

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
“ZARAGOZA”**

**DIPLOMADO EN QUÍMICA LEGAL**

**OROPEZA RAYAS GUADALUPE**

**ASESOR**

**QFI. ESTELA VALENCIA PLATA**

**TESINA**

**EFFECTOS TOXICOLÓGICOS DE CROMATOS,  
PLOMO Y ARSÉNICO POR EXPOSICIÓN  
LABORAL**

**MÉXICO, D.F. FEBRERO 2007**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	3
LIMITACIONES DEL ESTUDIO	3
TIPO DE INVESTIGACIÓN	4
PROCEDIMIENTO	4
TOXICOLOGÍA	
1. DEFINICIÓN DE TOXICOLOGÍA	5
1.1. ANTECEDENTES DE LA TOXICOLOGÍA	5
1.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS XENOBIÓTICOS	6
1.2. TOXICOCINÉTICA	6
1.2.1. DEFINICIÓN DE TOXICOCINÉTICA	6
1.2.2. ETAPAS DE LA TOXICOCINÉTICA	6
INTOXICACIONES POR CROMATOS	
2. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL CROMO	8
2.1. FUENTES DE CROMO	8
2.1.1. USOS DEL CROMO	9
2.2. EXPOSICIÓN PROFESIONAL	9
2.2.1. EFECTOS DEL CROMO SOBRE EL ORGANISMO	9
2.2.2. TOXICOCINÉTICA	10

2.2.3. MUESTRAS PARA ANÁLISIS TOXICOLÓGICO	11
2.3. TRATAMIENTO	11
2.4. DOSIS	11
2.5. PROFILAXIS	11
INTOXICACIONES POR PLOMO	
3. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PLOMO	12
3.1. FUENTES DE PLOMO	12
3.1.1. USOS DEL PLOMO	13
3.2. EXPOSICIÓN PROFESIONAL	13
3.2.1. EFECTOS DEL PLOMO SOBRE EL ORGANISMO	13
3.2.2. TOXICOCINÉTICA	16
3.2.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO	16
3.2.4. MUESTRAS PARA ANÁLISIS TOXICOLÓGICO	17
3.3. TRATAMIENTO	17
3.4. PROFILAXIS	18
INTOXICACIONES POR ARSÉNICO	
4. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ARSÉNICO	18
4.1. FUENTES DE ARSÉNICO	19
4.1.1. USOS DEL ARSÉNICO	19
4.2. EXPOSICIÓN PROFESIONAL	19
4.2.1. EFECTOS DEL ARSÉNICO SOBRE EL ORGANISMO	19
4.2.2. TOXICOCINÉTICA	22
4.2.3. MUESTRAS PARA ANÁLISIS TOXICOLÓGICO	22
4.3. TRATAMIENTO	22
4.4. DOSIS	23
4.5. PROFILAXIS	23

IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE CROMATOS, PLOMO Y ARSÉNICO 5. ESPECTOFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA	
5.1.1. FACTORES QUE AFECTAN LA ABSORCIÓN ATÓMICA	23
	24
5.2. APLICACIONES DE LA ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA	25
LEGISLACIÓN REFERENTE A LAS INTOXICACIONES POR EXPOSICIÓN LABORAL	
6. ENFERMEDADES DEL TRABAJO	26
6.1. CRITERIOS MÉDICOS	26
6.2. CRITERIOS JURÍDICOS	27
6.3. LEY FEDERAL DEL TRABAJO DE MÉXICO	27
DISCUSIÓN	29
CONCLUSIÓN	30
REFERENCIAS	31

## **RESUMEN**

En nuestro país existen industrias que emplean una gran variedad de sustancias inorgánicas capaces de producir daño a las personas que al laborar tienen contacto con ellas, estos efectos muchas veces son desconocidos por los trabajadores, así como los derechos que pueden reclamar al presentar alguna enfermedad producida en el ambiente laboral. Esta problemática se abordará mediante la recopilación de información sobre los aspectos legales y fisiológicos de las intoxicaciones por cromatos, plomo y arsénico en el trabajo, con lo cual se espera obtener la descripción de las patologías producidas por dichas intoxicaciones y las implicaciones legales relacionadas con las mismas.

## **INTRODUCCIÓN**

Las intoxicaciones por metales pesados son de los padecimientos ocupacionales más antiguos en todo el mundo, es aquí donde radica su importancia; porque en países como el nuestro se trabaja comúnmente la extracción o producción de bienes que tienen que ver con esos metales y la mayoría de las personas que laboran en este medio no tienen conocimiento de los riesgos que corren, ni de las prestaciones que tienen al correr esos riesgos. Los metales traza en sentido geológico son la principal fuente de los problemas de toxicidad debidos a los metales, puesto que la mayoría de los organismos no se adaptan a ellos cuando se encuentran localmente en el ambiente en altas concentraciones. Muchos metales traza son esenciales para la vida normal en bajas concentraciones.

Los niveles excesivos de metales traza pueden producirse de modo natural de resultas de fenómenos geológicos normales, los seres humanos liberan más metales quemando combustibles fósiles, extrayendo minerales, descargando residuos industriales, agrícolas y domésticos, o mediante la aplicación deliberada en plaguicidas. Una vez que están disponibles en el ambiente, de ordinario los metales no cambian de lugar con rapidez ni experimentan destoxicación rápida a través de actividades metabólicas como resultado de todo esto se acumulan.

Los principales metales problema son nueve, han sido definidos como peligrosos potenciales: bario, cadmio, cobre, plomo, manganeso, níquel, cinc, vanadio y el estaño. Todos éstos, excepto el manganeso, son metales traza, y todos, excepto el bario, son metales pesados. Al seleccionar estos metales se ha ignorado deliberadamente a metales que son tóxicos para los seres humanos cuando las concentraciones en el ambiente, incluido el ambiente industrial, son todavía muy bajas, por ejemplo, el antimonio y el arsénico. (8).

## **OBJETIVOS**

Conocer los efectos toxicológicos de contaminantes inorgánicos como lo son el plomo, cromatos y arsénico por exposición laboral.

Conocer si existen o no documentos legales que amparen al trabajador en caso de sufrir intoxicación.

Investigar las técnicas de análisis que existen para la identificación y cuantificación de estos metales en fluidos o tejidos biológicos.

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Debido a los riesgos y daños a los que son expuestas las personas que laboran con cualquiera estos metales, es importante que estén informados de los riesgos, precauciones y prestaciones a las que tiene derecho en caso de sufrir alguna enfermedad derivada por estas causas.

## **IMPORTANCIA DEL ESTUDIO**

A pesar de que existe evidencia científica para demostrar que los contaminantes, en este caso el plomo, cromatos y arsénico provocan daños serios a la salud; se carece de información que permita prevenir o asesorar en forma jurídica a las personas que se ven afectadas por estos metales.

## **LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

La dificultad para encontrar referencias sobre estos metales que sean recientes y de libre acceso.

La escasa o nula infraestructura para realizar las determinaciones de estos metales con un grado de confiabilidad aceptable y la información que sobre estas se pueda obtener.



## **TIPO DE INVESTIGACION**

La presente investigación es de tipo documental.

## **PROCEDIMIENTO**

Se realiza un recorrido en diferentes bibliotecas para obtener información bibliográfica y hemerográfica sobre los temas que este documento aborda.

# **TOXICOLOGÍA**

## **1. DEFINICIÓN DE TOXICOLOGÍA**

La toxicología puede definirse como el estudio de los efectos adversos de los xenobióticos.

El término xenobiótico del griego, *xeno* (extraño) *biótico* (vida) significa compuesto extraño para la vida o para los seres vivos.

### **1.1. ANTECEDENTES DE LA TOXICOLOGÍA**

Los orígenes de la toxicología son remotos. Ya en el papiro de Ebers (1500 años a. de C.) se refería a la cicuta, el acónito, el opio y metales como el plomo, el cromo y el antimonio. Su espectro de acción abarca el área biomédica, donde se estudian los mecanismos de acción de los tóxicos como causantes de enfermedad; el área de la fisiología y la farmacología, donde se emplean agentes tóxicos para comprender fenómenos fisiológicos; el área industrial, donde se evalúan los riesgos de exposición a tóxicos; el área ambiental, donde se estudian los efectos adversos de las sustancias químicas sobre la flora y la fauna, y el área clínica, donde se desarrollan antídotos y tratamientos para las intoxicaciones y el trauma xenobiótico.

En palabras de Gallo y Dull: “Como la medicina, la toxicología es ciencia y arte. Tiene de ciencia la fase de observación y datos, y de arte la fase de predicción. Con frecuencia estas se entrelazan pues los hechos generados por la ciencia toxicológica son utilizados para desarrollar extrapolaciones e hipótesis sobre los efectos adversos de agentes químicos en situaciones donde hay escasa o ninguna información”.

#### **1.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS XENOBIÓTICOS**

Los xenobióticos (tóxicos) pueden clasificarse por su origen, estado físico, órgano blanco, composición química y mecanismo de acción.

## **1.2. TOXICOCINÉTICA**

### **1.2.1. DEFINICIÓN DE TOXICOCINÉTICA**

La toxicocinética es el curso que toda sustancia toxicológicamente activa recorre en el organismo.

### 1.2.2. ETAPAS DE LA TOXICOCINÉTICA

Las etapas que la toxicocinética comprende son las siguientes:

**Absorción:** Desde el punto de vista clínico, las vías de absorción de los tóxicos son: *la vía digestiva*, que constituye la más importante vía de acceso de tóxicos. Para llegar a la vena porta y al sistema linfático, el tóxico debe atravesar la membrana epitelial y la membrana basal de los capilares ya sea por absorción pasiva, transporte activo y facilitado, absorción por par iónico o por pinocitosis; *la vía respiratoria*, que constituye la vía de acceso de tóxicos gaseosos, sólidos finamente divididos y líquidos atomizados. Los tóxicos llegan a la circulación sanguínea por difusión simple en el alvéolo pulmonar; *la vía cutánea*, donde a través de la piel sana pueden penetrar sustancias cáusticas, tinturas y solventes de la grasa de la piel; *la vía parenteral*, con sus variedades: subcutánea, intramuscular y endovenosa; por último *la vía mucosa*, que comprende la conjuntiva de los párpados, la mucosa nasal, sublingual y rectal.

**Distribución:** El tóxico absorbido pasa a la sangre (compartimiento central) o a los tejidos de depósito (compartimiento periférico). Este proceso constituye un mecanismo de defensa porque permite al organismo degradar lentamente al tóxico. Los factores que intervienen en la distribución y fijación del tóxico son el coeficiente de liposolubilidad o de hidrosolubilidad, la unión a proteínas, la reacción química y el grado de ionización.

**Biotransformación:** Tiene por objeto eliminar al tóxico o convertirlo en sustancias menos dañinas para el organismo, está comprendida por dos fases; *Fase I*, de oxidación, reducción e hidrólisis; *Fase II*, de conjugación. Los sistemas de biotransformación más grandes se encuentran en las células del hígado, y los de menor importancia en el riñón, pulmón, intestino y cerebro.

**Eliminación o excreción:** Finalmente los tóxicos o sus metabolitos son excretados. Las principales vías de eliminación son las siguientes; pulmón, por esta vía el organismo elimina principalmente los anestésicos volátiles y gases tóxicos; bilis, las sustancias hidrosolubles pasan a la bilis por excreción activa, para las sustancias no polares existe una circulación entero-hepática, por la cual los tóxicos son excretados en la bilis y absorbidos en el intestino delgado; riñón, constituye la

principal vía de eliminación de tóxicos o de sus metabolitos, requiere que sean sustancias hidrosolubles, el pH de la orina es un factor importante ya que si la orina es alcalina estará dificultada la eliminación de sustancias básicas, y viceversa para las ácidas. (1)

## **INTOXICACIONES POR CROMATOS**

### **2. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL CROMO**

El cromo es un elemento blanco azulado, muy duro (2). Cuenta con un número atómico de 24 y una masa de 52.01, pertenece a la primera serie de los elementos de transición. Su posición en el subgrupo VIB del sistema periódico se rodea por tres elementos de función biológica conocida: el vanadio, manganeso y molibdeno. El cromo puede ocurrir en cada uno de los estados de oxidación de  $-2$  a  $+6$ , pero solo los estados  $+2$ ,  $+3$ , y  $+6$  son comunes. Sin embargo únicamente las formas trivalente y hexavalente tienen importancia biológica (3).

#### **2.1. FUENTES DE CROMO**

Fuentes naturales: El cromo se encuentra en la cromita y en otros minerales que se encuentran en la corteza terrestre. El cromo siempre ha estado presente en el suelo, aire y agua del planeta.

Fuentes antropogénicas. Entre estas se encuentra la extracción de compuestos de cromo a partir de la cromita, la industria química, colorantes, pigmentos, plaguicidas, el cromado electrolítico o galvanoplastia, el curtido de cueros y pieles, el uso de compuestos de cromo como mordientes en teñido de telas y usos menores como conservador de madera, cerámica metálica, fotograbado, fabricación de cerillos, explosivos, linóleo, etc. (2).

##### **2.1.1. USOS DEL CROMO**

Los cromatos se emplean en la industria del acero, el curtido de cuero, como anticorrosivo de radiadores, como componentes de ceras para piso, y en la síntesis química. El dicromato de potasio es constituyente de baterías y de tintes para muebles (1).

## **2.2. EXPOSICIÓN PROFESIONAL**

Incluye a las personas que trabajan en minas de las que se extrae este elemento, industrias y fábricas que lo procesan. La mayoría del conocimiento disponible en los efectos carcinogénicos de compuestos del cromo se ha generado de los estudios en los grupos profesionalmente expuestos (3). De esta forma los compuestos de cromo penetran en el organismo por exposición crónica y dañan diversos sistemas, causando irritaciones, úlceras, hepatitis, nefritis, erosión y color amarillo en los dientes.

### **2.2.1. EFECTOS DEL CROMO SOBRE EL ORGANISMO**

En los ojos expuestos crónicamente a compuestos de cromo, se observan conjuntivitis, lagrimeo y dolor.

El ácido crómico y sus sales tienen acción corrosiva sobre la piel y las membranas mucosas. Las lesiones se presentan en las partes expuestas, principalmente la piel de manos, antebrazos y las membranas mucosas del tabique nasal. La lesión característica de la exposición a los compuestos de cromo es una úlcera penetrante y profunda que, en la mayoría de los casos, no supura y cuya curación es lenta. Las úlceras son del tamaño de una cabeza de cerillo o de una punta de lápiz y se localizan principalmente alrededor de la base de las uñas o en los nudillos, dorso de las manos y antebrazo. Con frecuencia estas úlceras no producen dolor a pesar de ser bastante profundas (2).

Las sales de cromo son reconocidos cancerígenos de pulmón, cavidad nasal y seno paranasal. Las úlceras del tabique nasal evolucionan lentamente, forman una costra y dejan como secuela una cicatriz sobre la membrana mucosa. Si la exposición continúa, la perforación puede producir deformación de la nariz. Se cree que el mecanismo de carcinogenicidad por cromo 6 en los pulmones es su reducción hacia cromo 3 y su generación de intermediarios reactivos (4).

También la frecuencia del cáncer pulmonar se halla incrementada hasta 15 veces más que lo normal, en trabajadores expuestos al polvo de cromita, óxido crómico y minerales de cromo. Todos los compuestos en los cuales el cromo tenga valencia de 6 son considerados como carcinógenos.

Se ha observado hepatitis aguda con ictericia, los síntomas en la hepatitis aguda incluyen náusea, vómito, pérdida de apetito y hepatomegalia dolorosa (5).

El principal efecto de ingestión de grandes cantidades de cromo es el daño agudo de los túbulos y glomérulos renales (4).

En la intoxicación aguda por ingestión, puede encontrarse un tinte anaranjado en la mucosa del estómago y del intestino delgado, y en ocasiones los cristales de tóxico. Son frecuentes las úlceras en boca, esófago y estómago; se atribuyen al efecto cáustico del cromo hexavalente (1).

### **2.2.2. TOXICOCINÉTICA**

Se absorbe en el tracto digestivo y en los pulmones. Se deposita en todos los tejidos. Se elimina 60% por los riñones a partir de las ocho horas de la ingestión, y puede estar presente en la orina durante 14 días. También se elimina en menor proporción por vía intestinal, y en pequeña cantidad por la leche materna (1).

### **2.2.3. MUESTRAS PARA ANÁLISIS TOXICOLÓGICO**

Los elementos necesarios son: el paciente vivo, orina y sangre; de estos últimos; el nivel tóxico en sangre: más de 2.56  $\mu\text{g}/\text{dL}$  y nivel tóxico en orina: más de 3.7  $\mu\text{g}/\text{L}$ .

### **2.3. TRATAMIENTO**

Estabilización. Deben mantenerse vías aéreas y circulación. Si es necesario, administrar respiración asistida.

Descontaminar. Inducir el vómito con ipeca si no hay convulsiones o coma. De lo contrario, usar lavado gástrico con intubación endotraqueal. Como líquido de lavado puede emplearse el agua albuminosa, que consiste en cuatro claras de huevo en un litro de agua.

Tratamiento de soporte. Monitorear las funciones renal y hepática. Dar oxígeno si hay compromiso respiratorio. En la dermatitis crónica, puede aplicarse acetato de aluminio al 3%.

### **2.4. DOSIS**

El límite de exposición al polvo del metal es de 0.5  $\text{mg}/\text{m}^3$  para las forma elemental y los compuestos bi y trivalentes, y de 0.05  $\text{mg}/\text{m}^3$  para la mayoría de los compuestos hexavalentes.

## **2.5. PROFILAXIS**

Los vapores y polvos del metal y sus derivados deben ser controlados adecuadamente. Las soluciones de cromatos no deben entrar en contacto con la piel (1). El ion hexavalente por ser más tóxico debe reducirse al estado trivalente para formar productos insolubles antes que los residuos de cromo pasen al ambiente (6).

## **INTOXICACIONES POR PLOMO**

### **3. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PLOMO**

Se encuentra en el grupo IV de la tabla periódica, sus estados de oxidación son 0, +2, +4. Su número de valencia generalmente es 2, pero también reacciona con valencia 4, sobre todo en compuestos orgánicos.

#### **3.1. FUENTES DE PLOMO**

Fuentes naturales: El plomo es un elemento relativamente abundante que se encuentra en el aire, agua, suelo, plantas y animales. Sus fuentes naturales son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de plomo y las emanaciones volcánicas. Su proporción en la corteza terrestre es aproximadamente de 15 ppm. Desde el punto de vista comercial, los minerales más importantes son la galena (PbS, sulfuro de plomo), la cerusita (PbCO<sub>3</sub>, carbonato de plomo) y la anglesita (PbSO<sub>4</sub>, sulfato de plomo).

La galena es la principal fuente de producción de plomo y se encuentra generalmente asociada con diversos minerales de zinc y, en pequeñas cantidades con cobre, cadmio, hierro, etc.

Las fuentes naturales de plomo emiten anualmente al ambiente cerca de 200 000 toneladas de este metal.

Fuentes antropogénicas: En la actualidad se utiliza principalmente en la producción de acumuladores y baterías, pigmentos, insecticidas, explosivos, reactivos químicos, soldaduras, alfarería decorativa vidriada en hoja metálica y en barro, cubiertas para proteger de los rayos X, tuberías, etc. (2).

### **3.1.1. USOS DEL PLOMO**

Uno de los más actuales es la fabricación de baterías de automóvil; otro es la preparación de pinturas, soldaduras e insecticidas. La tecnología moderna ha desterrado de las imprentas el riesgo que representaba el uso de plomo en los sistemas de linotipos. (1).

### **3.2. EXPOSICIÓN PROFESIONAL**

Incluye a las personas que trabajan en la industria automotriz, en las minas de donde se extrae este metal, en las industrias de fundición, a las que utilizan plaguicidas y fertilizantes entre otras. (2).

#### **3.2.1. EFECTOS DEL PLOMO SOBRE EL ORGANISMO**

El plomo produce efectos tóxicos multisistémicos a través de por lo menos tres mecanismos: inhibiendo la actividad de las enzimas, algunas veces como consecuencia de enlaces con grupos sulfhidrilo; interfiriendo la acción de cationes esenciales, en particular calcio, hierro y cinc; y alterando la estructura de las membranas celulares y receptores.

Efectos sobre el sistema nervioso. El desarrollo del sistema nervioso central en el feto e infante es el órgano blanco más sensible a los efectos tóxicos del plomo. La agudeza auditiva también puede disminuir. Los adultos son menos sensibles a los efectos del plomo en el sistema nervioso central, pero a concentraciones de plomo en la sangre superiores a 30µg/dL, pueden surgir gradualmente signos y síntomas tales como irritabilidad, fatiga, disminución de la libido, anorexia, trastornos del sueño y de la coordinación mental-motora y tiempo de reacción lento. Son quejas frecuentes la cefalea, artralgias y mialgias, y el temblor es menos común.

Los signos preclínicos de disfunciones nerviosas periféricas inducidas por plomo pueden ser detectables por exámenes electrodiagnósticos.

Efectos sobre la sangre. El plomo puede inducir anemia normocítica o microcítica e hipocrómica. El plomo interfiere en la síntesis del hem, bloqueando la incorporación de hierro a la protoporfirina IX e inhibiendo la función de las enzimas en la vía de la síntesis del hem, incluyendo la deshidratasa del ácido aminolevulínico y la ferroquelatasa. Entre 2 y 8 semanas después de un aumento en la concentración de plomo en la sangre ( entre 30 y 50 µg/dL ), pueden ser detectados en la sangre total



incrementos en los precursores del hem, principalmente protoporfirina eritrocitaria libre o su quelato de cinc, cinc protoporfirina. El plomo también contribuye a la anemia, al incrementar la fragilidad de la membrana de eritrocitos y disminuir su tiempo de supervivencia. La hemólisis puede ocurrir con una exposición grande. La presencia de puntos basofílicos en el frotis de sangre periférica sanguínea, es considerada una consecuencia de la inhibición por plomo de la enzima 3', 5'-nucleotidasa pirimidina, algunas veces sugiere, aunque no en forma sensible si específica, pistas de diagnóstico ante la presencia de intoxicación por plomo.

Efectos sobre los riñones. La exposición crónica al plomo en grandes cantidades, por lo general relacionada con concentraciones sanguíneas superiores a 80  $\mu\text{g/dL}$ , por meses o años puede resultar en una nefropatía por plomo que puede tener una latencia de años. El plomo puede alterar la excreción de ácido úrico por el riñón, ocasionando periodos de artritis gotosa (saturnina). La exposición aguda al plomo en grandes cantidades algunas veces produce disfunción tubular aguda reversible.

Muchos estudios epidemiológicos y en animales sugieren que la exposición al plomo en pequeñas concentraciones (a falta de algún efecto nefrotóxico detectable), puede estar relacionada con hipertensión en individuos susceptibles. Investigaciones en personas de mediana edad a ancianos con un nivel bajo de exposición al plomo ambiental se encontró que la concentración de plomo óseo, un marcador de exposición de plomo acumulado a largo plazo, esta relacionada con la elevación de la presión arterial.

Efectos sobre los órganos reproductivos. La exposición de la madre al plomo se relaciona con un incremento en la tasa de abortos, disminución de la edad gestacional y bajo peso en el nacimiento. En varones, la concentración de plomo en la sangre superior a 40  $\mu\text{g/dL}$  ha sido relacionada con disminución o producción aberrante de esperma.

Efectos sobre el tracto gastrointestinal. La intoxicación moderada por plomo puede causar pérdida de apetito, estreñimiento y en forma menos frecuente diarrea. En grandes cantidades pueden ocurrir periodos intermitentes de dolor abdominal tipo cólico intenso (cólico de plomo). El mecanismo del cólico por plomo no está claro, pero se cree que involucra contracciones espasmódicas de los músculos lisos de la pared intestinal. En individuos muy expuestos, con una higiene dental insuficiente la

reacción al plomo circulante con iones de sulfuro liberados por la acción microbiana puede producir depósitos oscuros de sulfuro de plomo en el margen gingival (líneas gingivales de plomo).

Efectos sobre el sistema cardiovascular. La presión arterial parece ser de las variables más sensibles a la exposición crónica al plomo. El efecto es más marcado en hombres de mediana edad, pero también se presentan en mujeres. Las concentraciones de plomo sanguíneo tan bajas como  $7\mu\text{g/dL}$  se relacionaron con aumento del riesgo de hipertensión. (7).

### **3.2.2. TOXICOCINÉTICA**

Las sales de plomo ingeridas pueden absorberse entre 5 y 10 % en el intestino delgado, después de que el jugo gástrico las solubiliza. En los adultos, mientras la ingesta diaria de plomo sea menor de  $0.5\text{ mg}$ , se elimina en las heces a través de la bilis. Los vapores de plomo son absorbidos entre 50 y 70% por los alvéolos pulmonares si las partículas son menores de una micra. El plomo orgánico (tetraetilo de plomo) puede absorberse a través de la piel. En la sangre, 95% del plomo está en los glóbulos rojos, donde su vida media es de 38 días de ahí se distribuye al riñón, hígado, cerebro y huesos. Estos últimos constituyen el mayor depósito de plomo en el organismo. En el esqueleto, la vida media del metal oscila entre 20 y 30 años. Finalmente el plomo se elimina principalmente por los riñones (75%). El promedio de eliminación depende de la filtración glomerular y del flujo plasmático renal. El resto es eliminado por las uñas, el pelo, el sudor y por el intestino grueso. (1).

### **3.2.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO**

Protoporfirina eritrocítica libre (FEP). Es la mejor prueba en sangre para el diagnóstico de la intoxicación crónica por plomo (no para la aguda).

Plomo en sangre. La concentración de plomo en la sangre (plumbemia) es el mejor parámetro de exposición reciente. Las manifestaciones clínicas se dan a partir de los niveles de  $60\mu\text{g/dL}$  en niños y de  $80\mu\text{g/dL}$  en adultos. Es importante utilizar tubos de ensayo al vacío libres de plomo para la toma de muestras de sangre, los cuales existen en el comercio.

Protoporfirina cinc eritrocítica. Esta prueba de la sangre mide los efectos del plomo sobre la médula ósea que ocurrieron 120 días antes. Empieza a elevarse a partir de plumbemias de 15-20  $\mu\text{g/dL}$  en los niños, 20-25  $\mu\text{g/dL}$  en mujeres adultas y 30-40  $\mu\text{g/dL}$  en hombres adultos.

Inhibición de delta-ácido amino levulínico deshidratasa. Es el indicador más sensible del efecto del plomo. Sus cambios empiezan a manifestarse en plumbemia tan baja como 10 $\mu\text{g/dL}$ . En orina lo hace a partir de plumbemia de 40  $\mu\text{g/dL}$ .

Otros criterios orientadores. El punteado basófilo en los glóbulos rojos es un signo sugestivo de intoxicación por plomo cuando existe información complementaria, aunque puede hallarse en otras intoxicaciones. Las bandas radiopacas en radiografías de huesos largos (cerca de muñecas y rodillas) reflejan exposición crónica. Consisten en zonas densas de trifosfato de plomo, que para su formación requieren de cuatro a ocho semanas de exposición al tóxico.

#### **3.2.4. MUESTRAS PARA ANÁLISIS TOXICOLÓGICO**

Los elementos para los análisis son orina y sangre.

#### **3.3. TRATAMIENTO**

Antídotos. Como tales pueden mencionarse el dimercaprol, el EDTA y la penicilamina.

Dimercaprol o BAL. Los grupos sulfhidrilos del BAL atraen metales pesados como el plomo y forman un complejo estable heterocíclico quelato-metal. Estimula la excreción urinaria y fecal del plomo, y difunde bien en eritrocitos y neuronas. Su acción empieza a los 30 minutos, y el complejo metal quelato es excretado entre cuatro y seis horas, principalmente por la bilis. Esta contraindicado en casos de insuficiencia hepática y en deficiencia de la glucosa-6-fosfato deshidrogenasa.

EDTA. Este compuesto forma un complejo estable, excretable por el riñón, y que remueve todo el plomo almacenado en depósitos extracelulares. Reduce el plomo presente en eritrocitos, riñón, hígado y sistema nervioso central, en equilibrio con el plomo en el compartimiento extracelular. Su principal efecto adverso es la nefrotoxicidad. Debe confirmarse una diuresis adecuada antes de administrarlo.

Cuando se emplea en combinación con el BAL, debe empezarse después de la segunda dosis de aquél.

Penicilamina. Es el único compuesto oral para la movilización del plomo en huesos, y su aplicación en el saturnismo aún está en la etapa de investigación.

Cólico saturnino. Se recomienda administrar 20 mililitros de gluconato de calcio al 20%, por vía endovenosa. Obliga al plomo circulante a depositarse en los huesos.

Otra opción es la solución dextrosada al 10% (10-20 mg/Kg) por vía endovenosa durante un periodo de una a dos horas.

### **3.4. PROFILAXIS**

Consiste en mantener las concentraciones de vapores de plomo dentro de límites de seguridad, y que los pintores y trabajadores expuestos al tóxico se cambien de ropas y se bañen antes de comer. (1).

## **INTOXICACIONES POR ARSÉNICO**

### **4. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ARSÉNICO**

El arsénico es un metal de amplia distribución. El átomo de arsénico existe en la forma elemental y en los estados de oxidación trivalente y pentavalente. La toxicidad de un arsenical particular depende de la rapidez con que es eliminado del cuerpo y, en consecuencia, de su grado de acumulación en tejidos. (9).

#### **4.1. FUENTES DE ARSÉNICO**

Fuentes naturales. En la naturaleza, el arsénico se encuentra libre y combinado en un gran número de minerales. Generalmente se encuentra en forma pentavalente, existen mas de 150 minerales que lo contienen. El contenido de arsénico en la corteza terrestre es de 2 ppm. No obstante, su distribución es muy heterogénea; en los suelos que yacen sobre depósitos de sulfuros, se ha encontrado en concentraciones de hasta 8 000 mg/Kg.

Fuentes antropogénicas. Los productos generados por el hombre incluyen el arsénico metálico, el pentóxido y el trióxido, los arseniatos de calcio y plomo. Son un subproducto de la fundición de metales, aleaciones con plomo y cobre, plaguicidas, preservadores de madera, etc. (2).

#### **4.1.1. USOS DEL ARSÉNICO**

En la actualidad, el arsénico se emplea en la manufactura de rodenticidas, herbicidas y otros productos agrícolas.(1). Es usado en algunas preparaciones médicas.(8).

#### **4.2. EXPOSICIÓN PROFESIONAL**

Incluye a las personas que trabajan en la fabricación de semiconductores, fundición de minerales especialmente el cobre, estaño, cobalto, entre otros. En personas que utilizan hornos de carbón por ejemplo los productores de vidrio, que lo emplean para eliminar el tinte verdoso y es liberado por otros procesos de combustión. (2).

#### **4.2.1. EFECTOS DEL ARSÉNICO SOBRE EL ORGANISMO**

Aparato cardiovascular. Dosis aguda y subaguda de arsénico inorgánico inducen vasodilatación leve, lo cual puede ocasionar edema oculto, ante todo en la cara, y ha sido considerado de manera errónea como un incremento ponderal sano y un supuesto efecto tónico del arsénico.

Puede haber efectos cardiovasculares graves, entre ellos hipotensión, insuficiencia cardiaca congestiva y arritmias cardiacas. La exposición a largo plazo da por resultado enfermedad vascular periférica, de manera más específica y gangrena de las extremidades, en particular en los pies, razón por la cual el cuadro recibe el nombre común de enfermedad de pies negros. También pueden manifestarse daño al miocardio e hipotensión después de exposición duradera al arsénico.

Tubo digestivo. La exposición aguda o subaguda al arsénico puede producir alteraciones gastrointestinales, que varían desde cólicos abdominales y diarrea leves hasta gastroenteritis hemorrágica grave relacionada con choque. Con la exposición crónica al arsénico por lo general no se observan efectos gastrointestinales. Dosis pequeñas de arsenicales inorgánicos, en particular los compuestos trivalentes, causan hiperemia. También se observa a veces estomatitis. Los síntomas gastrointestinales pueden surgir poco a poco, al grado de que no se considera la posibilidad de intoxicación por arsénico.

Riñones. La acción del arsénico en capilares, túbulos y glomérulos renales puede ocasionar daño grave en todos ellos. Los glomérulos son los primeros en ser atacados y surge proteinuria. Más tarde hay grados variables de necrosis y degeneración tubulares. La exposición al arsénico a menudo ocasiona oliguria, con proteinuria, hematuria y presencia de cilindros en la orina.

Piel. Es un importante órgano blanco del arsénico. El primer defecto observado con la ingestión crónica de arsénico por lo general consta de hiperpigmentación difusa o manchada sobre el tronco y las extremidades. Dependiendo de la magnitud de la exposición a arsénico, es posible que se observe hiperpigmentación en etapas tan tempranas como los seis meses.

La hiperpigmentación progresa en el transcurso de un período de años hacia hiperqueratosis palmoplantar. La ingestión a largo plazo de dosis bajas de arsenicales inorgánicos causa vasodilatación cutánea y tez con aspecto de “leche y rosas”. Posteriormente se observa cáncer cutáneo.

Sistema nervioso. Hay resorción de mielina y destrucción de cilindroejes.

Sangre. Los arsenicales inorgánicos afectan la médula ósea y alteran la composición celular de la sangre. En la evaluación hematológica suele advertirse anemia, con leucopenia leve o moderada; también puede haber eosinofilia. Con la exposición creciente al arsénico se manifiesta anisocitosis. Aumenta la vascularización de médula ósea. Algunos de los efectos hematológicos crónicos pueden ser consecuencia de una menor absorción de ácido fólico. Son raras alteraciones hemáticas y de médula ósea graves e irreversibles por arsenicales orgánicos.

Hígado. Los arsenicales inorgánicos y diversos arsenicales orgánicos hoy obsoletos son particularmente tóxicos al hígado, y producen infiltración adiposa, necrosis central y cirrosis. El daño puede ser leve o tan grave que el sujeto fallezca. La lesión suele localizarse en el parénquima hepático, pero en algunos casos el cuadro clínico se asemeja mucho a la oclusión del colédoco, y las lesiones principales son trombos de bilis en las raicillas biliares más finas.

Carcinogénesis. El hecho de que la exposición a arsénico puede dar por resultado neoplasias cutáneas, el arsénico inorgánico es un carcinógeno para la piel y los pulmones (por inhalación) en seres humanos. También se ha informado incremento del riesgo de otros cánceres, como renal y hepático, pero la relación con arsénico no es tan alta como para las otras neoplasias mencionadas. En contraste a

últimas fechas se ha demostrado que el arsénico es eficaz contra la leucemia promielocítica aguda.

Uñas. Se forman líneas blancas horizontales, llamadas líneas de *Mee*.

Pelo. Puede presentarse alopecia tardía.

#### **4.2.2. TOXICOCINÉTICA**

Absorción. El arsénico prentavalente se absorbe a través del intestino delgado. La forma trivalente, por ser liposoluble, se absorbe a través de la piel. La inhalación puede resultar en exposición crónica. Los compuestos de arsénico se absorben parenteralmente en 24 horas.

Distribución. Inicialmente se localiza en la sangre, unido a una globulina. Dentro de las 24 horas se redistribuye al hígado, pared intestinal y bazo, donde se une a los grupos sulfhidrilos de las proteínas tisulares. En las 30 horas posingestión, se deposita en el pelo.

Eliminación. Por el riñón se excreta casi todo el arsénico en el término de cuatro días. Aparece en la orina aún 10 días después. Los túbulos renales pueden convertir el arsenato en la forma más tóxica de arsenito.

#### **4.2.3. MUESTRAS PARA ANÁLISIS TOXICOLÓGICO**

Los elementos requeridos son orina, pelos y uñas.

#### **4.3. TRATAMIENTO**

La descontaminación mediante la administración de ipeca o lavado gástrico con hidróxido de magnesio al 10%, carbón activado o suspensión de leche en polvo, sólo tienen utilidad cuando se actúa dentro de las cuatro a seis horas subsecuentes a la ingestión. La piel expuesta debe ser descontaminada.

Tratamiento de soporte para una intoxicación aguda: cuidar el equilibrio hidroelectrolítico, monitorear el ritmo cardíaco, vigilar las funciones renal y hepática.

Tratamiento de soporte en una intoxicación crónica: alejar al paciente de la exposición, dimercaprol o BAL y terapéutica sintomática.

#### **4.4. DOSIS**

La dosis letal va de 120 a 200 mg. Y 15 ppm de arsina en el aire causan la muerte inmediata. (1).

#### **4.5. PROFILAXIS**

Evitar el contacto directo e inhalación de herbicidas, fungicidas y pesticidas. (10).

### **IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE CROMATOS, PLOMO Y ARSÉNICO**

#### **5. ESPECTOFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA**

La espectrofotometría de absorción atómica es una técnica de cuantificación para elementos metálicos. En un análisis de absorción atómica, el elemento que se determina se debe vaporizar y reducir a su estado atómico. Cuando se rocía la disolución de un catión metálico sobre una flama, la mayor parte de la población de átomos en estado gaseoso que se produce se encuentran en su estado basal. Si se hace pasar a través de la flama un haz de radiación de un poder radiante inicial y de longitud de onda correspondiente a una de las líneas de resonancia de las transiciones más probables del elemento, parte de estas radiaciones van a ser absorbidas por estos átomos, lo que trae como consecuencia una disminución en el poder radiante del haz de radiación que se transmite.

Cada átomo emite o absorbe luz a longitudes o intervalos de onda finitos, ésta característica se puede utilizar para su identificación y cuantificación.

El espectro de absorción atómica de un elemento consta de líneas que son el resultado de transiciones electrónicas desde el estado basal a niveles superiores de energía, debido a que las bandas son tan estrechas la fuente de radiación debe producir bandas muy estrechas, puesto que si diera bandas amplias o radiación continua, la mayor parte de la luz pasaría sin ser absorbida. Además, debe emitir radiación exactamente de la misma longitud de onda que de la línea de resonancia del elemento en estudio.



## **5.1. FACTORES QUE AFECTAN LA ABSORCIÓN ATÓMICA**

La absorción de radiación es proporcional a la concentración del átomo en disolución, la espectrofotometría de absorción atómica mide la absorción de radiación electromagnética por átomos metálicos en estado gaseoso en una flama. Sus principales ventajas son sensibilidad y selectividad.

A altas concentraciones, se ensanchan las líneas de absorción por efecto de presión, debido a choques entre átomos en este estado elemental que causan cambios en los niveles de energía en el estado fundamental.

Las temperaturas altas afectan de un modo indirecto la absorción atómica, ya que aumenta el número de átomos en estado elemental disponibles. Causan ensanchamiento de línea porque los átomos se mueven a mayor velocidad.

Oxidos refractarios requieren de flamas calientes. Con elementos que son convertidos fácilmente al estado atómico se usan flamas de baja temperatura como es el caso de los elementos alcalinos y alcalinoterreos.

La razón combustible-oxidante influye en la formación atómica en la flama. La mejor mezcla se determina empíricamente. La mezcla de combustible-oxidante se determina empíricamente.

La flama se ajusta con respecto al haz para obtener una lectura máxima de absorbancia lo que aumenta la sensibilidad. Las velocidades de flujo del oxidante y del combustible deben controlarse para obtener resultados reproducibles.

La flama es una fuente de interferencia debido a que emite un espectro que se puede considerar continuo y otro de líneas debido a la emisión de átomos de la muestra.

La absorción de un catión metálico puede ser afectada por la presencia de aniones, ya que la energía requerida para formar especies atómicas de moléculas varía con la fuerza de atracción entre el anión y el catión.

También se puede hacer que la composición de los estándares se aproxime a la de la muestra para compensar el efecto de los aniones.

## **5.2. APLICACIONES DE LA ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA**

Por absorción atómica se pueden determinar más de 60 elementos, entre los cuales se encuentran el cromo, plomo y arsénico. La técnica es muy sensible y específica, ya que las energías de transición son características de cada elemento. Las determinaciones generalmente se hacen empleando curvas estándar o bien se

puede utilizar el método de las adiciones estándar. Con un blanco o agua se ajusta la escala. (11).

## **LEGISLACIÓN REFERENTE A LAS INTOXICACIONES POR EXPOSICIÓN LABORAL**

### **6. ENFERMEDADES DEL TRABAJO**

Algunos autores distinguen entre enfermedades del trabajo y enfermedades profesionales.

Enfermedades del trabajo son aquéllas desencadenadas o agravadas por el ambiente laboral.

Enfermedades profesionales o tecnopatías son las debidas única y exclusivamente a determinados ambientes peligrosos de trabajo, capaces de producirles en quienes obligadamente deben laborar en ellos por la naturaleza especial de su oficio.

Para fines de este documento se tomarán como equivalentes.

#### **6.1. CRITERIOS MÉDICOS**

Desde el punto de vista estrictamente médico, los criterios para calificar una enfermedad de trabajo son los siguientes:

1. Relación de valor estadístico entre la exposición al agente y el desarrollo consecutivo de la entidad clínica.
2. Correlación entre el tiempo de exposición y la extensión de los elementos esenciales del cuadro clínico.
3. En los casos en que sea posible demostrar el agente o sus metabolitos en los tejidos, su concentración debe ser mayor en las personas expuestas.
4. La demostración en animales de laboratorio de cambios anatómicos similares a los observados en el hombre, por exposición al agente, refuerzan el principio de causa-efecto, pero su ausencia no debilita otras pruebas en tal sentido.
5. Evaluar el papel de las diversas circunstancias capaces de influir en la aparición o las manifestaciones de la enfermedad originada por el agente. (1).

## **6.2. CRITERIOS JURÍDICOS**

Fundamentalmente son: a) causa originada en el trabajo o medio laboral; b) acción continuada de dicha causa, y c) estado patológico derivado de tal acción. Así lo establece el artículo 475 de la Ley Federal del Trabajo de México. (1).

## **6.3. LEY FEDERAL DEL TRABAJO DE MÉXICO**

La Ley Federal del Trabajo de México establece en su Título Noveno los riesgos de trabajo y el artículo 513 establece una tabla de enfermedades de trabajo, en la cual se mencionan los metales en los cuales hemos centrado este documento.

Artículo 513; Fracción 53. Dermatitis, ulceraciones cutáneas y perforación del tabique nasal por acción de cromatos y bicromatos.

Trabajadores de las fábricas de colorantes de cromo, papel pintado, lápices de colores, espoletas, explosivos, pólvora piroxilada de caza, fósforos suecos, en la industria textil, hulera, tenerías, tintorerías, fotografía, fotograbado y cromado electrolítico.

Artículo 513; Fracción 54. Dermatitis y queratosis arsenical, perforación del tabique nasal.

Trabajadores de las plantas arsenicales, industria de los colorantes, pintura, papel de color, tintorería, tenería, cerámica, insecticidas, raticidas, preparaciones de uso doméstico y demás manipuladores de arsénico.

Artículo 75, Fracción 75. Parálisis oculomotoras (Intoxicación por sulfuro de carbono, plomo).

Todas las actividades que comprenden el riesgo de exposición a estos agentes.

Artículo 513; Fracción 79. Neuritis óptica y ambliopía o amaurosis tóxica: (intoxicación por plomo, sulfuro de carbono, benceno, tricloroetileno, óxido de carbono, alcoholmetílico, nicotina, mercurio).

Todas las actividades que comprenden el riesgo de exposición a estos agentes.

Artículo 513; Fracción 83. Saturnismo o intoxicación plúmbica.

Trabajadores de fundiciones de plomo, industria de acumuladores, cerámica, pintores, plomeros, impresores, fabricantes de cajas para conservas, juguetes, tubos, envolturas de cables, soldadura, barnices, albayalde, esmalte y lacas, pigmentos, insecticidas y demás manipuladores de plomo y sus compuestos.

Artículo 513; Fracción 85. Arsenicismo e intoxicación por hidrógeno arseniado.

Trabajadores en las plantas de arsénico, fundiciones de minerales y metales, de la industria de los colorantes, pinturas, papel de color, tintorería, tenería, cerámica, insecticidas, raticidas, otras preparaciones de uso doméstico y demás manipuladores del arsénico.

Artículo 513; Fracción 111. Intoxicación por tetraetilo de plomo.

Trabajadores de la fabricación y manipulación de este antidetonante, preparación de carburantes, limpieza y soldadura de los recipientes que lo contienen.

Artículo 513; Fracción 151. Trabajadores de la industria atómica, minas de uranio y otros metales radioactivos (arsénico, níquel, cobalto, estroncio, asbesto, berilio, radium); tratamiento y metalurgia, reactores nucleares, utilización de radio elementos (gamagrafía, gama y beta-terapia, isótopos), utilización de generadores de radiaciones (trabajadores y técnicos de rayos X), radio, sonar, rayos laser, masser, etc.; que presenten:

- a) En piel, eritemas, quemaduras térmicas o necrosis;
- b) En ojos, cataratas;
- c) En sangre, alteraciones de los órganos hematopoyéticos, con leucopenia, trombocitopenia o anemia;
- d) En tejido óseo, esclerosis o necrosis;
- e) En glándulas sexuales, alteraciones testiculares con trastornos en la producción de los espermatozoides y esterilidad; alteraciones ováricas con modificadores ovulares y disfunciones hormonales;
- f) Efectos genéticos debidos a mutaciones de los cromosomas o de los genes;
- g) Envejecimiento precoz en acortamiento de la duración media de la vida.

Artículo 513; Fracción 152. Cáncer de la piel; trabajadores expuestos a la acción de rayos ultravioletas al aire libre (agricultores, marineros, pescadores, peones); a los rayos X, isótopos radioactivos, radium y demás radioelementos; arsénico y sus compuestos; peblenda, productos derivados de la destilación de la hulla, alquitrán, brea, asfalto, benzopireno y dibenzoantraceno (cáncer del escroto de los deshollinadores), creosota; productos de la destilación de esquistos bituminosos (aceites combustibles, de engrasado, de parafina, brea del petróleo).

Artículo 513; Fracción 153. Cáncer bronco-pulmonar.

Mineros (de las minas de uranio, níquel).

Trabajadores expuestos al asbesto (mesotelioma pleural); trabajadores que manipulan polvos de cromatos, arsénico, berilio.

Estos son los padecimientos contemplados en la Ley Federal del Trabajo relacionados con los metales de nuestro interés, sin embargo no se encuentra claro como se obtienen los montos de indemnizaciones en caso de sufrir alguna de estas enfermedades. (12).

## **DISCUSIÓN**

En la investigación realizada respecto a los padecimientos relacionados a la exposición laboral de tipo crónica a estos elementos; del que se tiene mayor información relacionada a las afecciones que ocasiona es el plomo, le sigue el arsénico y por último los cromatos. De los cuales me parece debería haber más información ya que son elementos ampliamente usados y de los menos estudiados en cuanto a los daños que pueden producir.

## **CONCLUSIONES**

Se conocieron las patologías producidas por exposición laboral de los cromatos, plomo y arsénico hasta ahora estudiadas en este ambiente.

Se conocieron los derechos de los trabajadores que tienen contacto con estos elementos conforme a la Ley Federal del Trabajo de México.

Se conoció que la Espectrofotometría de absorción atómica es la técnica idónea para determinar estos elementos en fluidos o tejidos biológicos.

## REFERENCIAS

- 1 ) Vargas A. E. 2005, Medicina legal. 2ª ed., Trillas, México. pp. 325-329, 355-367, 407-415
- 2 ) Albert A. L. 1990, Curso básico de toxicología ambiental. Centro Panamericano de ecología humana y salud. Limusa. México. pp. 101-114, 171-180, 185-192
- 3 ) Burrows D. 1983, Chromium: Metabolism and Toxicity. CRC Press Inc. USA. Pp. 2-15
- 4 ) Casarett & Duull. 2001, Manual de toxicología. 5ª ed. Mc Graw-Hill Interamericana, México. pp. 324-325, 446-447
- 5 ) Dreisbach H. R. Manual de Toxicología Clínica. Prevención, diagnóstico y tratamiento. 6ª ed., El Manual Moderno. México. pp. 206-225
- 6 ) Duffus H.J. 1983, Toxicología ambiental, Omega, España. pp.92-93
- 7 ) Katzung G. 2002, Farmacología Básica y Clínica. 8ª ed., Manual Moderno, México. pp. 1121-1124
- 8 ) Duffus H.J. 1983, Toxicología ambiental, Omega, España. pp. 82-83, 92-93
- 9 ) Goodman & Gilman. 2003, Las bases farmacológicas de la terapéutica. Vol. 2, 10ª ed, Mc Graw-Hill Interamericana, México. pp. 1884-1887
- 10) Clark G. 1995, Farmacología Médica. 13ª ed., Mosby/Doyma Libros, España. pp. 745
- 11) Velázquez V. G. 2003, Fundamentos del análisis farmacéutico. Métodos ópticos de análisis. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México. pp. 81-86
- 12) Ley Federal del Trabajo. 1994, SISTA, México, pp. 74-93