



**PDF
Complete**

Biblioteca Digital - Dirección de Sistemas de Informática y Comunicación - Universidad Nacional de Trujillo

Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
BIOLOGÍA**



**"EFECTOS TOXICOLÓGICOS POR METALES PESADOS
EN LOS SERES VIVOS"**

**INFORME DE TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
BIÓLOGO**

AUTOR: BR. CRISANTO RODRIGUEZ SENEN

TRUJILLO - PERÚ

2012



DEDICATORIA

A L ALTISIMO:

Creador de todo lo que existe en este universo y más allá de él, por haberme puesto en el camino a todas las personas que me han apoyado y permitido realizar este trabajo y que he concluido satisfactoriamente.

A MI MADRE:

LUCY, por brindarme su amor y apoyo incondicional en todo momento y situación, aconsejarme en los momentos más difíciles y por ser lo más grande que Dios me ha otorgado en la vida gracias por tu apoyo esto es para ti viejita!!!!

A MI PADRE Y A MI FAMILIA:

Porque me ayudaron en la realización de este proyecto y la finalización del mismo y un agradecimiento especial al Ing. Masajiro Iwanaga Angulo por todos sus consejos a lo largo de mi carrera profesional y por creer en mi gracias Don Masita.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), ALMA MATER y en especial a la Escuela Académico de Ciencias Biológicas donde recibí la formación profesional, y por brindarme los conocimientos para desarrollarme en el ámbito profesional.

A los maestros de la Facultad de Ciencias Biológicas, que les debo gran parte de mis conocimientos y que fueron parte de mi formación académica.

A mi asesora del trabajo de capacitación profesional, la Dr. Lurdes Tuesta Collantes a quien le agradezco sinceramente por todo su tiempo, dedicación, apoyo en la realización del presente trabajo.

Al Dr. Enrique Padilla Sagástegui por sus comentarios, sugerencias en la elaboración de la tesis.

Al Dr. Antonio Saldaña Jiménez por sus comentarios, recomendaciones, palabras de aliento y por su tiempo en la elaboración de este trabajo.



**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
QUE OTORGAN EL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO**

Dr. Orlando Velásquez Benítez

RECTOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Dr. Vilma Julia Méndez Gil

VICERRECTORA ACADÉMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Dr. Regné Cortéz Lara

SECRETARIO GENERAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Dr. Hermes Escalante Añorga

DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Dr. César Augusto Jara Campos

SECRETARIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Dr. Segundo Eloy López Medina

DIRECTOR DE LA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



JURADO DICTAMINADOR

Dr. Enrique Padilla Sagástegui

PRESIDENTE

Dr. Antonio Saldaña Jiménez

SECRETARIO

Dr. Lurdes Tuesta Collantes

VOCAL



DEL ASESOR

El que suscribe, profesora asesora de la tesina titulada: "Efectos toxicológicos por metales pesados en los seres vivos".

DEJA CONSTANCIA:

Que el informe ha sido redactado de conformidad y con las orientaciones pertinentes.

En cuanto al informe, este ha sido revisado bajo mi asesoramiento, acogiendo las observaciones y sugerencias alcanzadas, por lo que autorizo al Br. Crisanto Rodriguez, Senen, continuar con los procedimientos según sus fines.

Dr. Lurdes Tuesta Collantes

Asesora



PRESENTACION

Señores miembros del Jurado Dictaminador:

Dando cumplimiento a lo dispuesto en el reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo, me es honroso presentar y someter a vuestra consideración y elevado criterio el presente informe de Tesina titulada: : **õEfectos toxicológicos por metales pesados en los seres vivosö.**

De este modo se está cumpliendo con uno de los requisitos indispensables para obtener el Título Profesional de Biólogo.

Trujillo, Noviembre del 2012.

SENEN CRISANTO RODRIGUEZ

Br. Ciencias Biológicas



Biblioteca Digital - Dirección de Sistemas de Informática y Comunicación - Universidad Nacional de Trujillo

PDF Complete

Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	...iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO QUE OTORGAN EL TÍTULO DE BIÓLOGO	.iv
AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS	..v
DEL ASESOR	... vi
PRESENTACIÓN vii
ÍNDICE	viii
INDICE DE CUADROS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCION	...1
II. CUERPO2
2.1. LA CONTAMINACION	.1 2
2.2. TIPOS DE CONTAMINANTES	.13
2.2.1. CONTAMINANTES INORGANICOS	.3
2.2.2. CONTAMINANTES ORGANICOS	.3
2.3. TIPOS DE CONTAMINACION	.1 4
2.3.1. CONTAMINACION DEL AIRE	.1 4



2.3.2 CONTAMINACION DEL AGUA í í í í í í í í í í í í í í í í6

2.3.3. CONTAMINACION DEL SUELO í í í í í í í í í í í í í í í í ...8

3. LA ECOTOXICOLOGÍA í .10

3.1. CLASIFICACIÓN DE LOS AGENTES TÓXICOS í í í í í í í í í í í .13

4. METALES PESADOS í ..13

4.1. ARSENICO í .17

4.2. MERCURIO. í ..20

4.3. CADMIO í .21

4.4. COBRE í ...í í ..25

4.5. PLOMO í .26

4.6. ZINC í29

4.7. ALUMINIO í .í ..31

5. DINAMICA DE LOS METALES PESADOS SOBRE LOS SERES VIVOS í .í .33

III. DISCUSION í .í .37

IV. CONCLUSIONES í .í í í ...í ..38

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS í39



INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Usos y fuentes antropogénicas de metales pesados a través de los cuales pueden ser introducidos al medioambiente (BRADL, 2005)í í í í í í í í í í í í í í í 16

CUADRO 2: Efecto del Arsénico (Ar) sobre la salud humana y ecosistemas (Maz y Ascue, 1993)í .19

CUADRO 3: Efecto del Cadmio (Cd) sobre la salud humana y ecosistemas (Maz y Ascue, 1993)í .24

CUADRO 4: Efecto del Cobre (Cu) sobre la salud humana y ecosistemas (Maz y Ascue, 1993)í .26

CUADRO 5: Efecto del Níquel (Ni) y Plomo (Pb) sobre la salud humana y ecosistemas (Maz y Ascue, 1993)í .28

CUADRO 6: Efecto de la Plata (Ag) y el Aluminio (Al) sobre la salud humana y ecosistemas (Maz y Ascue, 1993)í32



RESUMEN

La contaminación del agua, aire, suelo y alimentos es 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 hoy tenemos un alto número 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. El objetivo de esta investigación es dar a conocer las respuestas o efectos tóxicos que causan los metales pesados en los seres vivos debido a la toxicidad de dichos agentes derivando ello en el estudio de la toxicología. La presente investigación, se recopila información mediante revisiones bibliográficas de libros, revistas científicas, páginas de internet, tesis para dar a conocer aspectos relacionados a los efectos toxicológicos de los metales pesados en los seres vivos. Concluyendo que el problema de la contaminación y el estudio del efecto tóxico de los metales pesados desde un punto de vista racional y real, actualmente no podría ser eliminado del todo, ni tampoco evitar que se genere nueva contaminación. Es fundamental estudiar más a fondo los problemas derivados de los tóxicos, producto de los componentes químicos que se generan de la actividad natural o de la actuación de los seres humanos sin descuidar el control de metales y sustancias inorgánicas tóxicas, es necesario promover tanto mayor demanda de este tipo de análisis y a la vez un mayor desarrollo de la capacidad de análisis de compuestos orgánicos.

PALABRAS CLAVE: Contaminación, Metales Pesados, Efecto tóxico



I. INTRODUCCION

La contaminación un tema muy amplio, donde la variedad de recursos sobre los cuales puede actuar, el tipo de sustancia considerada contaminante y los efectos toxicológicos que cada una de éstas producen sobre los primeros, hacen de ella un proceso multivariado, dependiente de numerosos factores (Navarro, *et. al.*, 2007).

La descripción y análisis de estos temas tiene por objetivo principal entender las causas de la gran variabilidad que existe en la respuesta de los diferentes individuos y especies a la toxicología. La variabilidad de las respuestas tóxicas obliga, en el estudio de la toxicología y los efectos toxicológicos que causan los metales pesados en los seres vivos al tratamiento probabilístico de las posibilidades de daño, en lugar de la estimación cuantitativa del daño mismo. Los metales pesados son quizás las sustancias tóxicas, más antiguas que haya conocido el ser humano, la toxicidad de algunos de ellos, tales como plomo y arsénico ha sido conocida desde hace muchos años, a diferencia otros metales como al cadmio cuya toxicidad ha sido recién reconocida. La acción negativa de estos metales sobre la salud es ocasionada al menos por dos vías, transporte medio-ambiente en el aire, agua, polvo y comida, la segunda por alterar la forma bioquímica de los elementos. La habilidad de la vida silvestre para acumular y concentrar metales pesados tales; como, el cadmio, incrementan el riesgo de toxicidad sobre la cadena alimenticia, siendo la dieta una de las principales vías de exposición a metales (Nava y Méndez, 2011).



II. CUERPO

ANTECEDENTES

2.1. LA CONTAMINACIÓN

Es la presencia de sustancias químicas que en niveles altos en el aire, agua, suelo o alimentos, que amenazan la salud, supervivencia o las actividades del ser humano o de otros organismos. Los contaminantes pueden ingresar al ambiente naturalmente a partir de las erupciones volcánicas, o a través de las actividades humanas, como la quema de carbón. La mayoría de los contaminantes provenientes de las actividades humanas ocurren en áreas urbanas e industrializadas, donde los contaminantes se concentran, o cerca de ellas. Algunos contaminantes contaminan las áreas donde se producen y otros se transportan por el viento o por las corrientes de agua hacia otras áreas. Los contaminantes que producimos provienen de dos tipos de fuentes. Las fuentes puntuales de contaminantes son fuentes aisladas identificables, son ejemplos, la chimenea de una planta de energía que quema carbón y el escape de un automóvil. Las fuentes no puntuales de contaminantes están dispersas y generalmente son difíciles de identificar. Son ejemplos los pesticidas acarreados por el viento de la tierra a la atmósfera, la escorrentía de los fertilizantes y pesticidas de las granjas (Miller, 2007).

La incorporación al ambiente de sustancias o elementos tóxicos que son perjudiciales para el hombre o los ecosistemas (seres vivos) genera diferentes tipos de contaminación. Existen diferentes tipos de contaminación, dentro de los cuales los más importantes son los que afectan a los recursos naturales básicos: el aire, los suelos y el agua. Algunas de las alteraciones medio ambientales más graves relacionadas con los fenómenos de contaminación son los escapes radiactivos, el smog, el efecto invernadero, la lluvia ácida, la destrucción de la capa de ozono, la eutrofización de las aguas o las mareas negras. Existen diferentes tipos de contaminación que dependen de determinados factores y que afectan distintamente a cada ambiente (Bermudez, 2010).



Es todo cambio indeseable en las características del aire, el agua, el suelo o los alimentos, afectando nocivamente la salud, la sobrevivencia o las actividades de los humanos u otros organismos vivos (Seoáñez, 2005).

Es un cambio perjudicial en las características físicas, químicas y biológicas de nuestro aire, tierra y agua, que puede afectar o afectará nocivamente la vida humana y la de especies beneficiosas (Odum, 1986).

2.2 TIPOS DE CONTAMINANTES

2.2.1. Contaminantes inorgánicos

En primer lugar los contaminantes no degradables, esto es, los materiales y venenos, como los recipientes de aluminio, las sales de mercurio, las sustancias químicas fenólicas de cadena larga que o no se degradan, o lo hacen muy lentamente en el medio natural; en otros términos, son sustancias para las que aún no se ha desarrollado proceso de tratamiento que sea susceptible de compensar con la intensidad de suministro del hombre al ecosistema. Estos contaminantes no degradables no sólo se acumulan sino que además resultan a menudo "magnificados biológicamente" a medida que circulan por los ciclos biogeoquímicos y a lo largo de las cadenas de alimentos. Esto significa que algunas sustancias a medida que pasan de un eslabón a otro de la cadena se concentran en lugar de dispersarse (Odum, 1985).

2.2.2. Contaminantes orgánicos

En segundo lugar están los contaminantes biodegradables, como las aguas negras domésticas, que se descomponen rápidamente por medio de procesos naturales o en sistemas de ingeniería (como las plantas de tratamiento de aguas negras), que refuerza la gran capacidad de la naturaleza para descomponer y poner nuevamente en circulación al agua. Esta categoría incluye aquellas sustancias para las que existen mecanismos naturales de tratamiento de desechos. El calor, o la contaminación



térmica, pueden considerarse como pertenecientes a esta categoría, puesto que son dispersados por medios naturales, al menos dentro de los límites impuestos por el equilibrio calórico total de la biosfera (Odum, 1985).

2.3. TIPOS DE CONTAMINACIÓN

2.3.1. Contaminación del aire:

Es interesante resaltar por un lado agentes contaminantes no solo las sustancias materiales, cualquiera que sea su estado de agregación, sino también las radiaciones ajenas a las naturales. Por otro lado para que una sustancia sea considerada como contaminante no es preciso que su identidad sea distinta a la de cualquiera de los componentes naturales del aire, es suficiente con que su proporción no sea la natural, lo que se traducirá en que hablamos de contaminantes tales como NO_x , SO_x , CO , aunque sean todos ellos componentes naturales de la atmósfera terrestre. La contaminación atmosférica es la impurificación de la atmósfera por inyección y permanencia temporal en ella de materias gaseosas, líquidas o sólidas o radiaciones ajenas a su composición natural o en proporción superior a aquella (Orozco, *et. al.*, 2003).

Los óxidos de azufre son conjuntos de óxidos que se emiten a la atmósfera como anhídrido sulfuroso (SO_2) y el anhídrido sulfúrico (SO_3) se trata de contaminantes primarios, gaseosos y tóxicos, originado durante la combustión de cualquier combustible de origen fósil conteniendo azufre, en especial, el petróleo y sus derivados. El anhídrido sulfuroso es un gas incoloro, bastante estable en cantidades superiores a 3 ppm se vuelve irritante y de olor picante. A pesar de ser 2.2 veces más pesado con respecto al aire se desplaza rápidamente en la atmósfera. Los procesos industriales más contribuyentes son la calcinación de los minerales sulfurosos, la



refinación de petróleo, la producción de ácido sulfúrico y de coque a partir del carbón (Albert, 1997).

El monóxido de carbono es otro de los contaminantes de mayor abundancia en las capas inferiores de la atmósfera es incoloro, inodoro e insípido, además de ser muy ligero, inflamable y se caracteriza por su gran dispersión, la formación de este gas es producido por la combustión incompleta de carbono, la oxidación atmosférica del mismo metano procedente de la fermentación anaeróbica de la materia orgánica, por el proceso de producción y degradación de la clorofila en las plantas. El riesgo a la salud generado por el monóxido de carbono generado al combinarse con la hemoglobina es restarle la capacidad de transportar oxígeno, la afinidad de la hemoglobina por el CO es 200 veces mayor a la del oxígeno, siendo uno de los contaminantes más peligrosos a la salud. Dentro de los óxidos de nitrógeno encontramos el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) estos son gases tóxicos que se caracterizan por su olor asfixiante y por propiciar la formación de contaminantes secundarios, provocando la contaminación fotoquímica (Carranza, 1997).

Los hidrocarburos son otras de las sustancias que encontramos en la contaminación del aire, los hidrocarburos son sustancias con hidrogeno y carbono y cuyo estado físico depende de su estructura molecular y en particular del número de átomos de carbonos que contengan sus moléculas. De las decenas de miles de hidrocarburos que se conocen, los más importantes, desde el punto de vista de la contaminación, son los que contienen de 1 a 4 átomos de carbono, los cuales en su mayoría son gases (Albert, 1997).

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 preveer. 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, son de



ocurrencia natural o provienen de fuentes industriales y edificaciones humanas (industrias extractivas con minería, manufactura y procesos industriales, alcantarillado, residuos sólidos, escombríos urbanos, fugas de gasolina), actividades agrícolas (abono, fertilizantes, pesticidas), tratamiento de agua o materiales en contacto con agua potable (coagulantes, subproductos de desinfección, tuberías, asbesto), pesticidas usados en agua para salud pública (plaguicidas usados en control de vectores), cianobacterias (lagos eutróficos). 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. 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, neurológicas, cáncer diabetes y enfermedades crónicas respiratorias. 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 (Chung, 2008).

2.3.2. Contaminación del agua:

En nuestro país, como ejemplo de lugares críticos donde se produce una contaminación permanente del agua por productos químicos, podemos citar a la ciudad de La Oroya con plomo, cadmio y otros metales en el agua; la ciudad de Ilo por la lluvia ácida y presencia natural de arsénico; 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. 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. La Organización Mundial de la Salud 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. 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, tricloroeteno, hexaclorobutadieno; de fuentes agrícolas como nitratos y nitritos, aldrin, dieldrin, endrin, lindano, alacloro, aldicarb, clordano, clortoluron, 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 Organización Mundial de la Salud sean, en su mayoría, de naturaleza orgánica, muchos de ellos considerados en los estándares de calidad ambiental para el agua. Los contaminantes orgánicos son compuestos disueltos o dispersos en el agua, aire y suelos y provienen de diversas fuentes como las ciudades, también de desechos humanos y de animales, de mataderos, de procesamiento de alimentos, 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 eutrofización, 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 (Chung, 2008).

2.3.3. Contaminación del suelo:

La contaminación de los suelos por elementos potencialmente tóxicos se ha incrementado considerablemente, como consecuencia del empleo intensivo de agroquímicos, de los residuos generados por actividades de minería, fundición y del riego con aguas residuales (Tamariz, 1996; Méndez, *et. al.*, 1997).

Los elementos potencialmente tóxicos pueden ser absorbidos por las plantas cultivadas y asimilados o depositados en las mismas, por lo que es necesario conocer los niveles actuales de contaminación por metales pesados en suelos agrícolas, sobre todo por el efecto que éstos pueden ejercer sobre la salud humana y animal. Adicionalmente, los contaminantes tienen la capacidad de reducir la calidad del suelo y, por ende, su productividad. El mismo autor explica que 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: aldrín, endrín, dieldrin, lindano, 2, 4,5-T, paratión etílico, paratión metílico, heptacloro, dicloruro de etileno, captafol, clorobencilato, dinitroortocresol (Bautista, 2006).

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 como el mirex (decolorano), aldrin, dieldrin, endrin, clordano, heptacloro, toxafeno y hexaclorobenceno; la importación y uso de estos plaguicidas está prohibida en el 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 (Chung, 2008).



3. ECOTOXICOLOGÍA

La toxicología es la ciencia que examina los efectos de los químicos dañinos en las personas, la fauna silvestre y los ecosistemas. La toxicidad es una medida de cuán dañina es una sustancia al causar lesiones, enfermedades o la muerte a un organismo viviente. Esto depende de varios factores. Uno es la dosis, la cantidad de sustancia que una persona ha ingerido, inhalado o absorbido por la piel. Otros factores son la frecuencia de la exposición, quien se ha expuesto (por ejemplo, adultos o niños) y la constitución genética de las personas. El tipo y la cantidad de daño a la salud resultante de la exposición a una sustancia química u otro agente se denominan respuesta. Un efecto agudo es una reacción rápida e inmediata a una exposición, la cual puede ir desde un mareo hasta la muerte. Un efecto crónico es una consecuencia permanente o duradera (por ejemplo, daño en los riñones o en el hígado) por la exposición a una sola dosis o a dosis más bajas repetidas de una sustancia dañina (Miller, 2007).

Según Margalef (1991) "Nuestra civilización realiza continuamente experimentos a gran escala, que podrían ser utilizados de los que son para el desarrollo de una ecología de la perturbación". Uno de los apartados de la ecología de la perturbación podría ser la ecotoxicología. La palabra ecotoxicología fue acuñada por Truhaut (1969) y deriva de las palabras de ecología y toxicología, y nace como respuesta a la preocupación por los problemas de contaminación, cuando se hace patente la capacidad limitada de dilución del mismo y, como fenómenos como la bioacumulación y la adsorción de algunas sustancias xenobióticas, podían aumentar los problemas de toxicidad ambiental (Moriarty, 1983). Se trata, por lo tanto, de una ciencia que estudia el origen de los contaminantes, su transporte entre los distintos compartimentos ambientales, las transformaciones que sufren dichos contaminantes y, finalmente los efectos causados por los elementos químicos en las especies naturales.



La ecotoxicología, por lo tanto, estudia los efectos perniciosos de los elementos químicos (toxicología) dentro del contexto de la ecología (Marin, 2007).

La ecotoxicología es definida como «La ciencia que estudia la polución, su origen, evolución e interacciones con las moléculas que integran dinámicamente los ecosistemas, sus acciones y efectos sobre los seres vivos que forman estos ecosistemas, con su evaluación, como determinantes de criteriología y profilaxis biológica o socioeconómica» (Sanz, 1974).

En la ecotoxicología, los agentes físicos y los compuestos químicos se estudian más por su peligrosidad potencial que por su toxicidad relativa, aplicados a determinadas condiciones de exposición, para que tengan significado. Por ello, al hablar de nocividad, aparte del concepto semántico de toxicidad (propiedad inherente a un agente físico o a un compuesto químico de producir efectos indeseables cuando alcanza una concentración determinada en un lugar del organismo vivo), se debe tener en cuenta el concepto de toxicaridad, es decir, la probabilidad de que produzca toxicidad, así como el riesgo o peligrosidad, determinado por la probabilidad de que ocurra una acción tóxica (Capó, 1974).

Dentro de la toxicología encontramos sub disciplinas como las que nombraremos en el texto: La toxicología ambiental la cual estudia los daños causados al organismo por la exposición a los tóxicos que se encuentran en el medio ambiente. El objetivo principal de la toxicología ambiental es evaluar los impactos que producen en la salud pública la exposición de la población a los tóxicos ambientales presentes en un sitio contaminado es conveniente recalcar que se estudian los efectos sobre los humanos, aunque pudieran existir, en el sitio de estudio, otros blancos de los tóxicos tales como microorganismos, plantas y animales (Peña, *et. al.*, 2001).

Es aquella que tiene que ver con los efectos dañinos de las sustancias químicas o agentes tóxicos que están presentes en el aire, agua, suelo, alimentos u otros factores



ambientales y a los cuales están expuestos el hombre, animales domésticos, peces, vida silvestre y otros elementos del ecosistema es decir se aboca al estudio de los efectos adversos de los agentes ambientales sobre los organismos vivos. Toxicología ocupacional en la última mitad del siglo XIX y durante el siglo pasado, el conocimiento de los efectos de la actividad laboral en ciertas industrias incurrieron en la manifestación de serias enfermedades y decesos ocasionados por la exposición a químicos peligrosos y agentes tóxicos bajo condiciones inseguras de trabajo; este es el campo de acción de la toxicología ocupacional, cuya disciplina aborda el estudio de los efectos nocivos sobre la salud del trabajador producidos por los contaminantes del ambiente de laboral (Lago, 2007).

La toxicología de los alimentos o también conocida como toxicología bromatológica, es una especialidad de la toxicología ambiental, cuyo interés está creciendo rápidamente. La toxicología de alimentos en forma concisa se refiere al conocimiento sistemático y científico de la presencia de sustancias potencialmente dañinas en los alimentos, y evitar hasta donde sea posible la ingesta de una cantidad que ponga en riesgo la salud del consumidor (Peña, 2001).

Toxicología forense esta área se especializa en el conocimiento de la toxicología que apoya al rubro de la patología y medicina forense para establecer las causas de muerte, para propósitos médico legales en incidentes en los cuales se sospecha que un crimen haya ocurrido. Otra área de la toxicología es la toxicología analítica es la que basándose en procedimientos químicos establece la presencia de sustancias conocidas o su concentración en distintos medios, su importancia es tal que, frecuentemente, es el elemento crítico imprescindible para las acciones o conclusiones que deben tomar todas las restantes áreas. Por ultimo tenemos a la toxicología mecanicista la cual estudia los mecanismos por los cuales los tóxicos ejercen su acción sobre los organismos vivos (Lago, 2007).



3.1. Clasificación de los agentes tóxicos

Los agentes tóxicos o contaminantes pueden clasificarse según sean estos generados por el hombre, entre ellos tenemos contaminantes como el dióxido de carbono o los metales pesados, sintéticos, los detergentes y la mayoría de plaguicidas. Las sustancias químicas en el sector de la agricultura es uno de los que más contaminación indirectamente produce los causantes de la contaminación son los fertilizantes y plaguicidas utilizados para la fertilidad de la tierra y para fumigar los cultivos de las plagas que disminuyen la producción estos productos a través de las lluvias y de los riegos contaminan las aguas superficiales y los acuíferos. Las dioxinas son otro tipo de agente de contaminación en la cual una serie de compuestos químicos son muy resistentes a una degradación química o bioquímica y por tanto terminan acumulándose en los organismos vivos se originan a partir de la reacción de cloro con materia orgánica y oxígeno a alta temperatura. En 1940 las dioxinas no existían, pero ha sido la industrialización de productos químicos orgánicos asociada al desarrollo económico que se ha producido en las siete últimas décadas, y ha originado su aparición en ciertos plásticos, pesticidas, insecticidas que contienen importantes cantidades de cloro. Los metales pesados que representan una importante forma de toxicidad en los seres vivos los metales de forma similar al resto de agentes contaminantes, se diluyen con facilidad en el agua y las acciones de estos metales sobre algunos organismos pueden afectar a su crecimiento, inhibiendo su reproducción e incluso convertirse en letales. Otra clase de agente tóxico son los cianuros la mayoría son altamente tóxicos un envenenamiento con cianuro ocurre cuando un organismo está expuesto a un compuesto que emite iones (CN-) disuelto en agua en la minería se lo utiliza para la extracción del oro, cobre, zinc y plata, utilizando un proceso muy controversial y debido a esto su uso está prohibido en varios países y territorios esto se debe a varios desastres ecológicos ocurridos debido a derrames o filtrado de cianuro de las minas o el colapso de los diques de colas ya que por el proceso de cianuración del oro aparte de obtener los metales requeridos también se extraen metales pesados. La



radiación ionizante fuente importante de contaminación debido a la presencia no deseada de sustancias radiactivas en el entorno y esta no da indicación de la magnitud de los riesgos inherentes a esta contaminación. Esta contaminación puede proceder de radioisótopos naturales o artificiales. Entre los residuos domésticos los plásticos son uno de los principales componentes, la forma para disminuir su proliferación como residuo sería el reciclado. Pero para ello se encuentra con el problema de que cada objeto de plástico responde a una composición diferente lo que impide su reciclado. Los dispersantes de petróleo son líquidos utilizados en los derrames de petróleo y cumplen la función de hacer soluble el petróleo en agua, y transferirlo desde la superficie del agua hacia la columna de agua. Además el hecho de que los dispersantes transfieran el petróleo flotante hacia la columna de agua significa un serio riesgo para los seres que viven bajo el mar y para las aves marinas que se alimentan de ellos (Repetto, 2009).

4. METALES PESADOS

Los metales pesados son uno de los contaminantes ambientales más peligrosos, debido a que no son biodegradables y a su potencial de bioacumulación en los organismos vivos (Orozco, *et. al.*, 2003).

Se definen como metales pesados aquellos elementos químicos que presentan una densidad igual o superior a 5 g cm⁻³ cuando están en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalinotérreos). Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor del 0,01%. No obstante, en primer lugar, conviene clarificar que el término metales pesados es impreciso. En verdad se pretende indicar con este término aquellos metales que, siendo elementos pesados, son tóxicos para la célula. Sin embargo en realidad cualquier elemento que a priori es beneficioso para la célula, en concentraciones excesivas puede llegar a ser tóxico. Por tanto se seguirá manteniendo el término metales pesados para definir dichos elementos (Navarro, *et. al.*, 2007).



La característica que hace que los metales pesados sean tan peligrosos es su tendencia a acumularse en los organismos. Por esta causa, cantidades reducidas y en apariencia inofensivas absorbidas durante un largo período, llegan a alcanzar niveles tóxicos. Este fenómeno es conocido como bioacumulación. Esta ocurre en los organismos, se agrava conforme avanzan los niveles en la cadena alimenticia. Cada organismo acumula la contaminación de sus alimentos, de modo que la concentración en su cuerpo es muchas veces mayor que en éstos. El siguiente organismo de la cadena tiene ahora un alimento más contaminado y acumula el agente a un grado aún mayor. Todo el contaminante acumulado en la gran biomasa de la base de la pirámide alimentaria se concentra, al avanzar por las cadenas. Este efecto multiplicador de la bioacumulación a lo largo de las cadenas alimentarias se llama biomagnificación. Uno de los aspectos más desoladores de la bioacumulación y la biomagnificación es que no hay síntomas de advertencias hasta que las concentraciones del contaminante en el organismo son lo bastante elevadas como para dar problemas, y entonces suele ser demasiado tarde para hacer algo (Nebel y Wright, 1999).

Los Metales Pesados son extremadamente venenosos y por desgracia, para eliminarlos poco puede hacerse en las plantas normales de tratamiento de aguas y en otros. Entre ellos tenemos al Arsénico, Bario, Cadmio, Cobre, Hierro, Plomo y Mercurio entre otros. Junto a ellos hay otros elementos que, aunque son metales ligeros o no metales, se suelen englobar con ellos por orígenes y comportamientos asociados; es este el caso de Arsénico, Boro, Bario y Selenio. Los metales pesados se clasifican en dos grupos (Navarro, *et. al.*, 2007).

- **Oligoelementos o micronutrientes.** Necesarios en pequeñas cantidades para los organismos, pero tóxicos una vez pasado cierto umbral. Incluyen Arsénico, Boro, Cobalto, Cromo, Cobre, Molibdeno, Manganeso, Niquel, Selenio y Zinc.

- **Sin función biológica conocida.** Son altamente tóxicos, e incluyen Bario, Cadmio, Mercurio, Plomo, Antimonio, Bismuto.

CUADRO 1. Usos y fuentes antropogénicas de metales pesados a través de los cuales pueden ser introducidos al medio ambiente (Bradl, *et. al.*, 2005).

METALES PESADOS	FUENTES ANTROPOGÉNICAS
Arsénico	Aditivo en la alimentación animal, protector de la madera (arseniato de cobre cromado), vidrios especiales, cerámicas, plaguicidas, insecticidas, herbicidas, fungicidas, raticidas, algicidas, componentes electrónicos (circuitos integrados, diodos, detectores infrarrojos), tecnología láser, fundición no ferrosa, metalurgia, generación eléctrica geotérmica, textil y curtido, pigmentos y pinturas antiincrustante, filtros de luz, medicina veterinaria.
Berilio	Aleación (con Cu), aislantes eléctricos en transistores de potencia, deflectores de neutrones en reactores nucleares.
Cadmio	Baterías Ni/Cd, pigmentos, revestimientos anticorrosivos de metal, aleaciones, en la combustión del carbón, absorbentes de neutrones en los reactores nucleares.
Cobalto	Metalurgia (en superaleaciones), cerámicas, vidrios, pinturas.
Cromo	Fabricación de aleaciones de hierro (aceros especiales), planchas, pigmentos, textiles y curtido de pieles, en la pasivación de la corrosión de los circuitos de refrigeración, en el tratamiento de la madera, en equipos de video y almacenamiento de datos.
Cobre	Conductor del calor y la electricidad, tuberías de agua, techos, utensilios de cocina, productos químicos y farmacéuticos, pigmentos, aleaciones.
Mercurio	Extracción de metales por amalgamación, cátodo móvil en la celda cloro álcali para la producción de NaCl y Cl ₂ a partir de salmuera, en aparatos eléctricos y de medida, fungicidas, productos farmacéuticos, empastes dentales, en instrumentación científica, electrodos, lámparas de vapor de mercurio, tubos de rayos X, en soldaduras.

Continuación de metales pesados a través de los cuales pueden ser introducidos al medioambiente (Bradl, *et. al.*, 2005).

Manganeso	Producción de aceros de ferromanganeso, dióxido de manganeso electrolítico para su uso en baterías, aleaciones, catalizadores, fungicidas, agentes antidetonantes, pigmentos, secadores, protectores de la madera, revestimiento de varillas de soldadura.
Molibdeno	Elemento de aleación en el acero, fundición de hierro, catalizadores, colorantes, lubricantes, inhibidores de corrosión, retardantes de la llama, represores de humos, galvanoplastia.
Plomo	Agentes antidetonantes, baterías de plomo-ácido, pigmentos, vidrios, cerámica, plásticos, aleaciones, láminas, cables, soldadura, tuberías.
Selenio	En la industria del vidrio, semiconductores, termoelementos, células fotoeléctricas, materiales xerográficos, pigmentos inorgánicos, la producción de caucho, de acero inoxidable, lubricantes, tratamiento de la caspa.
Estaño	Latón, bronce, amalgamas dentales, estabilizantes, catalizadores, plaguicidas.
Titanio	Pigmentos blancos (TiO ₂), como agentes de filtrado de los rayos UV, agente de nucleación para cristales y cerámicas, en aeronáutica.
Vanadio	Producción de acero, aleaciones, catalizador.
Zinc	Aleaciones de Zn (bronce, latón), revestimiento contra la corrosión, pilas, latas, estabilizantes, en medicamentos y productos químicos, industria del caucho, pinturas, soldadura.

4.1. El Arsénico

El arsénico es un metaloide, quebradizo, con estructura metálica cristalina, que presenta tres formas alotrópicas de colores amarillo, negro y gris. Pertenece al grupo V-A de la tabla periódica y se asemeja a la química elemental del fósforo (Bradl, *et. al.*, 2005).



A pesar de su poca abundancia en la corteza de la tierra (0,0001%), ocupa el puesto 52 en el ranking de abundancia de los elementos, por delante del molibdeno. El arsénico se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza pudiendo encontrarse cantidades detectables tanto en suelos, como en aguas superficiales, aguas subterráneas y otros medios. Es un constituyente natural de los minerales de plomo, zinc, oro y cobre. Fenómenos naturales tales como la meteorización, la actividad biológica y la actividad volcánica junto con las aportaciones antropogénicas son las responsables de la emisión de arsénico a la atmósfera, desde donde se redistribuye a la superficie de la tierra mediante la lluvia. La especie predominante de arsénico inorgánico en los sistemas acuáticos aeróbicos es el arseniato As (V) como H_2AsO_4^- y HAsO_4^{2-} , mientras que en ambientes reductores la forma predominante es el arsenito As (III) como H_2AsO_3 y HAsO_3 . Causa lesiones en la piel, trastornos circulatorios, alto riesgo de cáncer y enfermedades causadas por el arsénico, hiperqueratosis palmar y plantar: cuya manifestación es la pigmentación de la piel y callosidades en las palmas de las manos y de los pies. Hiper e Hipopigmentación de la cara, cuello y tórax, cáncer en la piel, pulmón, hígado, riñón y vejiga (Cullen y Reimer, 2003).

La exposición puede ocurrir a través del contacto con alimentos o agua que lo contengan. El arsénico puede causar irritación del estómago e intestinos, disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos, afecciones en la piel, irritación de los pulmones, esterilidad y abortos, daños cerebrales y lesiones nerviosas. Puede intensificar las posibilidades de desarrollar cáncer, especialmente de piel, pulmón, hígado y linfa (Palencia, 2007).

CUADRO 2: Efecto del Arsénico (Ar) sobre la salud humana y ecosistemas (Maz y Ascue, 1993).

EFECTO	Arsénico (As)
Sobre la salud humana	<p>Vías de penetración : inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>Los compuestos inorgánicos de As se consideran venenos muy potentes. La absorción de los compuestos de As inorgánico en el tracto gastrointestinal tras la ingestión o inhalación, o por contacto con la piel, es casi completas. Se biotransforma en el organismo excretándose por la orina y el pelo.</p> <p>Intoxicación aguda (dosis elevada): varía en función de la dosis. Irritación de las mucosas, conjuntivitis, bronquitis, disnea, gastrointestinal (vómito y diarrea), seguido de edema facial, calambres, daño neuronal, reacciones cardiovasculares que pueden provocar shock vascular, coma y hasta la muerte en unas horas (de 24 horas a 7 días).</p> <p>Exposición a largo plazo (intoxicación crónica) a As (III) y As (V): puede provocar lesiones específicas en la piel (hipertrofia e hiperpigmentación de la capa comea de la piel palmo-plantar , verrugas y melanosis) , la mucosa del tracto respiratorio , perforación del tabique nasal, anemia, riñón, sistema cardiovascular , neuropatía periférica (pérdida de sensibilidad en pies y manos con parálisis gradual meses o años después de iniciarse la exposición) , gingivitis (inflamación de la encía) , estomatitis (inflamación de los tejidos blandos de la boca), debilidad muscular , cáncer pulmonar(en trabajadores que producen y utilizan plaguicidas con As III, en los de la fundidoras de cobre y en los de procesos metalúrgicos) y cáncer en la piel (en población que ingiere agua contaminada con As).</p>

Continuación

Sobre los Ecosistemas	Ecotoxicidad : extremadamente toxico Riesgo para el medio acuático: alto Riesgo para el medio terrestre : medio
Sobre la salud humana	Cobalto (Co)
	Vías de penetración: inhalación, ingestión Intoxicación: afecta al contenido hemoglobínico. Insuficiencia cardiaca y del miocardio.
Sobre los Ecosistemas	Ecotoxicidad : extremadamente tóxico Riesgo para el medio acuático: alto Riesgo para el medio terrestre : medio

En los estudios realizados para la acumulación del arsénico en el cultivo de Vicia faba quedo demostrado que las concentraciones más altas de arsénico se acumularon en la raíz, tallo, hojas las cuales fueron letales para el cultivo; el fenómeno se apreció a partir de la etapa III de desarrollo, con la aparición de daños en las raíces y un fuerte efecto en la floración, que inhibió la formación de vainas (Prieto, *et. al.*, 2007).

4.2. Mercurio

Las fuentes de intoxicación más habituales de este metal están en ciertos alimentos, como el marisco o el atún, los cuales toman y acumulan el mercurio de entornos marinos contaminados por dicho metal; otras fuentes de posibles de intoxicación son ciertos plásticos, los colores de impresión, insecticidas, etc. Su toxicidad depende del estado en que se encuentre: los compuestos inorgánicos de mercurio son menos peligrosos (ya que se excretan rápidamente por la orina) que los compuestos organomercúricos, los cuales presentan una mínima eliminación urinaria. Su acción nociva para el organismo consiste en la destrucción de glóbulos rojos, cambios



cromosómicos, tumores cerebrales (ya que los compuestos orgánicos de mercurio atraviesan fácilmente la barrera hematoencefálica), etc. Los síntomas más frecuentes de intoxicación por mercurio se manifiestan en una pérdida de apetito y peso, inflamación de las encías, temblores, alteraciones psíquicas, convulsiones, irritaciones cutáneas y cambios en la sensibilidad al dolor; pero también hay otros síntomas indicadores de sobrecarga de mercurio en el organismo estomatitis, aparición de un gusto metálico en la boca, aumento de la secreción salivar, insuficiencia renal, anemia, hipertensión, modificaciones en el comportamiento (irritabilidad, depresión), insomnio, etc. En la actualidad, las tradicionales amalgamas dentales de mercurio están siendo sustituidas por las de resina, ya que por la acción de la saliva se puede liberar el mercurio y penetrar éste en el organismo (principalmente en el cerebro). El tratamiento contra intoxicación por mercurio consiste en un aporte de aminoácidos azufrados como la metionina (ya que el mercurio tiene mucha afinidad por los grupos tiol) y administración de vitamina C, E, pectina y selenio que protege de la sobrecarga de mercurio (Orozco, *et. al.*, 2003).

4.3. Cadmio

El cadmio es un elemento metálico de transición que pertenece al grupo II-B de la tabla periódica, su número atómico es 48 y su masa atómica relativa 112,44. El cadmio en su forma elemental es un metal blanco plateado, dúctil y maleable. Representa el 1,5 10-5 % en peso de la corteza terrestre, encontrándose ampliamente distribuido en la misma. No se encuentra en el medio ambiente como metal puro y la greenockita (sulfuro de cadmio), único mineral de cadmio, no es una fuente comercial de metal. Aparece con frecuencia en forma isomorfa en casi todos los yacimientos de zinc (que constituye el 95% de la producción de cadmio), y en los minerales de cobre y plomo, además de aparecer en la naturaleza formando compuestos conóxidos, sulfuros y carbonatos. Este metal es sumamente tóxico, además de cancerígeno. En madres expuestas al Cadmio produce serias afecciones con lesiones para el embarazo,



presencia de proteína en la orina, irritación gastrointestinal, náuseas, vómitos y dolor. La intoxicación crónica causa severos daños renales, debido a que este elemento se acumula en los riñones. Además disminuye la actividad pulmonar, produciendo enfisema, y cáncer pulmonar (Hutton, 1987).

En lo ambiental, el cadmio es un elemento relativamente raro en la litósfera. Por afinidad química, se le encuentra junto al zinc, en proporción muy variable. Las principales fuentes de contaminación son: la minería y metalurgia de metales no ferrosos, la metalurgia del hierro y acero, la fabricación de fertilizantes fosfatados, la incineración de residuos de madera, carbón o plásticos, la combustión de aceite y gasolina y las aplicaciones industriales de cadmio. El cadmio entra en la alimentación humana con los vegetales y productos animales. Se fija a las plantas más rápidamente que el plomo. Los frutos y semillas contienen menos cadmio que las hojas. El pescado, los crustáceos, el riñón e hígado de animales acumulan cadmio en grado relativamente elevado. La IDD se estima entre 10 y 85 mg. Algunos países, como Japón y Canadá, tienen dietas con valores de Cd más elevados. Organizaciones internacionales han propuesto como límite tolerable medio en la IDD 70 mg/ semana (Ramírez, 2002).

La actividad volcánica y la meteorización de las rocas son las principales causas naturales de emisión de cadmio a la atmósfera, junto con las emisiones producidas en los incendios forestales. Antropogenicamente el cadmio se produce fundamentalmente como un subproducto de la minería, fundición y refinación de minerales de zinc, y en menor medida, plomo y cobre. El cadmio se encuentra muy asociado con el zinc en su geoquímica ya que ambos elementos tienen estructuras iónicas y electronegatividades similares, ambos presentan estructuras divalentes en todos sus compuestos estables, y ambos forman hidróxidos y complejos con iones de amonio y cianuro, así como una variedad de complejos orgánicos con aminas, sulfuros complejos, cloro complejos y quelatos. El cadmio forma precipitado con carbonatos, arseniatos, fosfatos, oxalatos y



ferrocianuros. Es un elemento de color blanquecino, se encuentra en la naturaleza asociado con otros elementos como el Zinc, el plomo y el cobre (Hutton, 1987).

En el estudio que se hizo sobre cadmio en la glándula submandibular de rata adulta se determinó que metalotioneína actúa como agente desintoxicante uniéndose al Cd y que por tanto la disminución de su síntesis aumenta la concentración de Cd libre, provocando daños al ADN e inhibiendo la síntesis proteica (Braga y Sala, 2001) , así también se demostró el efecto del cadmio sobre el parénquima ovárico en ratones albinos donde se observaron cambios progresivos físicos y de comportamiento como coloración amarillenta del pelo, caída del mismo, oscurecimiento del color de los ojos, hipotonía, flacidez muscular, irritabilidad, agresividad e indiferencia, a nivel del epitelio se halló proliferación, proyecciones a manera de dedo, hiperplasia , degeneración y necrosis; y disminución del número de cuerpo amarillo ,en la zona interfolicular áreas de desorganización características que se interpretaron como producto de la acción tóxica del metal suministrado (Lubo, *et. al.*, 2006).

DIRECCION DE SISTEMAS DE INFORMÁTICA Y COMUNICACIÓN

CUADRO 3: Efecto del Cadmio (Cd) sobre la salud humana y ecosistemas (Maz y Ascue, 1993).

EFECTO	Cadmio(Cd)
Sobre la salud humana	<p>Vías de penetración: inhalación, ingestión y penetración cutánea.</p> <p>El Cadmio se acumula en el organismo 50% de la cantidad acumulada se deposita en el hígado y en los riñones. La excreción de cadmio se produce preferentemente a través de la orina. El tiempo de vida media biológica del cadmio en el cuerpo humano oscila entre 15 y 25 años.</p> <p>Intoxicación aguda (dosis elevadas): la inhalación provoca neumonitis y edema pulmonar. La ingestión provoca vómitos, diarrea y dolor abdominal.</p> <p>Exposición a largo plazo (intoxicación crónica): los humos o polvo de óxido Cd y esteriatos de Cd provocan insuficiencia renal, anemia, alteraciones del metabolismo del calcio como osteoporosis (desosificación con disminución del tejido óseo) y osteomalacia (reblandecimiento óseo generalizado) en la población femenina multipara de más de 40 años, enfisema (alteración anatómica de los pulmones) y proteinuria. Afección a los pulmones.</p>
Sobre los Ecosistemas	<p>Plantas: además de disminuir el rendimiento, la mayor amenaza reside en la contaminación de (acumulación en) las plantas de cultivo, dado que es así como el Cadmio ingresa a la cadena alimentaria como toxina de acumulación.</p> <p>Agua: su toxicidad para los peces depende, entre otros factores, del contenido de calcio de agua. En general, cuanto mayor el contenido de calcio en el agua, tanto menor será el efecto toxico del cadmio sobre los peces. Suelo: el horizonte de acumulación para el Cadmio es la rizófora (raíces).</p>



4.4. El cobre

El cobre es un metal de transición que pertenece al grupo I-B de la tabla periódica. Es un metal maleable, dúctil con una muy buena conductividad al calor y la electricidad. Presenta tres estados de oxidación 0, +I, +II. Es un elemento relativamente abundante en la corteza terrestre y moderadamente soluble, ocupando el puesto 26 en el ranking de abundancia en la corteza de la tierra detrás del Zn con una concentración media de 24 a 55 ppm. La forma química adoptada por el metal (iónica, complejo, precipitado), y por tanto, su movilidad y disponibilidad, depende de factores ambientales como el pH, el potencial redox, el tipo de suelo y sedimento, la dureza del agua y el contenido orgánico. Estos factores pueden variar de un medio a otro, dando lugar a condiciones de deficiencia de cobre o de toxicidad (Bradl, *et. al.*, 2005).

La mayoría de sales cúpricas se disuelven en agua liberando el ión libre hidratado. El Cu^{2+} es un ión que fácilmente forma complejos y en su forma libre catiónica presenta una gran tendencia hacia la hidrólisis. En el medio ambiente el cobre está distribuido en las tres fases: acuosa (como ión libre o complejos solubles), sólida (en partículas, coloides, suelos y sedimentos) y biológica (adsorbido e incorporado). En dosis elevadas puede provocar anemia, irritación del estómago e intestino, daño renal y hepático. El cobre puede encontrarse en el agua potable procedente de cañerías antiguas (Fleming y Trevors, 1989).

En estudios realizados en la zona costera de la libertad se identificó que *Chondracanthus chamissoi* bioacumula cobre en sus tejidos (Rodríguez, 2006), y para estudiar los efectos del cobre en el crecimiento de *Arabidopsis thaliana* se trabajó bajo la concentración de este metal en tres líneas donde la exposición de las raíces primarias a medios con cobre ocasionó una inhibición del crecimiento de manera proporcional al tiempo de exposición (Martinez, 2009).

CUADRO 4: Efecto del Cobre (Cu) sobre la salud humana y ecosistemas (Maz y Ascue, 1993).

EFECTO	Cobre (Cu).
Sobre la salud humana	<p>Vías de penetración: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>Intoxicación aguda (dosis elevadas): la ingestión de sulfato de cobre en altas cantidades (gramos) produce náusea, vómitos, diarrea, sudoración, hemólisis intravascular y posible fallo renal en raras ocasiones convulsiones, coma, y muerte. La ingestión de agua en contacto con recipientes de cobre puede producir irritación del tracto gastrointestinal.</p> <p>La inhalación de polvos, humos o nieblas de sales de Cu puede causar congestión nasal y de las mucosas y ulceración con perforación del tabique nasal.</p> <p>Exposición a largo plazo (intoxicación crónica): los efectos tóxicos solo parecen existir en personas que padecen la enfermedad de Wilson (heredada genéticamente) manifestando en casos de intoxicación lesiones en hígado, riñones, sistema nervioso central, huesos y ojos.</p>
Sobre los Ecosistemas	Riesgos ecológicos: no se dispone de datos ecotóxicos.

4.5. El plomo

El plomo representa aproximadamente el 0,002% de la corteza de la tierra y es el elemento más abundante entre los metales pesados con número atómico mayor que 60. Aunque hay más de 200 minerales de plomo, sus minerales más importantes son la galena (PbS), la cerusita (PbCO₃), la crocoita (PbCrO₄) y la piromorfita (Pb₅



(PO_4)₃Cl). Pertenece al grupo IV-A de la tabla periódica y presenta dos estados de oxidación +II y +IV. En la mayoría de sus compuestos inorgánicos el plomo tiene estado de oxidación +II; de éstos, las sales de bromuro y cloruro son ligeramente solubles en agua mientras que las sales de carbonato y las sales básicas son completamente insolubles (Bradl, *et. al.*, 2005).

El comportamiento del plomo en los suelos y los sedimentos está controlado por tres factores: en primer lugar su adsorción específica con varias fases sólidas, la precipitación de compuestos de plomo que presentan una elevada estabilidad, y en tercer lugar la formación de complejos o quelatos muy estables con la materia orgánica de los suelos y sedimentos. El plomo presenta una elevada adsorción por los óxidos de manganeso y de hierro, más fuerte que cualquier otro metal, siendo mayor para los óxidos de manganeso (Jaworski, 1987; Bradl, *et. al.*, 2005).

Puede penetrar en el organismo a través del agua, alimentos contaminados, polvillo desprendido de pinturas que lo contengan, inhalación de los gases desprendidos de los vehículos. Se emplea en aleaciones, baterías, revestimientos para cables, proyectiles y municiones. Por muy pequeña que sea la cantidad de plomo en el organismo, repercutirá sobre las funciones bioquímicas del cuerpo humano. El plomo en la sangre causa daños en casi todos los sistemas. Dificulta la producción de hemoglobina e impide la capacidad de transporte del oxígeno. Se acopla a las enzimas del cerebro y del sistema nervioso e impide su funcionamiento. El plomo se deposita en los huesos y se hace notar como una enfermedad latente, difícilmente reconocible (Palencia, 2007).

CUADRO 5: Efecto del Níquel (Ni) y Plomo (Pb) sobre la salud humana y ecosistemas (Maz y Ascue, 1993).

EFECTO	Níquel (Ni).
Sobre la salud humana	<p>Vías de penetración: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>Intoxicaciones: polvo en el níquel inhalado puede producir cáncer bronquial. El contacto dérmico produce dermatitis</p> <p>Alergias, rinitis, sinusitis y enfermedades respiratorias.</p>
Sobre la salud humana	Plomo (Pb)
	<p>Vías de penetración: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>Se acumula en el tejido óseo (huesos y dientes)</p> <p>Intoxicación aguda : ataxia , malestar general, confusión, dolor de cabeza, irritabilidad, difusión motriz, convulsiones, cambios de personalidad, debilidad de las extremidades y parétesis (sensación de hormigueo o de quemaduras en la piel) de manos y pies , insuficiencia renal, cólico (cólico saturnino que conlleva transtornos digestivos , dolores musculares, calambres y presión arterial elevada) , interferencias en el metabolismo de la vitamina b (en niños), problemas cardiovasculares, transtornos digestivos, anemia. Intoxicación crónica: anemia (el plomo inhibe la síntesis del grupo hemo de la hemoglobina), alteraciones del sistema nervioso central y periférico, hígado, riñón y tejido óseo. El contacto en la piel y los ojos puede causar irritación, efecto abrasivo, posible daño corneal.</p>
Sobre los Ecosistemas	<p>Ecotoxicidad : extremadamente tóxico</p> <p>Riesgo para el medio acuático: alto</p> <p>Riesgo para el medio terrestre : alto</p>



En el estudio realizado a la raíz primaria de *Arabidopsis thaliana* se determinó el efecto de dos micronutrientes, el zinc y el níquel, y un metal no esencial para las plantas, el plomo, in vitro, sobre el crecimiento de la misma, una planta de fácil manejo en laboratorio con existencia de líneas transgénicas que tienen marcadores moleculares del ciclo celular encontrándose que los tres metales afectan el crecimiento de plantas de *Arabidopsis*, inhibiendo el crecimiento de la raíz primaria a bajas concentraciones y a concentraciones mayores afectando el desarrollo del follaje y la producción de raíces laterales. (Vargas, *et. al.*, 2007).

Por otro lado el plomo, al igual que otros metales pesados, puede ser clastogénico en estudios in vivo e in vitro, ya que en células expuestas en cultivo puede inducir aberraciones cromosómicas, micronúcleos e intercambios entre cromátides hermanas. Además, estas evidencias de alteraciones cromosómicas también se han detectado en personas expuestas laboralmente al plomo (Rajah y Ahuja, 1995; Duydu, *et. al.*, 2001; Vaglenov, *et. al.*, 2001; Wu, *et. al.*, 2002; Palus, *et. al.*, 2003).

4.6. Zinc

El cuerpo humano contiene aproximadamente 2.3 g de zinc, el zinc tiene valor alimenticio como elemento traza. Sus funciones incluyen principalmente procesos enzimáticos y réplica de ADN. La hormona insulina contiene zinc y desempeña un papel fundamental en el desarrollo sexual. Un consumo inferior a 2-3 g, previene las deficiencias y sus efectos. El cuerpo humano sólo absorbe del 20-40% del zinc presente en la comida, así que mucha gente bebe agua mineral rica en zinc. Los síntomas causados por la carencia del zinc son la pérdida del gusto y la falta de apetito. Puede afectar al sistema inmunológico y enzimático de los niños. Aplicaciones con altas concentraciones de zinc resulta proteger del envenenamiento por cadmio. El zinc también disminuye la adsorción del plomo. Por otra parte, la relación cobre/zinc en el cuerpo humano es muy importante. Puede darse que las personas absorban sobredosis de zinc pero esto no suele ser muy frecuente. Los síntomas incluyen náuseas, vómitos,



diarreas, cólicos y fiebre, y en la mayor parte de los casos estos síntomas se dan tras consumos de 4-8 g de zinc. Los consumos de 2 g de sulfato de zinc provocan toxicidad aguda que provocan dolores de estómago y vómitos (Pérez y Ramos, 2011).

El zinc es un elemento que está ampliamente distribuido en el medio ambiente, ocupa el puesto número 24 entre los elementos más abundantes de la corteza terrestre y su contenido en la litosfera está en torno a 70 mg Kg⁻¹. Se conocen cincuenta y cinco minerales que contengan zinc, siendo los más importantes la esfalerita (ZnS), smithsonita (ZnCO₃) y la cincita (ZnO) (Vargas, *et. al.*, 2007).

El zinc metálico no se encuentra libre en la naturaleza, encontrándose en su estado de oxidación +II. El ión Zn²⁺ es incoloro y existe en forma hidratada en soluciones acuosas neutras y ácidas; sin embargo en solución alcalina precipita el hidróxido, pero en exceso de base de dicho hidróxido se redissuelve para formar el ión cincato, Zn(OH)₄²⁻. Debido a su naturaleza anfótera, el cinc forma gran variedad de sales; los cloratos, cloruros, sulfatos y nitratos son solubles en agua mientras que los óxidos, carbonatos, fosfatos, silicatos y sulfuros son relativamente insolubles en agua. El zinc puede ser considerado, junto con el cadmio, como un metal muy biodisponible. Entre los factores que afectan a la movilidad y biodisponibilidad del cinc se encuentran el pH, el contenido de materia orgánica, el contenido de minerales de arcilla y el potencial redox. La movilidad del zinc decrece con el aumento de los valores de pH (Bradl, *et. al.*, 2005).

Su falta provoca una fuerte reducción del ARN en los vegetales y una acumulación de nitritos, con clorosis internerviares y enanismo. En la deficiencia de Zn de un suelo influyen su escasez en el propio suelo (suelos ácidos muy lavados, por ejemplo), la mala asimilabilidad del elemento, las bajas temperaturas, la luz y la interacción con otros elementos. El P provoca una disminución de la asimilabilidad del Zn. El exceso de Zn que pudiera ser aportado en algún caso con las aguas residuales puede traducirse



en desequilibrios nutricionales, provocando, entre otras cosas, bajas en el contenido de P y de Fe en los vegetales y clorosis de tipo férrico (Seoánez, 2005).

En este trabajo se determinó el efecto de dos micronutrientes, el zinc y el níquel, y un metal no esencial para las plantas, el plomo, in vitro, sobre el crecimiento de la raíz primaria de *Arabidopsis thaliana*, una planta de fácil manejo en laboratorio con existencia de líneas transgénicas que tienen marcadores moleculares del ciclo celular. Se encontró que los tres metales afectan el crecimiento de plantas de *Arabidopsis*, inhibiendo el crecimiento de la raíz primaria abajas concentraciones y a concentraciones mayores afectando el desarrollo del follaje y la producción de raíces laterales (Vargas, *et. al.*, 2007).

4.7. Aluminio

El aluminio genera diferentes daños en las plantas convirtiéndose en un agente fitotóxicos para ellas esta toxicidad es común en los suelos ácidos en los que la baja capacidad de retención de agua y la baja disponibilidad de fósforo y de nutrientes hacen que el problema se acreciente al momento de cultivarlos .El primer efecto que se da por fitotoxicidad de aluminio es la inhibición en el desarrollo radicular , detectado ya a las dos horas de exposición al aluminio , que va seguido por una inhibición en la síntesis de DNA , también se reporta engrosamiento anormal y pigmentación café del extremo de la raíz , cese de formas mitóticas en la región meristemática de la raíz, daño de la epidermis en el extremo de la raíz ,reducción de la síntesis de polisacáridos de la pared celular y acumulación de aminoácidos libres en la raíz como resultado de un efecto no específico del aluminio en el metabolismo del nitrógeno , principalmente en el metabolismo de proteínas (Narvaez, 2001).

En concentraciones altas de aluminio, la elongación relativa de la raíz de *Phaseolus vulgaris* se ve afectada observándose algunas malformaciones (Valderrama, *et. al.*, 2009).

CUADRO 6: Efecto de la Plata (Ag) y el Aluminio (Al) sobre la salud humana y ecosistemas (Maz y Ascue, 1993).

EFEECTO	Plata (Ag)
Sobre la salud humana	Vías de penetración : inhalación, ingestión y penetración cutánea La absorción, por el organismo , del polvo de plata o sus sales provoca la precipitación la plata en estado metálico por la acción de la luz tiene lugar en las partes expuestas de la piel y las membranas mucosas visibles , dando lugar a una afección denominada ðargiriaö
Sobre los Ecosistemas	El nitrato de plata y el óxido de plata presentan riesgo de incendio y explosión
	Aluminio (Al)
Sobre la Salud Humana	Vías de penetración : inhalación, ingestión y penetración cutánea Los compuestos alquilados de Al presentan riesgo de toxicidad y quemaduras .Reaccionan con el aire, la humedad y los compuestos que contienen hidrogeno activo .El humo de óxido de Al en el organismo pueden producir daños en el tejido nervioso y daños graves en el cerebro en algunos natales. La Agencia Internacional para la investigación sobre el cáncer ha clasificado la producción de Al como una situación del Grupo I: exposición humana cancerígena conocida.
Sobre los Ecosistemas	Ecotoxicidad : extremadamente tóxico Riesgo para el medio acuático : medio Riesgo para el medio terrestre : bajo Otros efectos: reacciona con el agua. Riesgo de formación de vapores explosivos sobre la superficie del agua. Los compuestos alquilados de Al presentan riesgo de toxicidad y de incendio.



5. Dinámica de los metales pesados sobre los seres vivos

El hombre está expuesto a los contaminantes del aire, aguas y suelos en forma directa o a través de los alimentos, las vías de ingreso de la contaminación en el organismo humano son diferentes:

- a) La inhalación (respiración) es un proceso vital, que no se puede suprimir más de 5 minutos. El hombre puede vivir sin beber 5 días y 5 semanas sin alimentos, pero no puede resistir más de 5 minutos sin respiración. En el tracto respiratorio superior las partículas pueden reaccionar con los tejidos o pueden ser eliminados con las mucosas; El destino de las partículas en los pulmones depende de su solubilidad; las solubles pasan en la sangre, y se depositan en otros órganos o se eliminan por excreción; los insolubles se quedan mucho tiempo y se eliminan por fagocitosis o con los otros procesos. Para los gases tóxicos y el polvo; la inhalación es la vía principal de ingreso.
- b) Por contacto con la piel puede ocasionar que el contaminante penetre, el contaminante puede reaccionar con la superficie de la piel y causar irritación primaria, puede penetrar en la piel combinarse con las proteínas y producir sensibilización o puede ingresar a la corriente sanguínea.
- c) Ingestión; el destino de los contaminantes en el tracto gastrointestinal depende de su solubilidad; los insolubles pasan y se excretan con las heces, los solubles a través de la linfa y la sangre penetran con los alimentos al órgano donde se depositan (órgano crítico), o se eliminan con la orina, las heces y en menor cantidad con el sudor. Lo que ocurre después en el organismo, es muy difícil explicar, las materias ejercen su efecto por medio físicos o por medios químicos o fisiológicos (enzimáticos) o por su combinación sinérgica o antagónica (Meseldzic, 1974).

En contraste con la acción de los agentes cáusticos, el resto de las sustancias químicas producen una acción suficientemente selectiva capaz de originar trastornos en

lugares biológicos específicos, a concentraciones muy por debajo de las precisas para provocar la destrucción celular. Esto supone que en los componentes celulares, o en sus membranas, existen unos órganos diana o receptores capaces de reaccionar selectivamente. Dentro de los mecanismos de acción toxicológicos, el último proceso es la letalidad. Así, podemos hacer la clasificación atendiendo al tipo de muerte celular:

A) Muerte programada (natural) de células somáticas, en las que aparece previamente un proceso de senescencia celular o envejecimiento.

B) Muerte no programada, que encuadra con la toxicidad selectiva.

Los signos selectivos de la muerte celular son:

1. Aumento de Ca^{++} intracelular, desde 0,9 a 16 mg/g N
2. Descenso del potencial transmembranal, de 37 a 11 mV
3. Descenso del contenido de ATP, desde 2,98 a 0,71 mg en los hepatocitos
4. Secuestro del Ca^{++} , el 80% del inicial
5. Disminución de la síntesis proteica el 70% del inicial
6. Aumento de los peróxidos totales celulares desde 6 a 30 mg.

Las acciones que pueden ejercer los polutantes sobre los mamíferos y las aves, son en general similares; se está más predispuesto por la presencia reiterada del polutante en el ecosistema en donde habita la especie afectada que por diferencias fisiológicas de estos; de todas las formas afecta más a mamíferos y aves salvajes (Capó, 1974).

La toxicidad de los metales pesados cuando es muy alta hace que su acción directa sobre los seres vivos ocurra a través del bloqueo de las actividades biológicas, es decir, la inactivación enzimática por la formación de enlaces entre el metal y los grupos -SH (sulfhidrilos) de las proteínas, causando daños irreversibles en los diferentes organismos. Para que los metales pesados puedan ejercer su toxicidad sobre un ser



vivo, éstos deben encontrarse disponibles para ser captados por éste, es decir que el metal debe estar biodisponible. Los metales pesados pueden considerarse neurotoxinas estas son sustancias que poseen una gran afinidad con el sistema nervioso del mamífero: son absorbidas por los terminales de los nervios y se transmiten por las neuronas hasta la célula nerviosa. En su camino por las neuronas destruyen las funciones vitales de las células nerviosas, como por ejemplo el sistema del transporte alimentario, la respiración celular. El cuerpo continuamente intenta eliminar las neurotoxinas por los sistemas de excreción: por el hígado, por los riñones, por la piel y por el aire espirado. Hay varios métodos de detoxificación en el cuerpo. El papel más importante lo juega el hígado; la mayoría de los productos eliminados pasan con la bilis y llegan al intestino delgado para ser eliminados por el sistema digestivo. No obstante, por la estructura lipófila y neurótropa de las neurotoxinas, la mayoría es reabsorbida en las paredes intestinales por los innumerables terminales nerviosos del sistema nervioso enteral. Los metales pesados también se consideran genotoxinas, siendo éstas un grupo de agentes tóxicos que son capaces de interactuar con el material genético de los organismos, alterándolo y produciendo mutaciones. Las mutaciones se producen tanto en las células germinales como en las células somáticas. Los cambios que se generan en los gametos pueden provocar esterilidad en el individuo portador o bien fijarse en el material genético, lo cual se traduce en cambios heredables. Si las mutaciones se producen en células somáticas el individuo puede desarrollar enfermedades, o bien iniciar el proceso canceroso. Los cambios genéticos también pueden provocar alteraciones en el embrión durante el desarrollo embrionario (Palencia, 2007).

Una sustancia química toxica puede provocar un daño temporal o permanente o el fallecimiento de personas o animales. Una sustancia química peligrosa puede dañar a las personas o animales por ser inflamable o explosivo, por irritar o dañar la piel o los pulmones o interfiere con la captación de oxígeno o induce reacciones alérgicas.



Existen tres tipos principales de agentes potencialmente tóxicos. Los mutágenos son sustancias químicas o formas de radiación que causan o aumentan la frecuencia de las mutaciones o cambios en las moléculas de ADN que se encuentran en las células. Casi todas las mutaciones son inocuas, pero algunas dan pie a varios tipos de cáncer y otros padecimientos. Son sustancias capaces de producir cambio genéticos hereditarios. Por ejemplo, el ácido nitroso formado por la digestión de conservadores de nitritos en los alimentos puede provocar mutaciones relacionadas con incrementos en cáncer estomacal en personas que consumen grandes cantidades de alimentos con conservadores y vino, que contiene conservadores de nitrato. Las mutaciones dañinas que ocurren en las células reproductivas se pueden heredar a los hijos de las generaciones futuras, no existe un umbral seguro para la exposición a los mutágenos. Los teratógenos son sustancias capaces de producir malformaciones en el proceso normal de reproducción, por aumento de la mortalidad o por defectos en la descendencia. Los teratógenos son sustancias químicas que causan daño y provocan defectos de nacimiento a un feto o embrión. El alcohol de etilo es un teratógeno, las bebidas alcohólicas durante el embarazo provocan descendientes con bajo peso al nacer y varios problemas físicos, de desarrollo, de comportamiento y mentales. La talidomida es un potente teratógeno. Los carcinógenos son sustancias químicas o tipos de radiación que pueden provocar o promover cáncer: un padecimiento en el cual las células nocivas se multiplican sin control y crean tumores que dañan el cuerpo y provocan la muerte. Un ejemplo es el benceno, un solvente químico muy utilizado. Muchos tumores cancerosos se extienden por metástasis, cuando se separan de los tumores las células nocivas y viajan en los fluidos corporales a otras partes del cuerpo, ahí provocan tumores nuevos y vuelven más difícil el tratamiento. Suelen transcurrir 10-40 años entre la exposición inicial a un teratógeno y la aparición de síntomas perceptibles (Miller, 2007).



III. DISCUSION

Los principales blancos de toxicidad de los metales son proteínas, muchas de ellas con actividad enzimática, afectando a diversos procesos bioquímicos y la integridad de las membranas celulares y de los organelos. Los efectos tóxicos de los metales se ejercen, salvo pocas excepciones, por interacciones entre el ión metálico libre y su blanco. La relación de toxicidad para algunos metales se ha correlacionado de manera directa con la fuerza para unirse a grupos SH (sulfhidriilo) en condiciones *in vitro*. Asimismo en estudios realizados por Vargas a la raíz primaria de *Arabidopsis thaliana* donde se determinó el efecto del plomo a concentraciones mayores afecta el desarrollo del follaje de raíces laterales, demostrando así el efecto tóxico de los metales pesados para los seres vivos en general. Según Chung nos habla acerca del caso de Choropampa donde hubo derramamiento de mercurio en el año 2000 por la empresa transportadora Ransa de la minera Yanacocha que trajo efectos adversos como convulsiones, insomnio, gusto metálico, dolores lumbares, destrucción de los glóbulos rojos; problema que hasta el día de hoy sigue dándose pasado ya muchas generaciones. Como ya se ha comentado varias veces, los metales pesados han demostrado efectos y los resultados en la mayoría de los ensayos de genotoxicidad son ambiguos estas razones podrían estar relacionadas con problemas de solubilidad, toxicidad e interferencias químicas de los metales evaluados, pero también podrían estar asociadas con que muchas veces no se utilizan los ensayos mutagénicos adecuados. De esta manera a la hora de establecer y conocer los efectos de los metales o metaloides sobre el material genético se deberían utilizar ensayos sensibles, específicos y capaces de detectar un amplio rango de mutaciones. Existen efectos adversos en la salud conocidos desde hace mucho tiempo, debido al uso de los metales, a pesar de los numerosos esfuerzos por disminuir la contaminación ambiental, la exposición a los mismos continua, y los niveles de emisiones continúan incrementándose en algunos lugares del mundo en particular en ciudades en vías de desarrollo, en países desarrollados estas emisiones han disminuido en los últimos cien años.



IV. 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 variadas y provienen de distintas fuentes puntuales y difusas.
- É Sin descuidar el control de metales y sustancias inorgánicas tóxicas, es necesario promover tanto mayor demanda de este tipo de análisis y a la vez un mayor desarrollo de la capacidad de análisis de compuestos orgánicos.
- É El hombre como especie y miembro de un ecosistema global llamado tierra tiene un papel preponderante en la conservación y destrucción del mismo y de las especies que lo conforman.
- É Es fundamental estudiar más a fondo los problemas derivados de los tóxicos, producto de los componentes químicos que se generan de la actividad natural o de la actuación de los seres humanos.



V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBERT, L. 1997. Introducción a la Toxicología Ambiental; Primera Edición; México.
2. BAUTISTA, A. 2006. Elementos potencialmente tóxicos en suelos agrícolas con manejo de riesgo contaminante, disponible en [<http://148.204.117.2/revista/pdf/vol4num1/elementos.pdf>], 8 de junio de 2007, México - Oaxaca
3. BRAGA, A. y SALA, M. 2001. Efecto tóxico del ión cadmio sobre la glándula submandibular de rata adulta, Revista Chilena de anatomía, Vol.19, N°2, 205-215
4. BERMÚDEZ, M. 2010. Contaminación y turismo sostenible, disponible en [http://www.google.com.pe/#hl=es&gs_nf=1&pq=contaminacion&cp=16&gs_id=j&xhr=t&q=contaminacion+pdf&pf=p&scient=psyab&oq=contaminacion+pd&gs_l=&pbx=1&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_qf.&fp=39826d520af2f1df&biw=775&bih=874], 12 de enero del 2010, Perú - Lima
5. BRADL, H., KIM, C., KRAMAR, U. y STÜBEN, D. 2005. Heavy Metals in the environment. Chapter 2: Interactions of heavy metals., Ed. H.B. Bradl, Vol.2(4): 124 ó 136
6. CAPÓ, M. 1974. Principios de Ecotoxicología, Editorial Magf., España
7. CARRANZA, R. 1997. Medio Ambiente Problemas y Soluciones, 1ra Edición, Editorial Tecnología educativa, Perú-Callao
8. CHUNG, B. 2008. Control de los contaminantes químicos en el Perú, Rev. Perú Med Exp Salud Pública, Vol. 25(4):413-18
9. CULLEN, W. y REIMER, K. 2003. Arsenic speciation in the environment. Chem, Rev. Science, Vol. 89: 713-764
10. DUYDU, Y., SUZEN, H., AYDIN, A., CANDER, O., UYSAL, H., ISIMER, A., y VURAL, N. 2001. Correlation between lead exposure indicators and

- sister chromatid Exchange (SCE) frequencies in lymphocytes from inorganic lead exposed workers, Arch Environ Contam Toxicol, Vol. 41: 214-246.
11. FLEMING, A. y TREVORS, T. 1989. Copper toxicity and chemistry in the environment: a review, Rev. Water Air Soil Poll., Vol. 44: 143-158
 12. HUTTON, M. 1987. Lead, mercury, cadmium and arsenic in the environment SCOPE 31. Chapter 3: Cadmium. Ed. T.C. Hutchinson and K.M. Meena, Published by John Willey & sons, Cincinnati, Ohio.
 13. JAWORSKI, F. 1987. Cycling and ecosystem impact of metals in contaminated calcareous dredged sediment-derived soils (Flanders, Belgium). Science of the Total Environment, 400(1-3): 283-289
 14. LAGO, R. 2007. Toxicología Ocupacional Servicios Profesionales Salud ocupacional y Seguridad Ambiental, disponible en [http://200.54.67.133/capacita/cont/imagenes/rev0901_ind4.pdf], 3 de enero, 2008, Universidad Colombiana.
 15. LUBO, A., NAVA, C., VILLASMIL V., QUEVEDO A., MONTIE M., SIMOES D. y FARÍA, C. 2006. Efectos del cadmio sobre el parénquima ovárico en ratones albinos, Rev. suiz Invest Clin, Vol. 47(3): 219 - 231
 16. MARGALEF, R. 1991. Teoría de los sistemas ecológicos, 3ra Edición, Publicaciones de la Universidad de Barcelona, España.
 17. MARIN, G. 2007. Aproximación ecotoxicológica a la contaminación por metales pesados en la laguna costera del Mar Menor, Publicaciones Universidad de Murcia, España
 18. MARTÍNEZ, M., SÁNTIZ, M., ORTIZ, R. y CARREÓN, Y. 2009. Efecto del cobre en el crecimiento y la arquitectura de la raíz de *Arabidopsis thaliana* L., Revista Biológicas, N°11, pp. 122 ó 131
 19. MAZ, A. y AZCUE, J. 1993. Metales en Sistemas Biológicos, 8va Edición, Promociones y publicaciones universitarias S.A., España.

20. MÉNDEZ, B., CABRERA, F., ARIZAB, J. y MADEJÓNA, P. 1997. Introducción a la microbiología del suelo. AGT Editor, S.A México, 491 Pág., 73-81.
21. MESELDZIC, P. 1974. Contaminación Ambiental y América Latina, Primera Edición; Editorial Jurídica, Lima-Perú.
22. MILLER, T. 2007. Ciencia Ambiental Desarrollo Sostenible un enfoque integral, Octava Edición, España.
23. MORIARTY, F. 1983. *Ecotoxicology the study of pollutants in ecosystems*, Academic Press London, Science Publishers, Vol.164: 351-358
24. NARVAEZ, N. 2001. *Remoción de aluminio en soluciones acuosas por materiales orgánicos de uso agrícola*, Rev. Suelos Ecuatoriales, Vol. 31, N° 001A, 457 Pag., pp 125-131
25. NAVA, C. y MÉNDEZ, A. 2011. *Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio)*, Rev. Arch Neurocién (Mex), Vol 16, N° 3: 140-147
26. NAVARRO, A., AGUILAR, A. y LÓPEZ, J. 2007. *Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas*, Rev. Ecosistemas, Vol. 16 (2): 10-25
27. NEBEL, J. y WRIGHT, T. 1999. Ciencias ambientales: Ecología y desarrollo sostenible, Sexta edición, Editorial prentice Hall Hispanoamericana S. A., México.
28. ODUM, E. 1985. Ecología, 3° Edición, Editorial Omega, México.
29. ODUM, E. 1986. Ecología, 4ta Edición, Editorial CECSA, México.
30. OROZCO, C., PEREZ, A., GONZALEZ, D., RODRIGUEZ, V. y ALFAYATE, B. 2003. Contaminación Ambiental una visión desde la química, Editora Thomson, España.
31. PALENCIA, Y. 2007. *Sustancias bioactivas en los alimentos*, disponible en [http://www.unizar.es/med_naturista/bioactivos%20en%20alimentos.pdf], 18 de abril de 2007, España.



32. PALUS, J., RYDZYNSKI, K., DZIUBALTOWSKA, E., WYSZYNSKA, K., NATARAJAN, T. y NILSSON, R. 2003. "Genotoxic effects of occupational exposure to lead and cadmium", *Rev. Mutat Res.*, Vol. 540: 19-28
33. PEÑA, C., CARTER, D. y AYALA, F. 2001. *Toxicología Ambiental Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental*, disponible en [<http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/>], 3 setiembre del 2001, Universidad de Arizona.
34. PÉREZ, R. y RAMOS, G. 2011. *Efecto de los metales pesados en el medio ambiente y la salud humana*, Editorial Pinar del Río, Cuba.
35. PRIETO, G., CALLEJAS, J., GUTIÉRREZ, R., PRIETO, J., MÉNDEZ, A., GORDILLO, M. y MÉNDEZ, M. 2007. "Acumulación de arsénico en el cultivo de habas (Vicia faba)", *Revista de Agronomía Costarricense*, Vol. 31(2): 101-109
36. RAJAH, T. y AHUJA Y. 1995. "In vivo genotoxic effects of smoking and occupational lead exposure in printing press workers", *Toxicol Lett*, Vol. 76: 71-75
37. RAMÍREZ, A. 2002. "Toxicología del cadmio conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos", *Revista Toxicología*, Vol. 63: 51 ó 64
38. REPETTO, M. 2009. *Toxicología Fundamental*, Cuarta Edición, Ediciones Díaz de Santos, España- Sevilla.
39. SANZ, F. 1974. *Sentido y Posibilidades de la Toxicología Ambiental*, Editorial CECSA, México - U.C.M.
40. SEOÁNEZ, C. 2005. *Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas*, 2da Edición, Editorial Mac Graw Hill, España.
41. TAMARIZ, F. 1996. *Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados en el municipio de Atlixco*, Publicaciones de Universidad Nacional Autónoma de México, México - Puebla.



42. TRUHAUT, R. 1969. Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. *Ecotoxicol Environ, Saf* 1:151-173
43. VAGLENOV, A., CREUS, A., LALTCHEV, S., PEYKOVA, V., PAVLOVA, S. y YMARCOS, R. 2001. "Occupational exposure to lead and induction of genetic damage". *Environ Health Perspect, Vol.109*: 295-298
44. VALDERRAMA, S., VEGA, A. y CHICO, J. 2009. "Efecto del aluminio y el pH en el crecimiento de raíces de *Phaseolus vulgaris* var. caballero en condiciones de laboratorio", *Revista Congreso Internacional de Ecología y Medio Ambiente, Vol. 1*:141-145
45. VARGAS, L., MARTÍNEZ, M., ORTIZ, C. y LÓPEZ, J. 2007. "Efecto de metales pesados sobre el crecimiento de la raíz primaria de *Arabidopsis thaliana* L.", *Revista Ciencia Nicolaita, Vol. 49*:101-112
46. WU, F., CHANG, P., WU, C. y KUO, H. 2002. "Correlation of Blood Lead with DNA-Protein Cross-Links and Sister Chromatid Exchanges in Lead workers". *Cancer Epidemiol Biomarkers, Prev* 11: 287-290

DIRECCION DE SISTEMAS DE INFORMATICA Y COMUNICACION