

# **UNIDAD 4: TOXICOLOGÍA DE LOS METALES Y RIESGOS ASOCIADOS**



**Toxicología laboral**

Profesor: **Gisela Schaumburg**

Tabla periódica contiene 103 elementos:

79 son elementos metálicos

7 metaloides

17 son no-metales

Según la masa específica, tenemos:

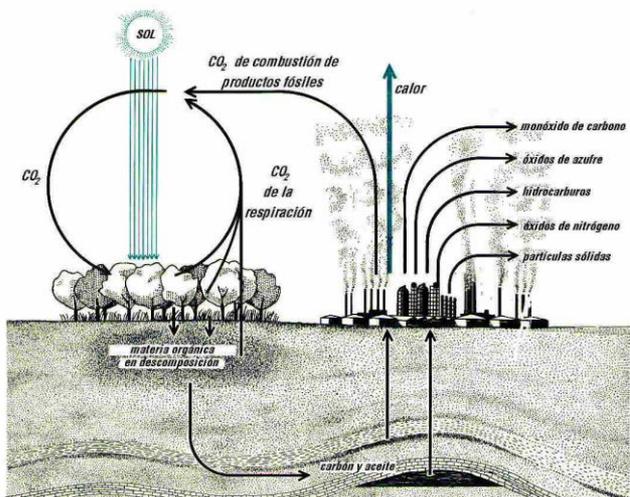
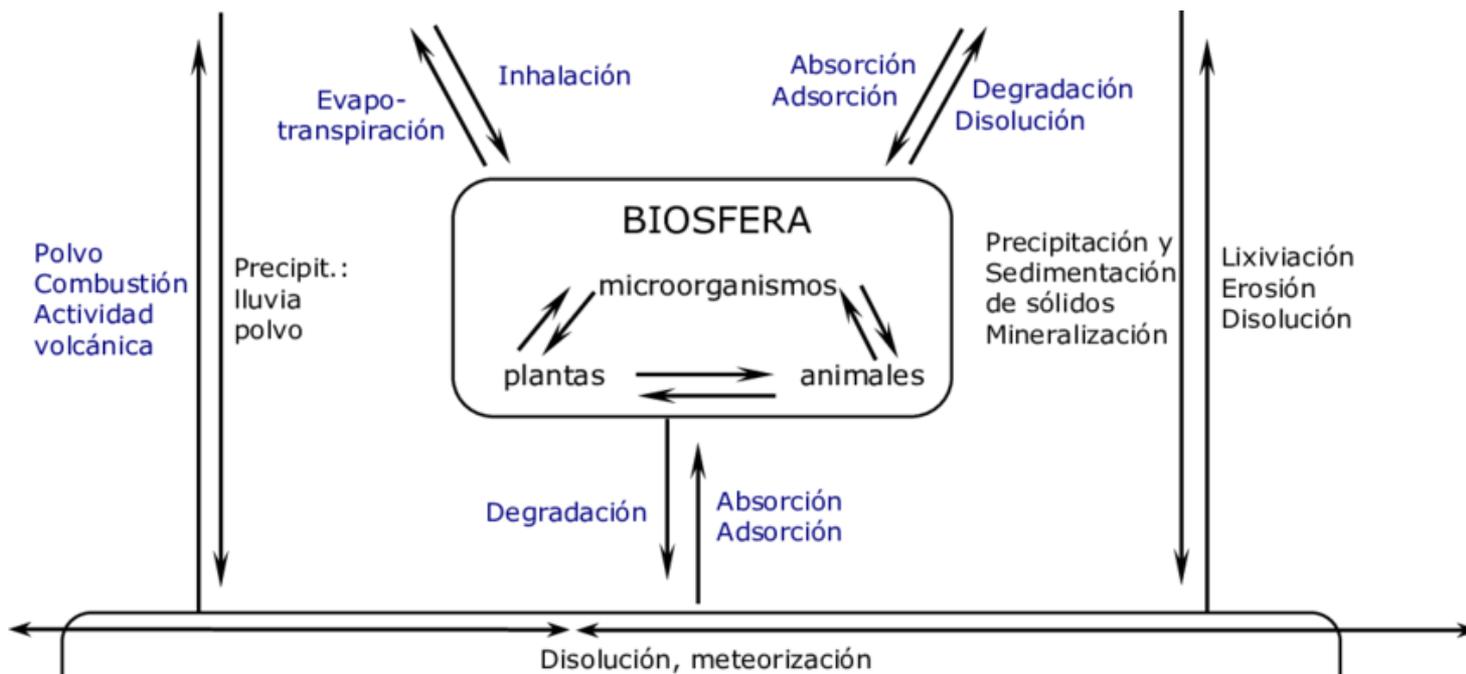
> 5 g/cm<sup>3</sup> **metales pesados**

< 5 g/cm<sup>3</sup> **metales livianos**

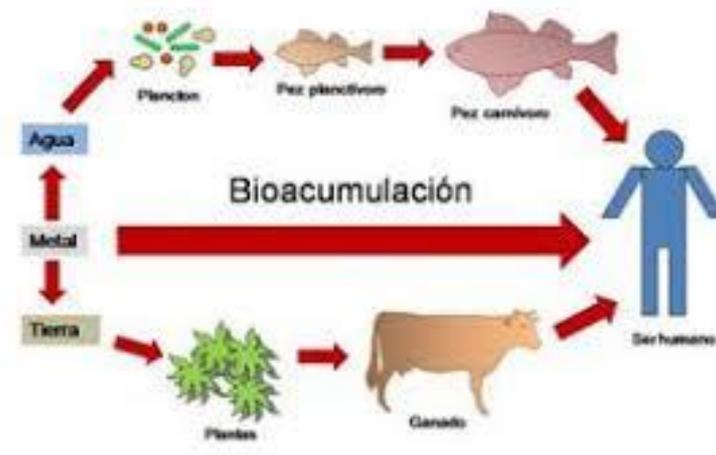
- Algunos metales son **esenciales** para los **seres vivos**: Na, Ca, K, Fe, Zn, Cu, Co, Mn, Se, Mo
- Elementos como el **Ni**, se ha comprobado que son **esenciales en ciertas especies** pero todavía **NO en el hombre**.
- Otros son “**decididamente**” tóxicos: **Cd, Pb, As, Hg, Tl**.
- Finalmente, las **especies de Cr (III)** son **esenciales**, mientras que las de **Cr (VI)** son tóxicas.



Los metales son **sustancias naturales** que se distribuyen en el medio ambiente por **ciclos geológicos y biológicos**.



Las **actividades antropogénicas** han **movilizado a muchos metales en el ambiente**, conduciendo al fenómeno de **contaminación global**.



## La importancia de los metales en **toxicología** deriva de:

- ❖ Son **compuestos naturales**
- ❖ Pueden variar de **estado de oxidación**, pero no pueden ser destruidos, se trata de **sustancias persistentes**.
- ❖ La **actividad antropogénica** promovió enormemente la movilización de los metales a partir de **sus depósitos**.

### Índices de estrés y contaminantes en grandes ciudades

Pesticidas	140
Tóxicos metálicos	135
Residuos atmósfera	120
Residuos tóxicos	120
Polvos de origen metalúrgico	90
Residuos acuosos	85
SO <sub>2</sub>	72
Petróleo	72
Fertilizantes	63
Residuos orgánicos	48



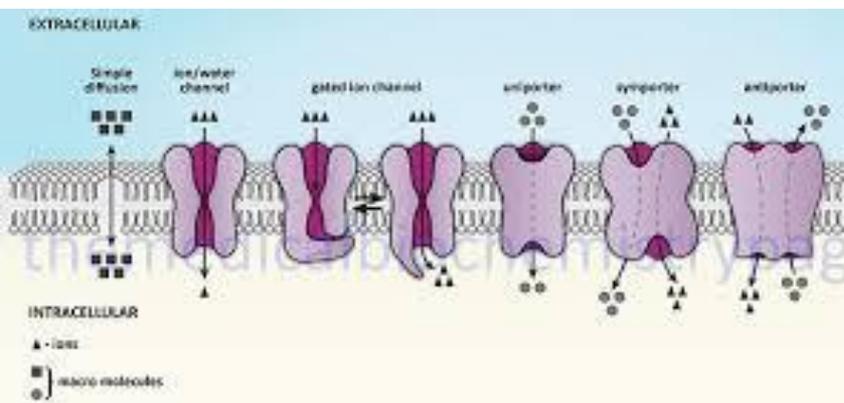
Los metales se presentan en **distintas formas o especies químicas**. La especiación química da cuenta de los **diversos grados potenciales de toxicidad**.

Por otra parte, la **toxicidad de un metal** depende de la **cantidad realmente absorbida** con capacidad de producir **efectos adversos**, o sea de su **biodisponibilidad** para los organismos biológicos

## Mecanismos generales de acción tóxica

¿Cómo ingresan los metales tóxicos a las células?

Mediante los **mismos transportadores** disponibles fisiológicamente para el **ingreso de metales esenciales**.



Cd y Pb → por transportadores de **Ca, Fe**

Tl → utiliza los de **K**

Ni → los de **Mg**



La **TOXICIDAD** de los elementos **metálicos** se debe fundamentalmente a *su interacción con grupos:*

- -SH (sulfhidrilos)
- -NH<sub>2</sub> (aminos)
- -OH (hidroxilos)
- -SS (disulfuro)
- -COOH (carboxilos)

**Biomoléculas**



Funciones estructurales,  
catalíticas y/o de  
transporte

**Efectos carcinogénicos**

Metales catalogados por la IARC como reconocidos **carcinógenos (grupo 1)**:

Arsénico y sus compuestos

Compuestos de cromo (VI)

Berilio y sus compuestos

Cadmio y sus compuestos

compuestos de Níquel

Su **posible acción** sería a través de la **inducción de especies reactivas de oxígeno** (radicales libres) que **ALTERAN AL ADN**.



# Tratamiento de las intoxicaciones

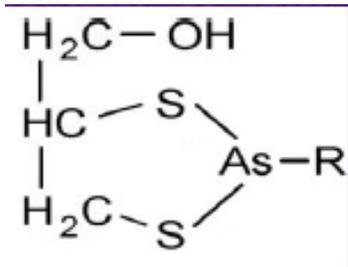


Mediante AGENTES **QUELANTES**

- **Baja afinidad por metales esenciales.**
- Alta especificidad por **metales tóxico.**
- Resistentes a la biotransformación.
- Son solubles en agua.
- Eliminación renal.
- Vida media corta
- **Complejos menos tóxico que el metal**
- Mínimos efectos adversos



## BAL (British Anti Lewisita): dimercaprol 2,3-dimercaptopropanol



- El anillo formado es muy estable y se excreta por bilis.
- Es insoluble en agua
- Soluble en aceite de maní: líquido oleoso de olor picante y desagradable.
- Puede provocar reacciones alérgicas.

Se usa para intoxicaciones agudas con As, Hg, Pb, Bi, Sb, Ni, Cu.

### MECANISMO DE ACCIÓN:

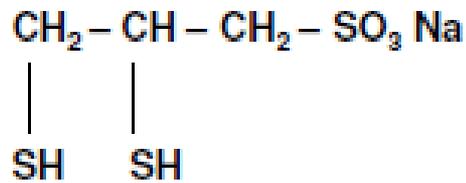
- Aún no está totalmente esclarecido.
- Se considera que el BAL **puede quelar metales esenciales**, especialmente aquellos que actúan como **cofactores enzimáticos** y están ubicados en el **sitio activo de la enzima**.

### Efectos secundarios del BAL

- Aumento de presión arterial (hasta 50 mm Hg).
- Taquicardia.
- Náuseas, vómitos.
- Dolor de cabeza.
- Sensación de quemaduras en labios, boca y garganta.
- Lagrimación, salivación, rinitis.
- En niños: puede provocar fiebre.



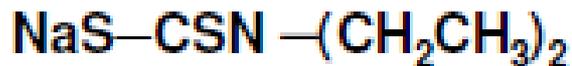
## DMPS 2,3-dimercapto-1-propansulfónico



- Es **análogo del BAL**, con la ventaja de ser **soluble en agua** y puede administrarse por **vía oral**.
- **No tiene efectos nocivos.**
- Se elimina por orina.

Se usa para intoxicaciones con Pb (en niños), Hg inorgánico, Cu, Zn.

## DDC Dietilditiocarbamato (sales de Na)

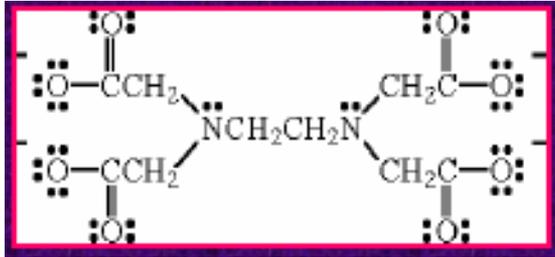


- Se **administra por vía oral** en casos de intoxicación media, o bien por **vía parental** cuando la intoxicación es **severa**.

Se utiliza para intoxicaciones con Ni



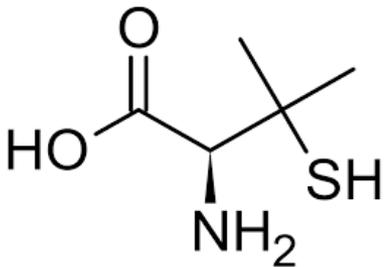
## EDTA Etilendiaminotetra-acético



- Se usa la **sal de calcio y disódica**: EDTACaNa<sub>2</sub>
- Atraviesa poco las membranas celulares.
- Elimina iones metálicos de complejos con proteínas y aa en fluidos extracelulares (orina).

Se utiliza para intoxicaciones con Pb, Cr, Cu, Ni

## PENICILAMINA β β dimetil cisteína



- Se utiliza en pacientes con **enfermedad de Wilson (presentan un exceso de Cu)** y para la **intoxicación con otros metales pesados**.
- Su desventaja: en pacientes alérgicos a la penicilina no se puede administrar por riesgo de reacción anafiláctica.

## DESFERROXAMINA

Se usa para el **exceso de Fe**, promoviendo su eliminación de los depósitos en el cuerpo **sin eliminarlo de los GR ni de la hemoglobina**.

Se usa también para **intoxicaciones con Al**.

- Se absorbe poco por vía oral, debe administrarse por **vía parenteral o intravenosa**.

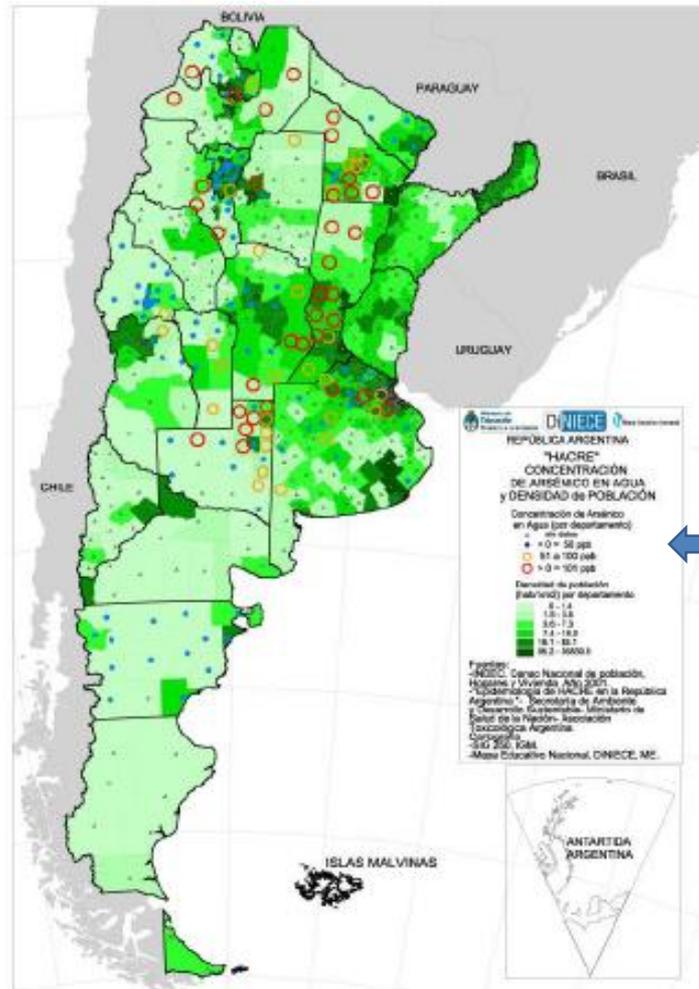
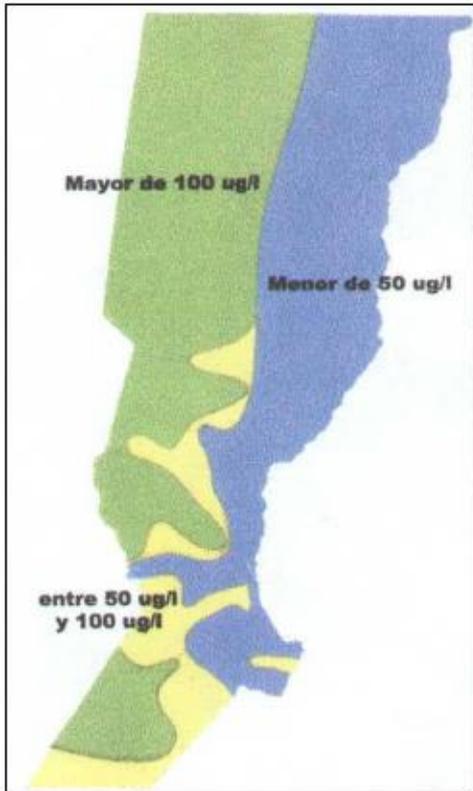




# Arsénico

Su forma inorgánica [**As (III)** y **As (V)**] es la más tóxica encontrada en **agua y alimentos**.

## SUELOS



## napas de **agua** y plantas



Llanura Chaco-pampeana, de la región andina de Cuyo, de la región central y del noroeste del país

- De 0 a 50 ppb
- Entre 51 a 100 ppb
- Mayor a 100 ppb



## Fuentes industriales

- a) Fabricación y utilización de **plaguicidas**.
- b) **Colorantes**.
- c) **Aleación con otros metales**.
- d) Industria **del vidrio**.
- e) **Industria electrónica**, etc.

**Trióxido de As**  
como producto secundario  
en la industria del **cobre**,  
**plomo, cinc, estaño y oro**, ya  
que se encuentra como  
impureza de muchos  
metales.

### Arsénico y compuestos inorgánicos.

CMP o TLV-TWA: 0,01 mg/m<sup>3</sup>  
TLV-TWA: 0,005 ppm. Arsina.

### Índice Biológico de Exposición

Hasta **35 mcg/L** de **As inorgánico** más sus  
**metabolitos metilados** (ACGIH, 2015).

#### Intoxicación aguda:

- **Inhalación de polvo y vapores:**
  - Irritación vías respiratorias
  - Trastornos **nerviosos y digestivos**
  - **Conjuntivitis**
  - **Dermatitis** en los párpados.



# TOXICOCINETICA del CADMIO

- **Ingreso oral:** casi el 95 % se absorbe en la mucosa gastrointestinal
- **Inhalación:** puede absorberse entre 60-90% como trióxido de arsénico presente en el aire.
- **Dérmico:** accidentes laborales con tricloruro de arsénico o ácido arsénico.

↓  
sangre  
↓

↓  
As - queratina → **CABELLO,  
HUESOS PIEL, y UÑAS**

**DIENTES**  
(en menor medida)

## Metabolismo:

- **Fase I:** arsenato (As V) a arsenito (As III)
- **Fase II:** metilación (hígado) 
  - Antes se pensaba que **era la principal vía de detoxificación.**
  - Ahora sugieren que ocurre una **bioactivación de As** como **metabolito con mayor potencial citotóxico, mutagénico, teratogénico y carcinógeno** que las especies inorgánicas.

## Excreción:

- Principal vía: **orina**
- Vías menores: **descamación de la piel, incorporación en cabello y uñas, heces, y sudor.**

↓  
**Exposición crónica:**  
Grupo 1 de la IARC



## Exposición aguda y subcrónica: altera las paredes y el funcionamiento de los intestinos

La **ingesta crónica** de aguas contaminadas con altos niveles de arsénico conduce a una enfermedad denominada **HACRE**:

**H**idro**A**rsenismo  
**C**rónico  
**R**egional  
**E**ndémico

La enfermedad consta de 4 etapas:

Hiperhidrosis

Hiperqueratosis

Melanodermia (hipo o hiperpigmentación)

Complicaciones: incluyen diversos tipos de cánceres, entre éstos **cáncer de piel**.



Líneas de Mees en las uñas.



Para evitar esta problemática, es necesario tratar el agua destinada a la población.



CMP en agua: 0,01 mg/l de arsénico

Existen diversas estrategias:

### **FITORREMEDIACIÓN:**

uso de plantas con alta capacidad para secuestrar al As



Ceratotifilum  
(pinito de agua)

**FILTROS:** contienen  $Al(OH)_3$



#### DATOS TÉCNICOS

- CAUDAL MÁXIMO DE AGUA PURIFICADA: 1 lpm
- PRESIÓN MÁXIMA OPERATIVA: 6 bar
- PRESIÓN MÍNIMA OPERATIVA: 0,4 bar
- RENDIMIENTO: 20.000 l o 12 meses de uso
- TEMPERATURA MÁXIMA OPERATIVA: 37°C
- TEMPERATURA MÍNIMA OPERATIVA: 4°C
- DIMENSIONES: 25cm x 6,5cm (diámetro)



#### COMPONENTES



48	112,40 2
765 320,9 8,65	<b>Cd</b>
(Kr)4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>	
<b>Cadmio</b>	

## CADMIO

- Estados de oxidación +2 forma **distintas sales**.
- Naturalmente se lo encuentra la corteza terrestre (0.1-0.5 mg/kg) **asociado** con **Pb, Zn y fosfatos**.



### PRINCIPALES USOS:

- Aprox. 50 – 60% en aleaciones y procesos de galvanización
- Aprox. 10% en pigmentos
- Estabilizador en plásticos
- Baterías (de Cd-Ni)

### FUENTES DE EXPOSICIÓN

- Contaminación ambiental: niveles en aire oscilan 1 – 5 ng/m<sup>3</sup>, en zonas industrializadas llegan a 40 ng/m<sup>3</sup>
- Ambientes laborales: por **inhalación** de polvos o humos conteniendo Cd.
- Dieta con alimentos contaminados: vegetales, frutas y granos, carnes, pescados, moluscos (mayores niveles).
- Tabaquismo



# TOXICOCINETICA del CADMIO

- **Absorción GTI:** entre 2 – 10%

Se sugiere dos mecanismos:

- 1) Por **unión a la proteínas transportadoras de Ca:** una baja [Ca] en la comida favorece la absorción de Cd.
- 2) A través de **transportadores de Fe:** deficiencia de Fe aumenta de 4 a 5 veces la absorción de Cd.

- **Absorción por inhalatoria:** alrededor del **15 – 50%** del **Cd asociado a las partículas es absorbido**, dependiendo del tamaño de partícula y de la solubilidad.

Cd se une principalmente a la **albúmina y otras proteínas plasmáticas**

Persistencia entre 10 y 30 años en humanos.

**Rinón:**  
Cd-Mt

**Hígado** = unión a **metalotioneinas**

Especies de Cd (II) libres son las responsables del daño renal.

**Intestino delgado**

- Regulan los niveles intracelulares de Zn y Cu
- Capturan metales tóxicos (Cd, Hg, Au, Ag)

**Heces** (representa 0,01-0,02% de la carga corporal)



Tiene efectos tóxicos en los **riñones** y en los sistemas **óseo y respiratorio**. Además, está clasificado como **carcinógeno** para los seres humanos.

### Intoxicación Aguda

- No es frecuente, está limitada al ambiente laboral.
- **Inhalación de Cd**: los síntomas iniciales son **sequedad en mucosa de nariz y garganta, tos, dolor de cabeza, mareos, fiebre**.
- Después de unas **24 h** de la exposición se desarrolla **edema de pulmón**, eventualmente **bronquiolitis**, que puede conducir a la **muerte**.

**CL** de Cd para humanos por **exposición inhalatoria** se estima en **5 – 6 mg/m<sup>3</sup>** en un período de **8 h**.

Pero una exposición a niveles de 1 mg/m<sup>3</sup> puede ser peligrosa.

- Intoxicación aguda por vía oral es rara.  Síntomas: **vómitos, diarrea y cólicos**.

### Intoxicación crónica

- Tras una exposición por vía pulmonar u oral, el riñón y los pulmones son los **órganos blancos de toxicidad**.
- La **toxicidad es proporcional al tiempo y nivel de exposición**.
- Inflamación de la mucosa nasal, de la garganta, rinitis. Progresiva degeneración del epitelio del olfato.
- Enfermedad obstructiva crónica del tracto respiratorio.



<b>82</b>	207,19 2,4
1725 327,4 11,4	<b>Pb</b>
$(\text{He})4f^{14}5d^{10}6s^26p^2$	
<b>Plomo</b>	

## PLOMO

- Es un **metal blando**, de color gris plata.
- Estados de oxidación:  $\text{Pb}0$ ,  $\text{Pb}2+$ ,  $\text{Pb}4+$
- La mayoría de **sus sales divalentes son insolubles en agua**, pocas excepciones.



### PRINCIPALES USOS

- Se utiliza en **baterías**,
- Como **pigmentos**
- **Soldaduras**
- **Moldes** usados en la imprenta
- **Pinturas, esmaltes, barnices, lacas, tintas, masillas**
- **Vidriado y decoración de cerámica**
- Templado del **acero**
- **En cañerías**
- **Pantallas** de protección a la radiación (ej. rayos X)



# Plomo

## FUENTES DE EXPOSICIÓN

- **Laborales**

- **Ambientales**

La [Pb] en **aire de ciudades** es de aproximadamente  $1 \mu\text{g Pb}/\text{m}^3$ .

En **áreas cercanas a fundiciones y refinerías** puede alcanzar  $80 - 4000 \mu\text{g Pb}/\text{m}^3$ .

- **Dieta:** Actualmente se considera que disminuyó a  $20 \mu\text{g}/\text{día}$ .

Agua por tuberías de plomo, alimentos cultivados en suelos contaminados

Leche de vaca, leche materna

En latas de alimentos soldadas con plomo

Descamaciones de pintura de pared

### Plomo y compuestos inorgánicos como Pb:

CMP:  $0,05 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

TLV-TWA:  $0,05 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

### Cromato de plomo:

CMP:  $0,05 \text{ mg}/\text{m}^3$  como Pb y  $0,012 \text{ mg}/\text{m}^3$  como Cr.

TLV-TWA:  $0,05 \text{ mg}/\text{m}^3$  como Pb, y  $0,012 \text{ mg}/\text{m}^3$  como Cr.

**Res.7/2009:**  $0,06 \text{ g Pb}/100 \text{ g masa}$  o volátil Pb



# TOXICOCINETICA del PLOMO

- Vía gástrica:

**Adultos:** ingesta de alimentos permite la absorción de 5 a 15% del plomo ingerido, pero se retiene únicamente < 5%.

Las **deficiencias de Ca, Fe y/o Vit D** aumentan la absorción de Pb.

Con el **estómago vacío** la absorción puede alcanzar el 60%.

**Niños (2 meses - 6 años):** La absorción alcanza el 42 - 50 % y se retiene cerca del 32%.

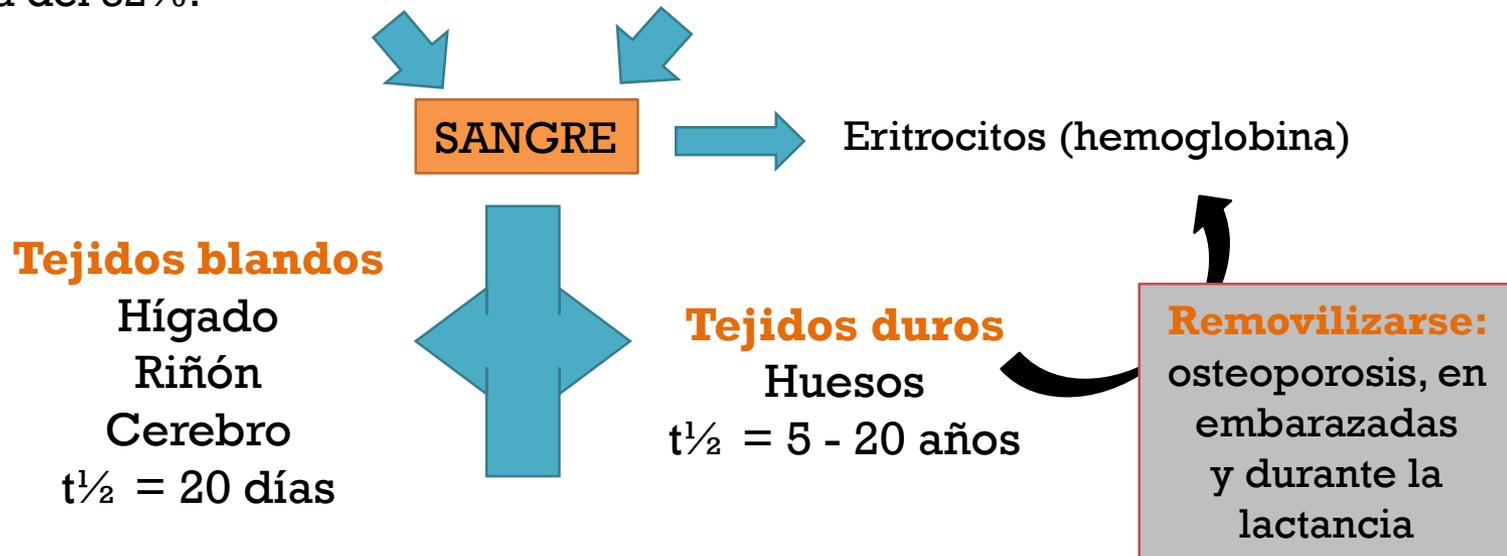
- Vía pulmonar:

Retención de partículas < 0,5  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Las mayores se eliminan.

La **absorción del Pb** retenido en los alvéolos es **eficiente y completa**.

- El Pb **atraviesa** la membrana **placentaria** y puede **acumularse en el feto**.

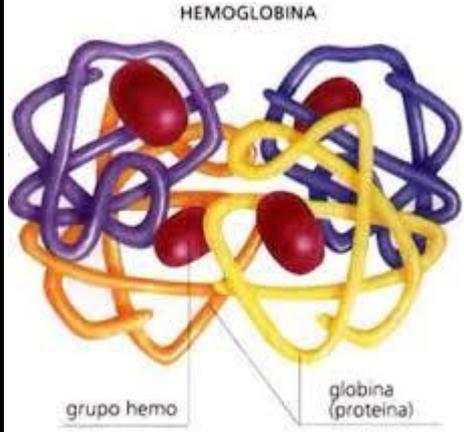
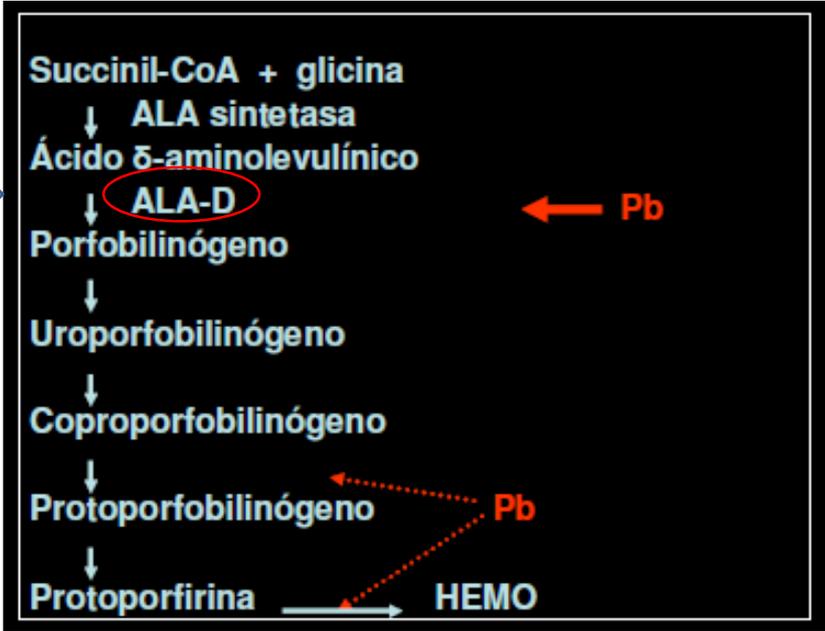


# Interacción del Pb en la biosíntesis del grupo hemo

se inhibe la enzima →

Se **acumula** el intermediario  $\delta$  **ALA** (ácido  $\delta$  aminolevulínico) = **NEUROTÓXICO**

en orina



ALA-D y Protoporfirina eritrocítica en sangre



Casos severos: ANEMIA



## Eliminación

- Se considera que en humanos el Pb se elimina

76% por **orina**

16% por **heces**

8% pelos, **uñas**

## **INTOXICACIÓN AGUDA**

Los principales síntomas son:

- Cólicos intestinales, dolor abdominal difuso
- Pérdida de apetito, náuseas Constipación, diarrea.
- Disminución del pulso y aumento de la presión arterial
  - A niveles de 80 – 130  $\mu\text{g Pb}/ 100 \text{ mL}$  de sangre hay **encefalopatía caracterizada** por:

**-Desorientación, insomnio, vómitos, apatía, estupor, agresividad.**

-La **muerte** puede sobrevenir por falla cardíaca.

-Si el paciente sobrevive quedan secuelas: **alteraciones sensoriales y motoras y convulsiones**

## **INTOXICACIÓN CRÓNICA = saturnismo**

Se verifican efectos sobre:

- el sistema hematopoyético
- el tracto gastrointestinal
- el sistema nervioso central y periférico
- Riñones



Los trastornos sobre el SNC varían en **adultos** y **niños**.

En **adultos**: alteraciones de la **memoria**, capacidad de **concentración** y **performance psicomotora**. Los parámetros de inteligencia no se ven afectados.

**Neuropatías periféricas** involucran disfunción de los nervios motores del pie y de las muñecas

- Puede presentarse una **coloración plomiza en las encías**.
- **Aumento de la presión arterial** en adultos.
- Reducción de la espermatogénesis y puede inducir atrofia testicular, provocando infertilidad.
- Inducción de partos prematuros (algunas sales de Pb se usaron como abortivos en la antigüedad). Los bebés nacen con menor peso.

En **niños**: producen un impacto negativo en la capacidad de aprendizaje, inteligencia y en el comportamiento.

- La **encefalopatía** se verifica a menores valores de Pb en sangre que en adultos. Se caracteriza por **alucinaciones, estados de excitación y desórdenes mentales**.





## Mercurio

- Es un metal **líquido brillante, de color plateado** claro e **inodoro**.
- Si se calienta, se transforma en un **gas sin color ni olor**.

80	200,59 1,2
357 -38,4 16,6	<b>Hg</b>
$(\text{He})4f^{14}5d^{10}6s^2$	
<b>Mercurio</b>	

Existe en varias formas:

- ❖ **Elemental** (o metálico),
- ❖ **Inorgánico** (por ejemplo, cloruro mercúrico)
- ❖ **Orgánicos** (p. ej., metil y etilmercurio).



Al producir **cloro gaseoso** y **soda cáustica**, y también se usa en **termómetros**, **lámparas fluorescentes**, algunos **empastes dentales** y **pilas**.

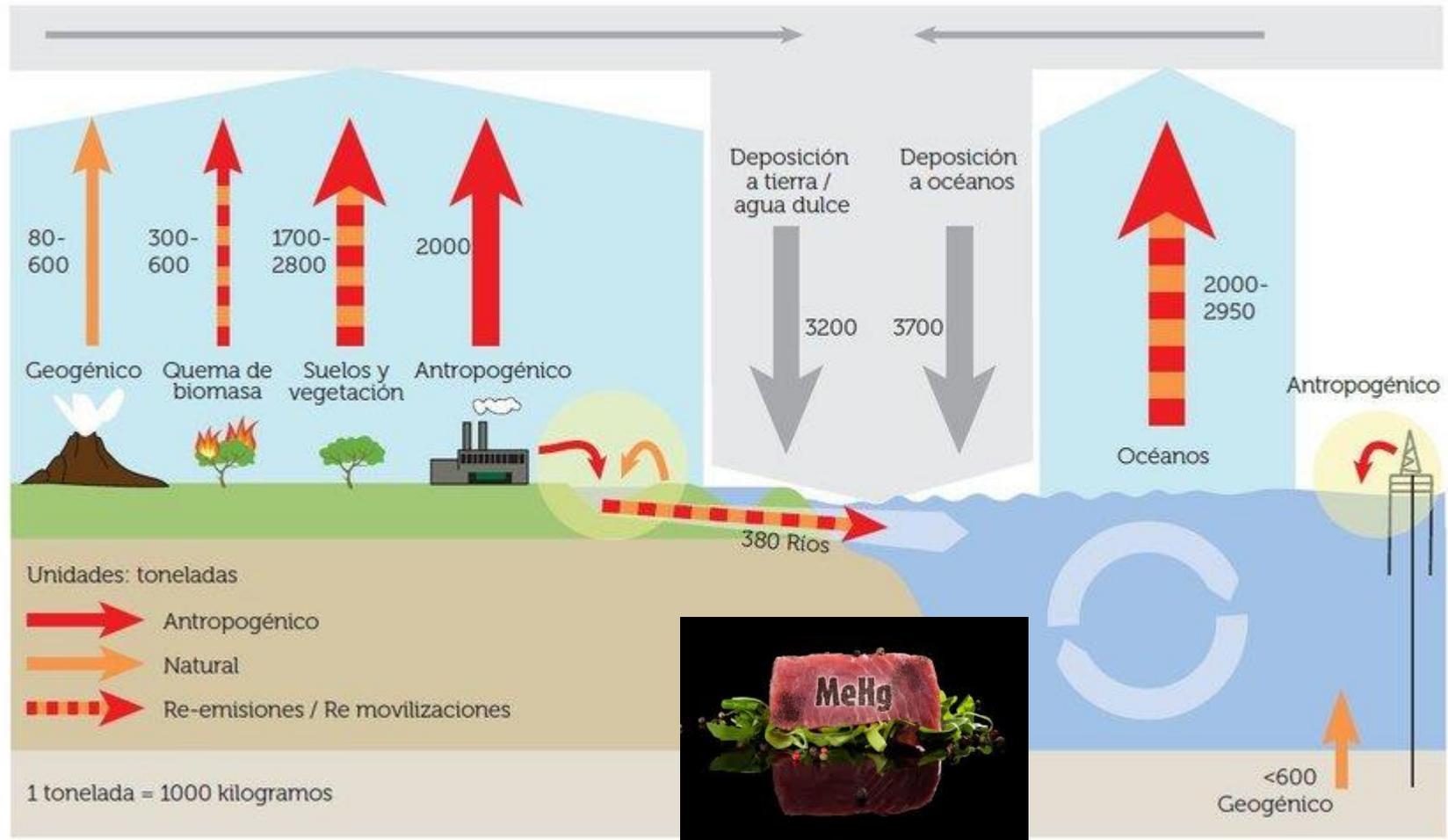
Se combina con Cl, S u O para formar "**sales**", que generalmente son polvos o **cristales de color blanco**. Se utilizan, a veces, en **cremas** para aclarar la piel, y en **cremas y pomadas antisépticas**.

Combinación con C.

El Hg se acumula en medios terrestre o acuático y es transformado en **metilmercurio** por la acción de bacterias. Puede depositarse en animales marinos.

DIFERENTES EFECTOS TÓXICOS



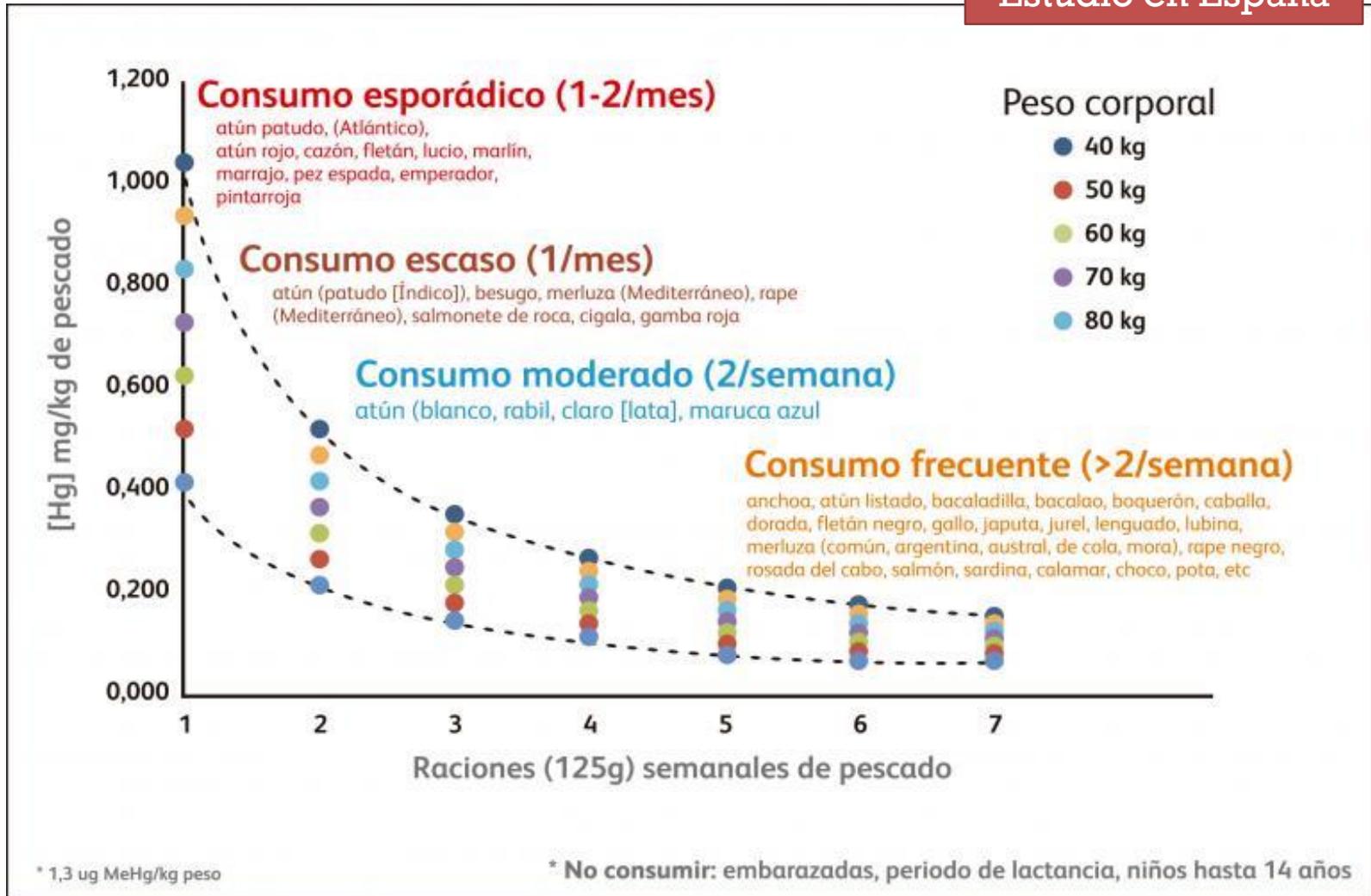


- **Inhalación:** al respirar los **vapores** producidos por **derrames, incineradores e industrias** que queman combustibles fósiles que contienen mercurio.

Al respirar aire contaminado en el lugar de trabajo o a través del contacto con la piel cuando se usa en el lugar de trabajo.

- Alimentación: pescado o mariscos contaminados
- Al producirse la liberación de mercurio en **procedimientos dentales o tratamientos médicos.**





- Raciones de 125 g en adultos y los 70 g en niños, no más de 3 veces semanales.
- Se contrarresta con frutas, verduras, lípidos poliinsaturados e infusiones ricas con fitoquímicos.



# TOXICOCINETICA del Hg

## Hg metálico

- Vías inhalatoria
- Absorción: 70-80%
- Transporte en Glóbulos Rojos.
- Eliminación renal

## Hg inorgánico

- Vías inhalatoria: 45 %
- Vías GTI: 10% a nivel intestinal
- Eliminación renal
- Unión a metalotioneínas

## Metilmercurio

- Vías GTI: 90% a nivel intestinal
- Transporte en GR y placentario
- Vida media: 70 días
- Efectos a largo plazo: síndrome Hunter Russell (disartria, disminución campo visual), retraso psicomotor.

### Exposición crónica a altas [Hg]:

- Causar daños permanentes en el **cerebro, los riñones** y el **feto** en desarrollo.
- Los efectos en el funcionamiento del cerebro pueden causar **irritabilidad, retraimiento, temblores, cambios en la vista o la audición y problemas de memoria.**

### Intoxicación aguda a altos niveles de vapores de mercurio metálico:

- Daño pulmonar, náuseas, vómitos, diarrea, aumento de la presión arterial o de la frecuencia cardiaca, sarpullido e irritación de los ojos.

### Mercurio Elemental

CMP o TLV-TWA: 0,025 mg/m<sup>3</sup>.

### Hg y compuestos alquílicos:

CMP o TLV-TWA: 0,01 mg/m<sup>3</sup>.

TLV-STEL: 0,03 mg/m<sup>3</sup> como Hg

### Compuestos arílicos del Hg:

CMP o TLV-TWA: 0,1 mg/m<sup>3</sup> como Hg.

24	51,996
	2,3,4,5,6
2665	<b>Cr</b>
1875	
7,19	
$(Ar)3d^5 4s^1$	
<b>Cromo</b>	

# Cromo



- ✓ El cromo es un **elemento natural** que se encuentra en **rocas, animales, plantas y el suelo**.
- ✓ Las formas más comunes son el cromo (0), cromo (III) y **cromo (VI)**.
- ✓ Dependiendo de la forma que toma, puede encontrarse en forma de **líquido, sólido o gas**.
- ✓ Los compuestos de cromo **no tienen ningún sabor u olor especial**.



## USOS

- Cromatos se usan como **pigmentos y colorantes** (cromo III o VI).
- **Aleaciones** (cromo 0)
- **Cromado electrolítico** (técnica de galvanoplastia)
- Adición de cromo en **Ladrillos refractarios** para altos hornos.
- **Soldaduras y cortes** del metal
- **Curtiembre** (cromo III o VI).
- **Preservación de la madera** (cromo III o VI).
- **Cemento**
- En partes de **automotrices, aparatos domesticos, herramientas y maquinaria**.



## ¿Cómo puede ocurrir la EXPOSICIÓN al cromo?

- Comiendo **alimentos contaminados** con cromo III (por biomagnificación = lipofílico).
- Respirando **aire contaminado en el trabajo** o a través de contacto con la piel durante su uso en el trabajo en **industrias metalúrgicas y de curtido**.
- **Bebiendo agua o bañándose** con agua **contaminada**.
- **Viviendo cerca de sitios de residuos peligrosos** no controlados que contienen cromo o de industrias que usan cromo.
- Respirando **humo de tabaco**, residuos particulados de la **quema de carbón y petróleo**.
- En la **producción de acero, soldadura de acero inoxidable**.
- Evitar el **uso excesivo de suplementos dietéticos** que contienen cromo (III es un elemento nutritivo esencial).

### Cr metálico, Cr III:

CMP o TLV-TWA: 0,5 mg/m<sup>3</sup>.

VLA-ED: 2 mg/m<sup>3</sup>. Cr II y Cr III insolubles.

### Cr VI compuestos solubles

#### en agua:

CMP o TLV-TWA: 0,05 mg/m<sup>3</sup>.

VLA-ED: 0,05 mg/m<sup>3</sup>.

### Cr VI compuestos

#### insolubles:

VLA-ED: 0,01 mg/m<sup>3</sup>.

TLV-TWA: 0,01 mg/m<sup>3</sup>.



# TOXICOCINETICA del CROMO

## VÍAS DE INGRESO

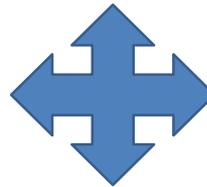
- **Inhalación:** pulmones (se absorbe o se deposita)
- **Ingestión:** bajo % ingresa al tubo digestivo.
- **Dérmica:**



**Sangre**

cromo VI - eritrocitos

- Médula ósea
- Pulmones,
- Ganglios linfáticos,



- Bazo,
- Riñones
- Hígado.

**Intermediarios reactivos:**

cromo V, cromo IV y  
cromo III,

**cromo VI**

Se reduce

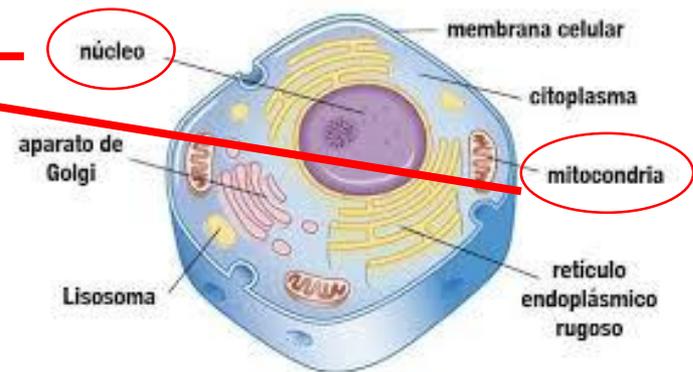


**cromo III**

**Radicales libres**  
(hidroxilo y oxígeno)



Susceptibles de alterar el ADN



- Las **concentraciones de cromo en el aire** que producen estos **efectos pueden ser diferentes** para los diferentes tipos de compuestos de cromo.
- **Niveles altos de cromo (VI):** irritación del revestimiento interno de la nariz, úlceras nasales, secreción nasal y problemas respiratorios tales como asma, tos, falta de aliento o respiración jadeada.
- Los efectos del cromo (VI) ocurren a concentraciones mucho más bajas que los del cromo (III).

## INTOXICACIÓN AGUDA

Vía gastrointestinal: colapso circulatorio, necrosis hepática y en estructuras de la nefrona.

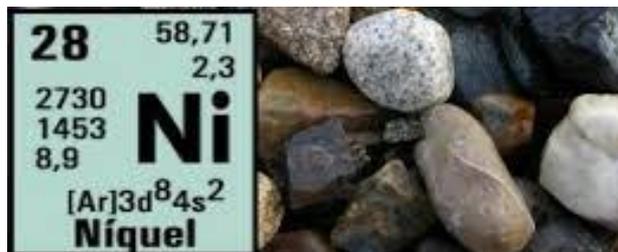
- En animales que ingieren compuestos de **cromo (VI)** son **irritación y úlceras en el estómago y el intestino delgado y anemia.**
- Los compuestos de **cromo (III)** son mucho menos tóxicos y no parecen causar estos problemas.
- En animales de laboratorio **machos** expuestos al **cromo (VI)** también se han observado daño de los **espermatozoides y del sistema reproductivo.**

## INTOXICACIÓN CRÓNICA

Dermatitis. Úlceras crónicas.  
Sarna. Irritación de mucosas.  
Alergia respiratoria.

**Grupo 1 IARC: Cáncer**  
(broncopulmonar y senos paranasales).





# Níquel

- El níquel es un **elemento natural** muy abundante.
- Puro es un metal duro, **blanco-plateado** que puede combinarse con otros metales, tales como el **hierro, cobre, cromo y cinc** para formar aleaciones.
- Puede combinarse con **cloro, azufre y oxígeno** para formar compuestos de níquel, hidrosolubles y de color verde.



## USOS

- Aleaciones con Cu, Fe, Al
- Fabricación de acero inoxidable
- Niquelado electrolítico (técnica) para colorear cerámicas
- Baterías de níquel cadmio
- Fabricación de válvulas e intercambiadores de calor
- Como catalizadores en reacciones químicas



## ¿Cómo puede ocurrir la exposición al níquel?

- Al ingerir **alimentos contaminados con níquel** = fuente de exposición más importante para la mayoría de la gente.
- A través de **contacto de la piel con suelo, agua de baño o ducha o metales que contienen níquel**, como también al **tocar monedas o joyas** que contienen níquel.
- Al **tomar agua contaminada**.
- Al **respirar aire contaminado** por la **quema de petróleo o carbón**, y por **incineradores de basura**.
- **Fumar tabaco** que contienen **níquel**.
- Trabajar en industrias que **procesan o usan níquel** = altas [Ni].

El níquel no parece acumularse en peces o en otros animales usados como alimentos.



# Níquel

## INTOXICACIÓN CRÓNICA

- ❖ Reacción alérgica (más común): dérmica o respiratoria.
- ❖ Bronquitis crónica, rinitis
- ❖ Grupo 1 IARC: Cáncer  
Fosas nasales, pulmones = sulfuro de níquel, óxido de níquel, níquel carbonilo.

**SENSIBILIZARSE** al níquel por **contacto directo prolongado** de la piel con **joyas u otros artículos** que contienen níquel.



- ❖ **Dermatitis. Eccema** del níquel



25	54,938
	2,3,4,6,7
2150 1245 7,43	<b>Mn</b>
(Ar)3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	
Manganeso	

# Manganeso

- Es un **elemento natural** que se encuentra en **muchos tipos de rocas**.
- **No tiene olor ni sabor especial**.
- Puro es un metal de **color plateado**, no en la naturaleza.
- Se combinan con O, S y Cl, son sólidos que no se evaporan.



## USOS

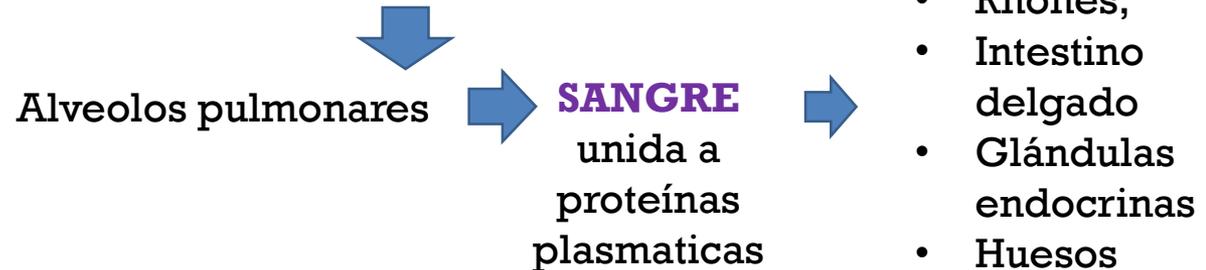
- Minería (rodocrosita)
- Acero al manganeso
- Aleaciones con cobre (bronce del manganeso)
- Agente oxidante en laboratorio o industria (permanganato)



# TOXICOCINETICA del MANGANESO

## ABSORCIÓN:

- **Ingestión:** alimentos y agua contaminada
- **Inhalación** = principalmente en **situaciones laborales**



Se acumula en **tejidos ricos en mitocondrias** y atraviesa las **barreras hematoencefálica y placentaria**. También **pelo y piel oscura**.

- **EXCRECIÓN:** **vía biliar** y eliminación casi por completo por **HECES**.

## EFECTO del MANGANISMO

- Lesiones nerviosas
- Temblor en reposo
- Cara congelada
- Psicosis maníaco-depresiva



4	9,0122 2
2770 1277 1,85	<b>Be</b>
$1s^2 2s^2$	

# Berilio

## Características:

- Esta presente en rocas, carbón y petróleo, en el suelo y en polvo volcánico.
- Dos tipos de rocas minerales, la **bertrandita** y el **berilo**, son **minadas comercialmente** para recuperar berilio.
- El berilo de alta pureza:

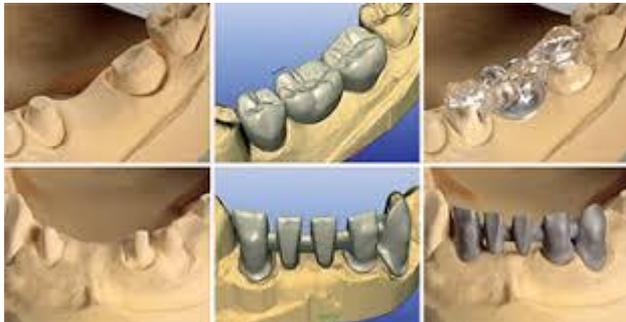


- El berilio es el **metal más liviano**, su densidad es cerca de la tercera parte de la del aluminio.
- Algunos compuestos de berilio son **solubles en agua**, y otros muchos son **insolubles en agua**.



# USOS y EXPOSICIÓN

- ✓ Desarrollo de **materiales moderadores y reflejantes** para **reactores nucleares** (disminuir la velocidad de los neutrones).
- ✓ En manufactura de **aleaciones berilio-cobre**, la adición de un **2% de berilio al cobre** forma una **aleación no magnética** seis veces **más fuerte** que el cobre:
  - Fabricación de **herramientas** ya que no producen chispas, se **emplean en refinerías petroleras y otras plantas**.
  - En **partes móviles críticas de aviones**, equipos deportivos (como **palos de golf y marcos de bicicleta**) y **piezas dentales**.
  - En componentes clave de **instrumentos de precisión, computadoras mecánicas, reveladores eléctricos y obturadores de cámaras fotográficas**.



# TOXICOCINETICA del BERILIO

Absorción: **RESPIRATORIA** o **DÉRMICA** o **GÁSTRICO** (1%)

Distribución y depósito: **Sangre, hígado, riñones**

Excreción: **URINARIA**

# TOXICODINÁMICA del BERILIO

- Reacciones alérgicas
- Rinitis
- Faringitis
- Tos no progresiva
- Dolor subesternal
- Pérdida de apetito y peso
- Cansancio
- Estomatitis alérgica
- **NEUMONITIS** química grave (enrojecimiento e hinchazón)

Enfermedad Aguda

- Dermatitis de contacto
- Granuloma
- Conjuntivitis alérgica

Efectos Cutáneos

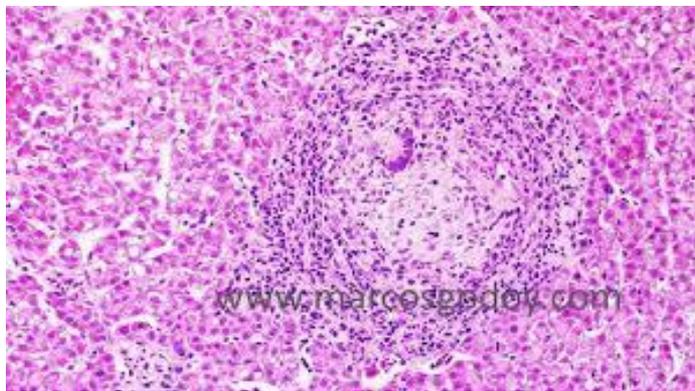
**CÁNCER**  
y daños  
en el  
**ADN.**

**GRUPO 2A**  
IARC

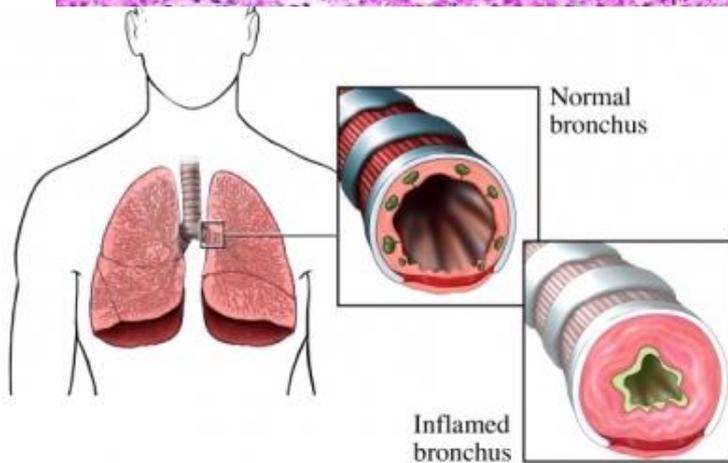
**EFEKTOS**  
**ADVERSOS**

Enfermedad crónica:  
**BERILIOSIS**





www.marcoesgbdet.com



## **BERILIOSIS** (10-15 años)

- Síntomas similares a la intoxicación aguda
- **Hipersensibilidad de tipo IV** con la **formación de granulomas no caseificante** (pulmones).
- Afecta otros órganos: **corazón, riñones, huesos.**
- **Coloración azulosa** de las manos y los pies.
- **Muerte (20%).**

**ACGI:** estableció un **TVL** en el **ambiente laboral** de **0,05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

**OSHA:** límite de **2  $\mu\text{g}$  de berilio/ $\text{m}^3$**  en el **aire** del trabajo durante una jornada de **8 horas diarias.**

**EPA:** límite en **atmósfera** de **0.01  $\mu\text{g}$  de berilio/ $\text{m}^3$**  de **aire**, como promedio durante un período de **30 días.** En **agua potable** de **0.004 mg/L.**

<b>51</b>	121,75 ±3,5
1380 630,5 6,62	<b>Sb</b>
(Kr)4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup>	
<b>Antimonio</b>	

## ANTIMONIO (Sb)

### Características:

- Metaloide **blando, blanco plateado, con reflejo azulado.**
- El mineral que se encuentra en **pequeña cantidades** en la **corteza terrestre**, puede **contener sílice libre** y es un material **altamente quebradizo** que forma un **polvo gris oscuro muy fino.**
- Son extraídos y transformados en **metal de antimonio** o son **combinados con oxígeno** para formar **óxido de antimonio** (trióxido y pentóxido), o combinarse con otros elementos, los **sulfuros** (sesquisulfuro, trisulfuro, pentasulfuro, etc.), **sulfatos, cloruros y fluoruros.**
- Estable a temperatura ambiente.
- Los óxidos son polvo blanco que no se evapora y poco hidrosolubles.
- Al arder desprende **humo blanco y denso** (Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) con **olor aliáceo** (ajo/cebolla).

El principal mineral es la **stibina** = **trisulfuro de antimonio** (grupo 3)



# ANTIMONIO (Sb)

## Fuentes industriales:

- a) Manufactura de **semiconductores**.
- b) En industrias del **crystal, cerámicas, pinturas, textil, electrónica**, etc.
- c) **Aleaciones de SB con plomo y zinc: baterías de almacenamiento** (acumuladores) a base de plomo, **soldaduras**, metal para hacer **láminas y tuberías, rodamientos, moldes**, ciertos tipos de metales, **y municiones**.

## Al medio ambiente:

- Pequeñas cantidades son también liberadas por **incineradores y plantas generadoras de energía** por combustión de carbón.
- Se **depositan en el terreno** o que son **eliminadas del aire** (muchos días) por la lluvia.
- En **sedimentos** se adhiere firmemente a partículas que contienen **hierro, manganeso o aluminio**.

## EXPOSICIÓN

- Al respirar el aire, tomar el agua y comer los alimentos que lo contienen.
- Contacto con sitios de desechos tóxicos.
- Pueden ser **absorbidas por plantas y animales**.
- Se encuentra en sedimentos, los suelos y las rocas = no afectaría a la salud

# TOXICOCINETICA y TOXICODINAMIA del Sb

Absorción: **RESPIRATORIA** o **DÉRMICA** o **GÁSTRICO** (vómito)

**Sangre**

Hígado, pulmones, intestinos y bazo

**Orina y heces** (varias semanas después)

## Intoxicación aguda:

- a) Por **inhalación**: los vapores de anhídrido de antimonio pueden ocasionar una **neumonitis química**.
- b) Por **ingestión**: Vómito, trastornos gastrointestinales, cardíacos, hepáticos, etc.
- c) Irritación de los ojos, la piel y los pulmones

## Toxicidad crónica:

- Targets: **aparato digestivo, S.N.C, sangre, vías respiratorias, piel, miocardio.**
- IARC: **Grupo 2B** (Posible carcinógeno para el hombre).

Trióxido de Antimonio = **Cáncer de pulmón.**

## **Compuestos de Antimonio:**

**CMP:** 0,5 mg/m<sup>3</sup>.  
**TLV-TWA:** 0,5 mg/m<sup>3</sup>.

## **Hidruro de Antimonio:**

**CMP:** 0,1 ppm.  
**TLV-TWA:** 0,1 ppm.

