan sobre las funciones fermentativas)

**Cr** en la fosfoglitamaza

**Co** en el hígado y componente de la Vit-12(B-12)

**Cu** activador de algunos fermentos



**Mn** activador en el proceso de formación del ácido láctico.

**Mo** en fermentos metaloflavínicos.

**Zn** activador de más de diez fermentos en los mamíferos.

Cabe señalar, que existen otros metales capaces de sustituir en sus funciones a los ya enumerados, con la consecuente intoxicación y muerte del organismo, entre ellos el Cd, Ni, Ag.

Metal	concentración de fondo		Conc. en regiones no contaminadas	
	Aguas sup.	aguas marinas	disueltos	sedimentos
	µg/L	µg/L	µg/L	mg/kg
Cd <sup>2+</sup>	0,010-0,50	0,12	0,5	0,01
Cr	1-2	0,05-0,5	0,5	-
Cu <sup>2+</sup>	1,0	2,0	2,0	20
Pb <sup>2+</sup>	3,0	0,03-0,1	3,5-5,3	2-50
Hg <sup>2+</sup>	0,02-0,1	0,03	0,03	0,24
Ni <sup>2+</sup>	1-3	3	10	14
Zn <sup>2+</sup>	0,5-15	0,4-5,0	15	50

**Distribución en el entorno hídrico de metales tóxico**

Disuelto	sedimentos	
µg/L	mg/kg	
Cd	17	50
Cr	100	-
Cu	15	20
Pb	30	50
Hg	0,03	2,0
Ni	3-100	50-100
Zn	15	100

**Concentración en regiones contaminadas**

● **Resultados**

Se pudo constatar que los estudiantes elevaron sus conocimientos sobre la química de los metales pesados, su efecto en el medio ambiente y repercusión en la salud, conocimientos necesarios ya que los mismos se desarrollarán como promotores de salud en comunidades, centros laborales, y hogares, además profundizaron valores como el amor por la naturaleza, medio ambiente, responsabilidad, sentido de pertenencia, humanismo, entre otros

 **Conclusiones**

*1. La contaminación de ríos y arroyos por contaminantes químicos se ha convertido en uno*

*de los problemas ambientales más graves de nuestra sociedad.*

*2. La concentración de la población, la industria y el transporte automotor en zonas urbanas ha producido un desequilibrio ecológico con grave afectación a la higiene del ambiente.*

*3. La intervención educativa aplicada contribuye a desarrollar una conducta ambiental responsable, guiándolos al desarrollo sostenible.*

*4. Constituye un importante instrumento para elevar la calidad de vida y la solidez de los conocimientos.*

*5. Ayuda a la comprensión de los diferentes problemas ambientales*

*6. Estimula la formación de valores como el amor por la naturaleza y el medio ambiente, el humanismo y la responsabilidad.*

*7. Motiva al estudiante a interesarse por la Química asociada al medio ambiente.*



**Bibliografía**

1. DEL TORO DENIZ, Rubén; Humberto VARELA DE MOYA. "Química Ambiental". Diplomado de Medio Ambiente, Universidad de Camagüey, 2008, pág.8-52.
2. GARCÍA ROCHE, Miguel. *Tóxicos ambientales* (Nutrición). Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. Ciudad de La Habana 2003, pág 325-348.

3. YASSI, A; T. KJELISTROM; G. KOKF. *Salud Ambiental Básica*, México D.F: PNUMA, 2002.
4. *Estrategia Ambiental Nacional*. La Habana: CITMA, 2005.
5. GONZÁLEZ, V. "La relación entre los problemas ambientales y algunas enfermedades". *Rev. Electr. Medicentro*, 2005: 9 (3)
6. OPS/OMS. *Desechos peligrosos y salud en América Latina y el Caribe*. Serie Ambiental, 1994, 14.
7. INHEM. *Manual de evaluación de riesgo para la salud por exposición a desechos peligrosos*. La Habana. MINSAP, 1996.
8. ÁLVAREZ DENIS, J. *Ambiente y Enfermedad*. La Habana: Científico Técnico, 1999.
9. 12. DOMÍNGUEZ CARMONA, Manuel. *El agua como vehículo de infección y de infestación*. Anuales de la Real Academia de Farmacia N° 3, pág. 355, año 2000.
10. ANPP. "Ley 81 del Medio Ambiente". En *Gaceta Oficial de la República de Cuba*. Extraordinaria. 1997, XCV(7).
11. CIDEA-CITMA. *Estrategia Nacional de Educación Ambiental*. La Habana: CIDEA, 1997, pág. 20.
12. INHEM/ UTM. *Riesgos biológicos ambientales*. Ecuador. Universidad Técnica de Manabí, 1996.
13. KURNIAWAN, T. A.; G. Y. S. CHAN; W. H. LO; S. BABEL. "Physicochemical Treatment Techniques for Wastewater Laden with Heavy Metals". *Chem. Eng. J.* 118:83-98, 2006.
14. S. S. AHLUWALIA; D. GOYAL. "Microbial and Plant Derived Biomass for Removal of Heavy Metals from Wastewater". *Bioresource Technol.* 98: 2243-2257, 2007.
15. GARDEA TORRESDEY, J. L.; G. DE LA ROSA; J. R. PERALTAVIDEA. "Use of Phytofiltration Technologies in the Removal of Heavy Metals: A Review". *Pure Appl. Chem.* 76:801-813 (2004).
16. HACH COMPANY (Ed.). *Hach Water Analysis Handbook*. 5th. Ed. Loveland, CO. 2008.