

Arsénico en agua de consumo humano

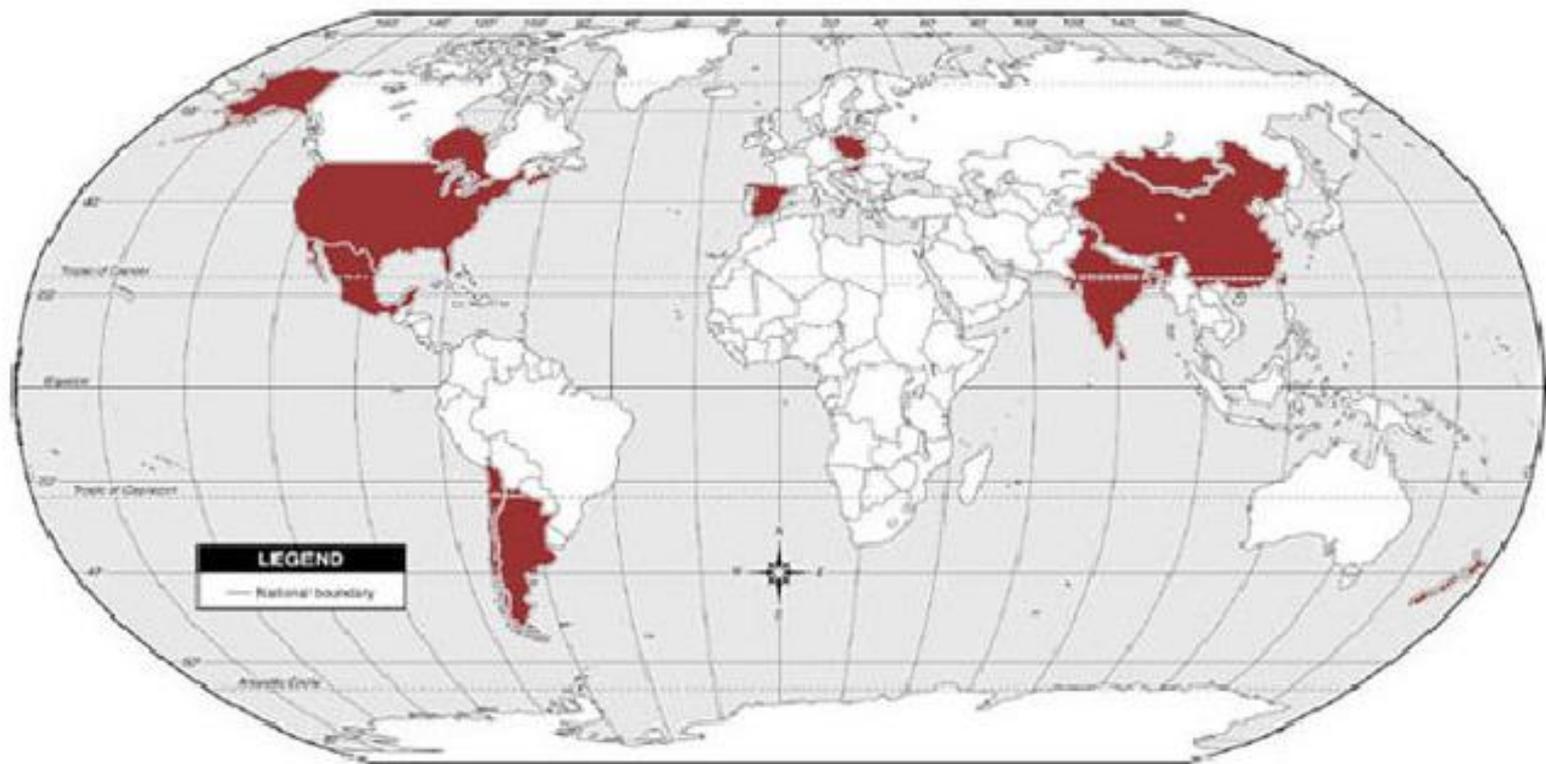
origen y efectos a la salud

Dra Virginia Montero Campos



La exposición a arsénico es similar pero las personas expuestas tienen diferentes arreglos genéticos, diferentes dietas, diferentes costumbres, etc...



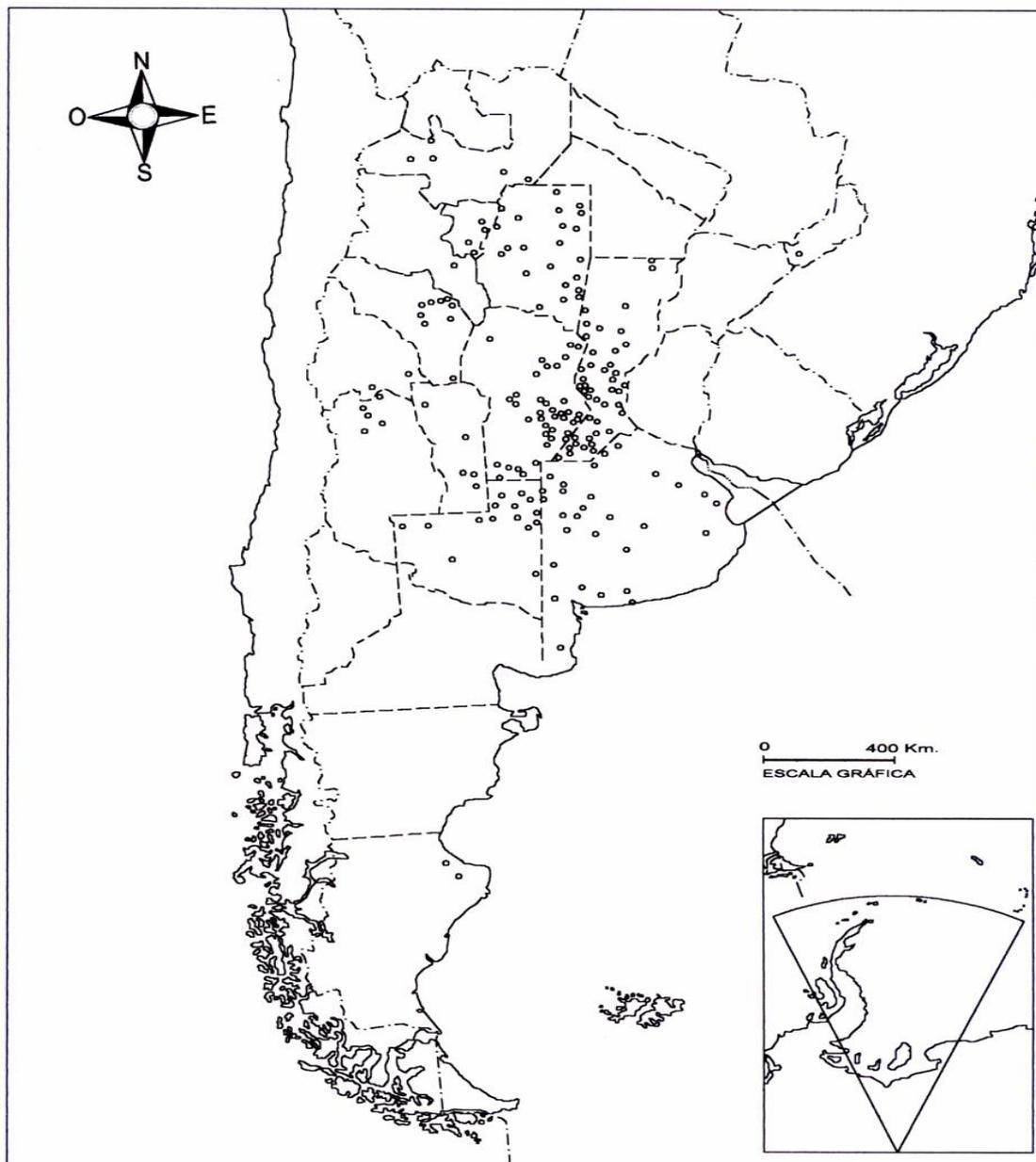


(www.arsenic.tamu.edu)

- En varios países de América Latina como: Argentina, Chile, El Salvador, Nicaragua, México, Perú y Bolivia, por lo menos cuatro millones de personas beben permanentemente agua con niveles de arsénico que ponen en riesgo su salud.
- En América Latina ha podido apreciarse que con niveles similares de arsénico en diferentes condiciones (climatológicas, de nutrición y otros), el nivel de afectación es diferente.

- En otras regiones del mundo como India, Bangladesh, China y Taiwán el problema es aún mayor.
- De acuerdo con la información obtenida, en India existen alrededor de 6 millones de personas expuestas, de las cuales más de 2 millones son niños.
- En Estados Unidos más de 350.000 personas beben agua cuyo contenido es mayor que 0,5 mg/L de arsénico.

Figura 1: LOCALIDADES CON ACUÍFEROS CON ALTA PROPORCIÓN DE ARSÉNICO (+ de 0.05 mg/l) (O.S.N. 1942; Trelles, 1970; Gavarotto, 1984)





- Se ha demostrado que los niños son más sensibles que los adultos a la toxicidad por el arsénico y son los más afectados por el arsenicismo, por problemas de desnutrición y precario saneamiento en las zonas rurales dispersas (pobres).
- En estas poblaciones, se consume agua sin ningún tratamiento y se desconoce el riesgo total al que están expuestos.

- Se describe la presencia del arsénico en el ambiente y en las fuentes de agua para consumo humano debido a factores naturales de origen geológico (México, Argentina, Chile, Perú, Nicaragua).
- Actividades antropogénicas que involucran explotación minera y refinación de metales por fundición (Chile, Bolivia y Perú).
- En menor proporción en la agricultura en el empleo de plaguicidas arsenicales orgánicos (México).

- Pero lo que mejor se conoce, en la mayoría de los casos es la presencia de arsénico en aguas superficiales y subterráneas de América Latina como natural y está asociada al volcanismo terciario y cuaternario.

- Se muestra en flujos de lava, géiseres, fumarolas, aguas termales y fenómenos geotérmicos relacionados con el volcanismo circumpacífico del llamado “Círculo de fuego del Pacífico”
- Este volcanismo también ejerce influencia en algunas características de estas aguas como son pH alto, alcalinidad variable, baja dureza, moderada salinidad y presencia de boro, flúor, sílice y vanadio.



Florida

Cuba

Cockburn Town

Cayman Islands

Belmopan
Belize

Kingston
Jamaica

Santo Domingo
Port-au-Prince
Puerto Rico
Road Town

Tegucigalpa
Honduras
Salvador
Nicaragua
Managua

Basseterre
Plymouth
Basse-Terre
Roseau
Fort-de-

San José
Ciudad de Panamá
(Panamá City)

Oranjestad
Aruba
Willemstad
Kingstown
Saint Geo

Caracas
Port-of-Spain
Venezuela

Tuluá
Cali
Colombia
Bogotá

Guyana

Image © 2006 NASA
© 2006 Europa Technologies
Image © 2006 TerraMetrics

Google

Pointer 12°51'28.38" N 75°05'12.94" W

Streaming ||||| 100%

Eye alt 2001.89 mi

- El agua no solamente se usa se usa para consumo sino también para riego por lo que la captación del arsénico por las plantas aumenta los niveles en la cadena trófica.
- El As también es tóxico para las plantas, reduce las cosechas.
- Se puede aumentar sus niveles en el suelo y provocar desertificación.

En el mundo la exposición más frecuente a arsénico es a través del agua de bebida

- Se estima que en algunos países de América Latina la población consume hasta 1 mg/L de agua contaminada con arsénico (en C.R: 10 $\mu\text{g/L}$).
- Si el agua contiene 50 $\mu\text{g/L}$ y la persona bebe 1 litro de agua al día:
 - El riesgo a desarrollar cáncer de hígado, pulmón riñón o vejiga es: 13 casos por cada 100.000 habitantes.
 - Si el agua contiene 500 $\mu\text{g/L}$, el riesgo es: 13 casos por cada 100 habitantes.

- Su toxicidad depende del estado de oxidación, estructura química y solubilidad en el medio biológico.
- La escala de toxicidad del arsénico decrece en el siguiente orden: arsina > As⁺³ inorgánico > As⁺³ orgánico > As⁺⁵ inorgánico > As⁺⁵ orgánico > compuestos arsenicales y arsénico elemental.
- La toxicidad del As⁺³ es 10 veces mayor que la del As⁺⁵ y la dosis letal para adultos es de 1-4 mg As/Kg.

Toxicología del arsénico

- Las principales rutas de exposición de las personas al arsénico son la ingesta e inhalación.
- Este elemento es acumulable en el organismo por exposición crónica, y a ciertas concentraciones ocasiona afecciones como:
 - Con efectos secundarios en el sistema nervioso central.
 - Efecto sobre órganos del aparato respiratorio, gastrointestinal, y hematopoyético.

- Lesiones y alteraciones de la piel (relajamiento de los capilares cutáneos y la dilatación de los mismos), hiperpigmentación e hiperqueratosis palmoplantar (callosidades localizadas en las palmas de las manos y pies).
- Diabetes mellitus.
- Anemia.
- Enfermedades vasculares.
- Acumulación en huesos, músculos y piel, (cuando la ingestión es mayor que la excreción, tiende a acumularse en el cabello y en las uñas).

- Atraviesa placenta, barrera hematoencefálica
 - Cáncer de piel, pulmón, vejiga y riñones.
-
- No se han demostrado efectos del arsenicismo en la salud reproductiva humana. Sin embargo, se conoce que el arsénico puede pasar la placenta, pero para conocer sus efectos genotóxicos se requieren más estudios.
 - El consumo de agua con arsénico no conlleva a casos con efectos agudos, sino más bien crónicos, porque se ingieren pequeñas cantidades a largo plazo.

Neurotoxicidad del arsénico

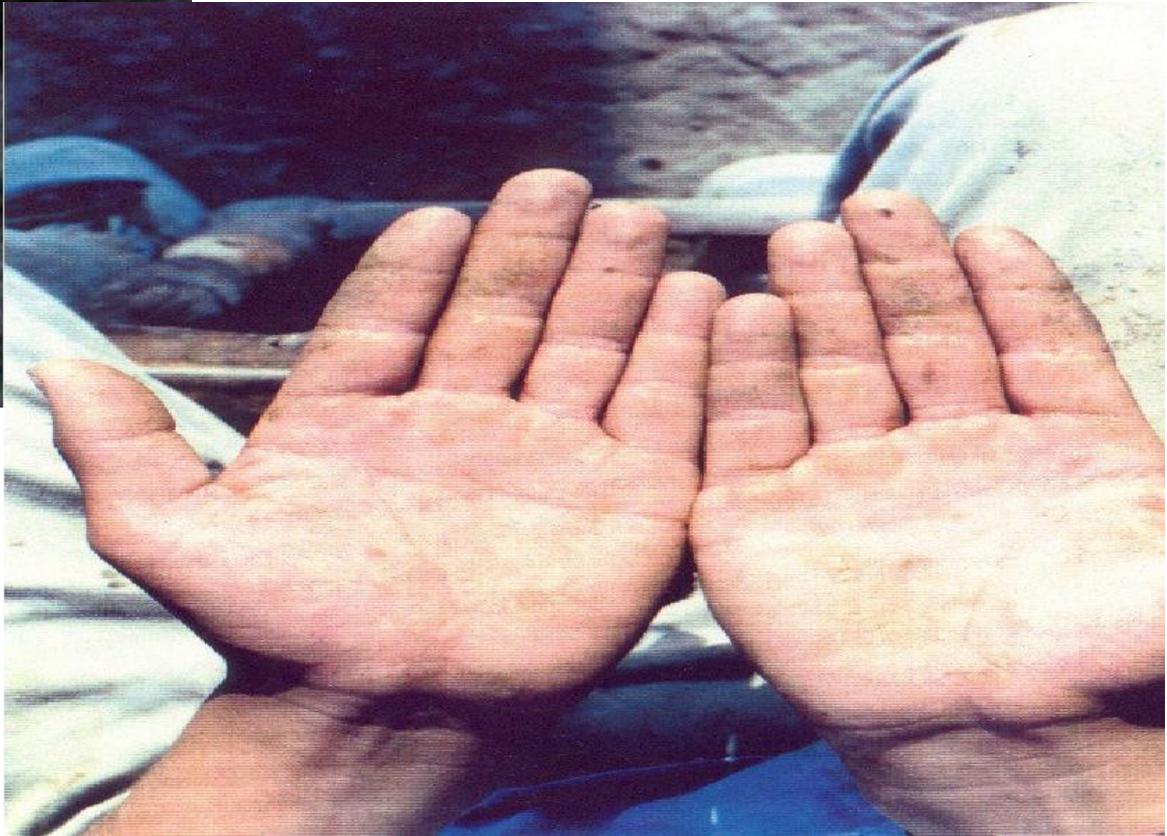
- Síntomas Clínicos: se han reportado en personas expuestas de forma aguda y crónica.
 - Disminución de la velocidad de conducción nerviosa. (Lagerkvist and Zetterlund, 1994)
 - Encefalopatías, debilidad muscular, temblores. (Morton y Caron, 1989)
 - Fatiga, adormecimiento, dolor de cabeza, pesadillas, insomnio. (Lianfang and Jianzhong, 1994)

Arsenicismo

- **Preclínico:** el paciente no muestra síntomas, pero el As puede ser detectado en muestras de tejido y orina.
- **Clínico:** oscurecimiento de la piel (melanosis) comúnmente en la palma de la mano, manchas oscuras en el pecho, espalda, miembros y encías. Un síntoma más serio es la queratosis o endurecimiento de la piel en forma de nódulos sobre las palmas y las plantas de las manos y los pies. La OMS estima que esta etapa requiere una exposición al arsénico de 5 a 10 años.
- **Complicaciones:** síntomas clínicos más pronunciados y afectación de los órganos internos. Estudios han reportado dilatación del hígado, los riñones y el bazo. También hay información de vinculación en esta etapa con conjuntivitis, bronquitis y diabetes.
- **Malignidad:** desarrollo de tumores o cánceres que afectan la piel u otros órganos. En esta etapa, la persona afectada puede desarrollar gangrena o cáncer de piel, pulmón o vejiga.

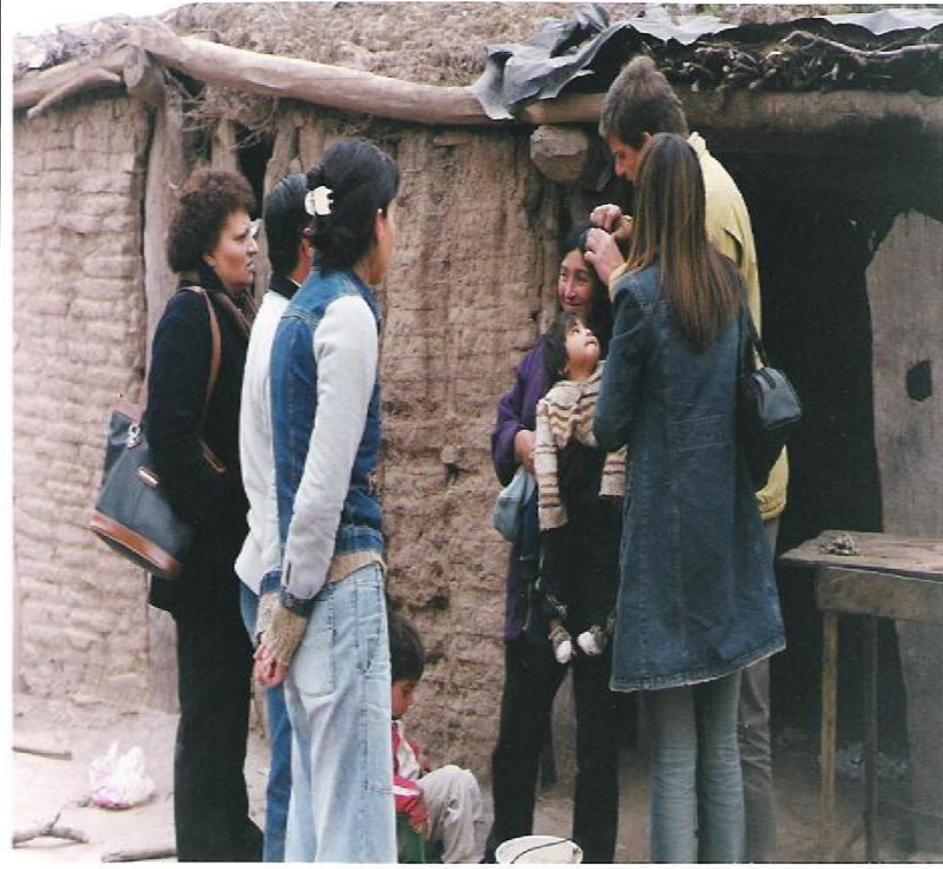
- En las dos primeras etapas, si el paciente reemplaza la fuente de agua de bebida por una libre de arsénico, su recuperación es casi completa. En la tercera etapa puede ser reversible, pero en la cuarta ya no lo es.

- El arsénico inorgánico ingerido pasa al torrente sanguíneo, donde se enlaza a la hemoglobina y en 24 horas puede encontrarse en el hígado, riñones, pulmones, bazo y piel.





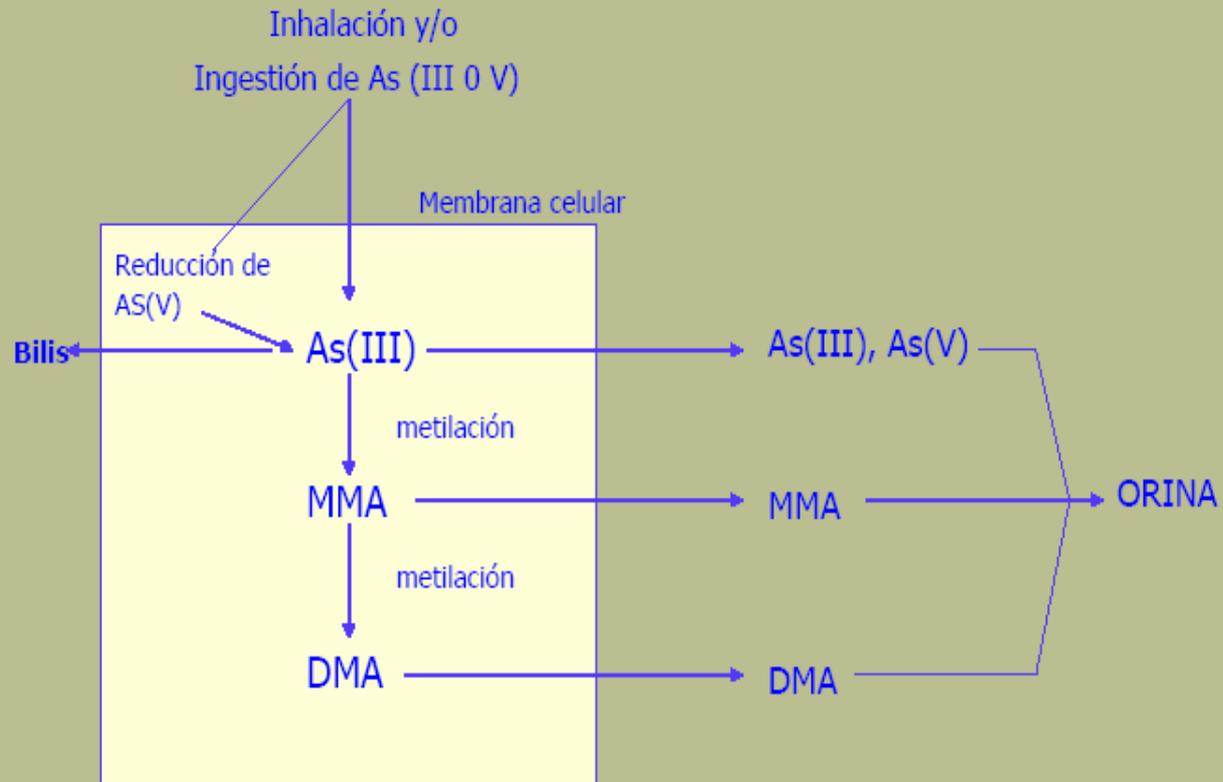




- Entonces la sensibilidad de las personas a los efectos tóxicos del arsénico inorgánico varía, dependiendo entre otros de la genética, metabolismo, dieta, estado de salud y sexo.
- Su acumulación en la piel tiene relación con su fácil reacción con las proteínas (con grupos de sulfihidrilo) (Health Canada, Ottawa, 1992).

- Las personas con mayor riesgo son las que tienen poca capacidad para metilar arsénico y por lo tanto lo retienen más. En este caso, los más vulnerables son los niños y las personas con un estado nutricional deficiente.
- Se ha visto que la administración de vitaminas (A y suplementos multivitamínicos) y el mejoramiento de la nutrición puede mejorar a los pacientes, sobre todo cuando hay afecciones de la piel.

EL DESTINO DEL ARSÉNICO INORGÁNICO

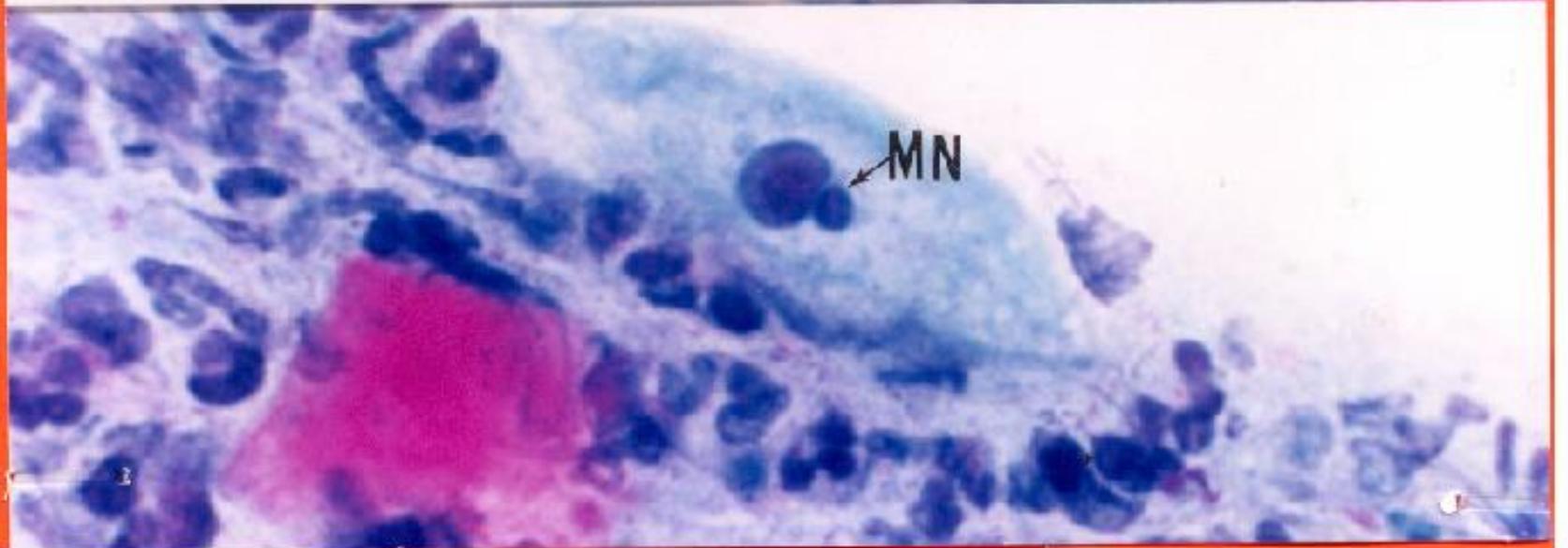
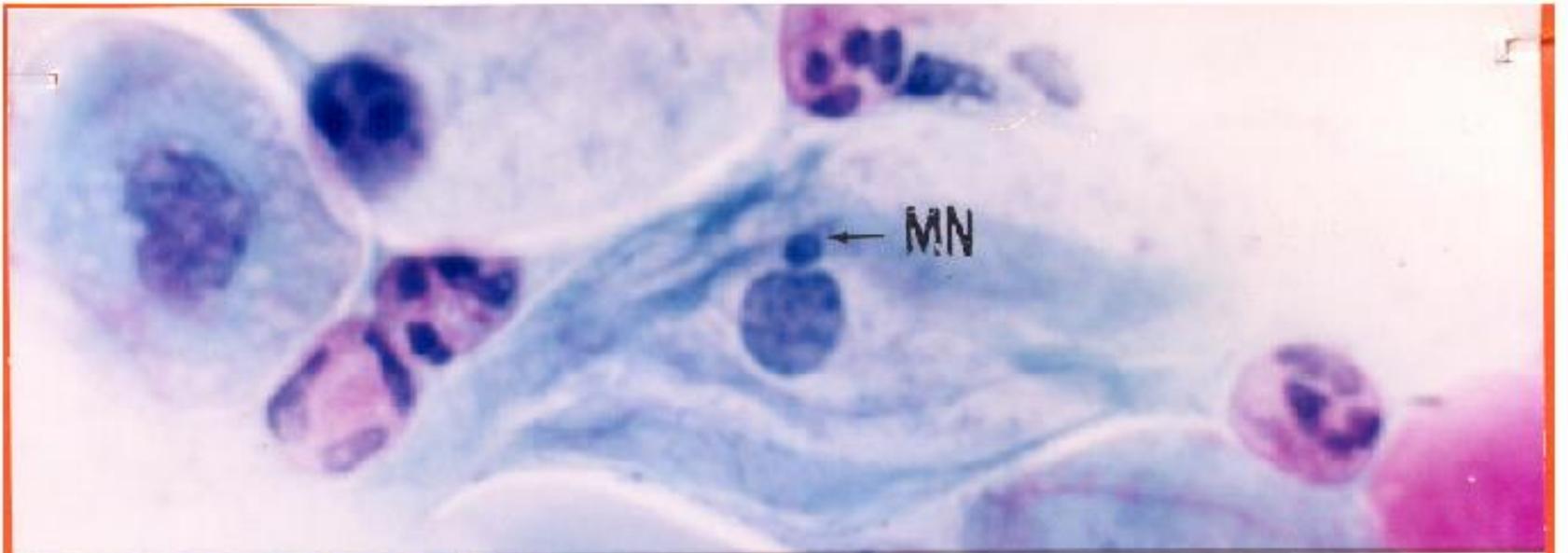


- El ingreso del As en la sangre, atravesando las distintas barreras biológicas.
- Condiciones que exige una membrana biológica para permitir el paso:
 - Radio atómico o molecular pequeño.
 - Coeficiente de partición lípido/agua de la forma no ionizada alto.
 - Paso de la forma no ionizada.

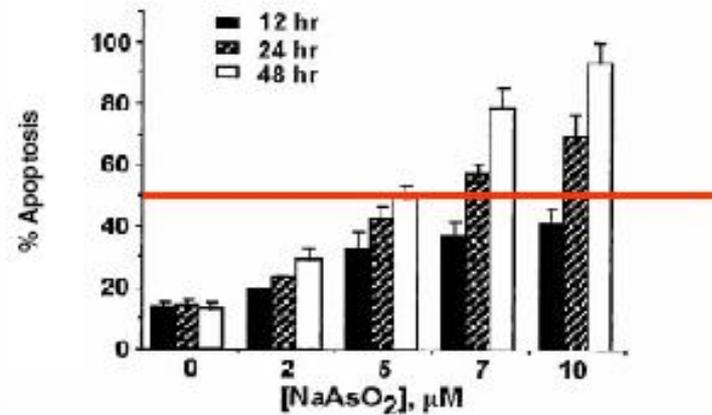
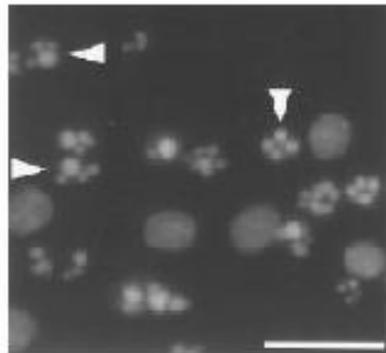
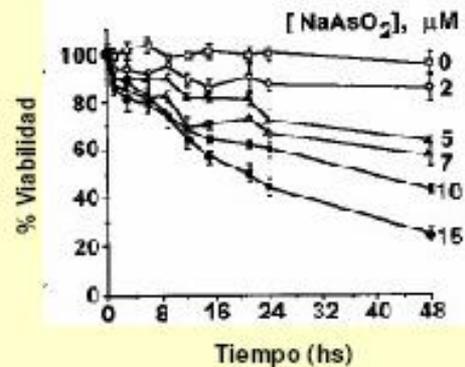
RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES

DESEQUILIBRIO



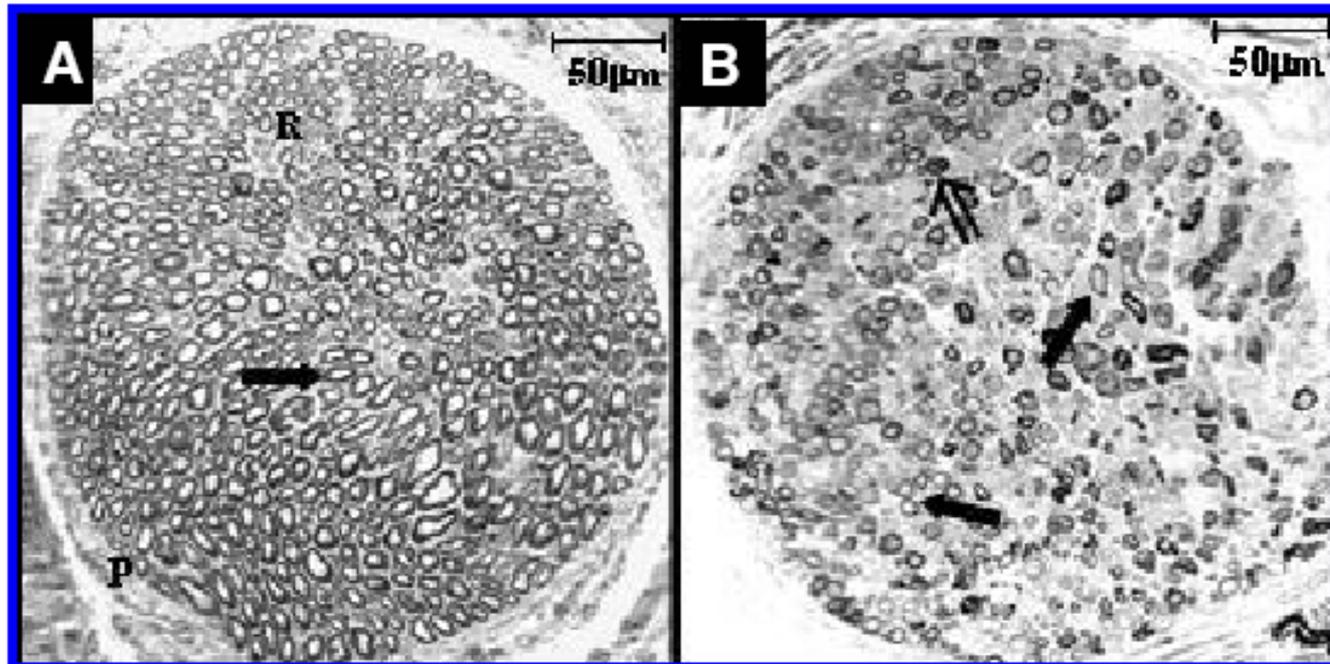


El arsenito de sodio induce apoptosis en neuronas corticales



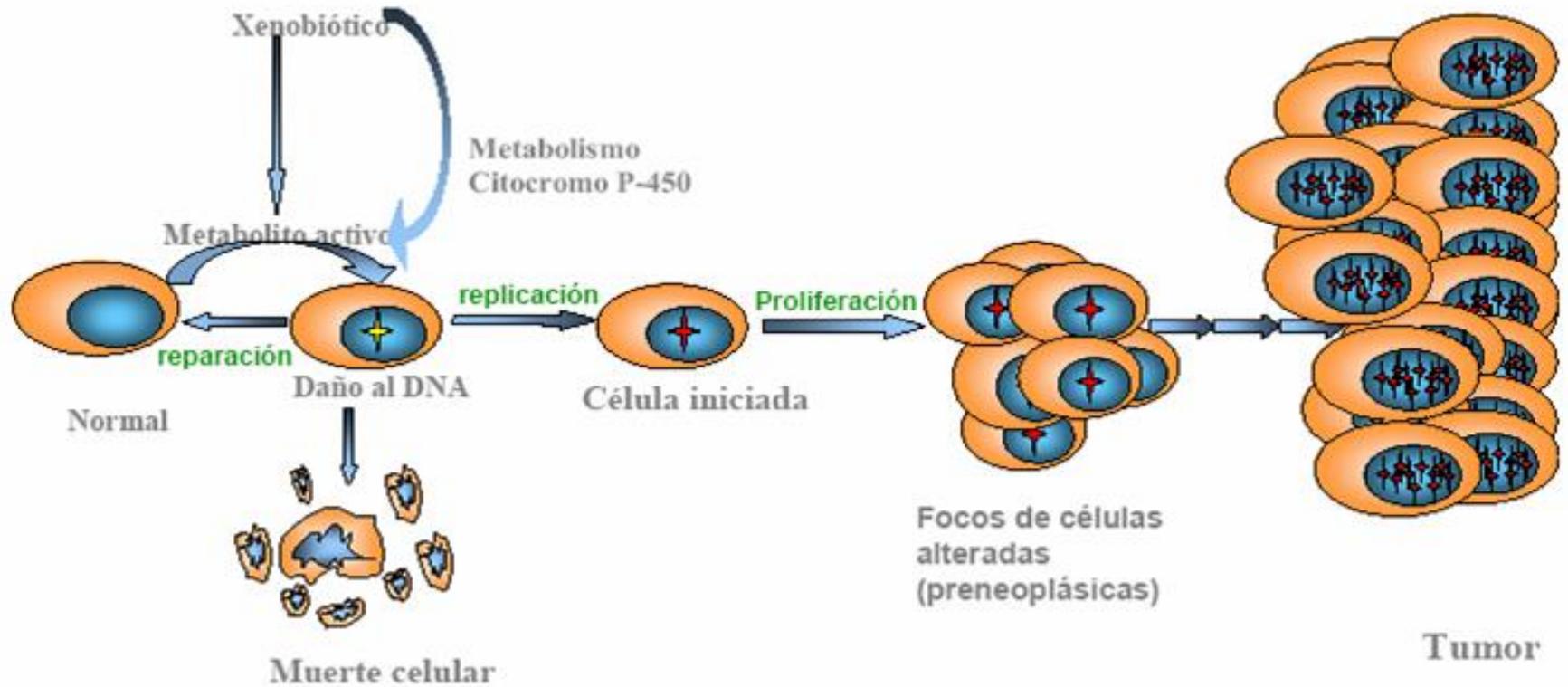
Uk Namgung and Zhengui Xia, 2000.

Análisis histológico



Microfotografías de nervio sural de animales control **A**) Muestra la vaina de mielina bien definida (flecha negra); células de Schwann de axones desmielinizados (R) y pericarion (P), y **B**) Nervio sural de animales expuestos a As_I mostrando fibras colapsadas y rastros de mielina aglomerada (flechas abiertas); axones cubiertos de una capa fina de mielina, considerable desviación de su apariencia circular (flechas negras).

Etapas de la carcinogénesis



INICIACIÓN

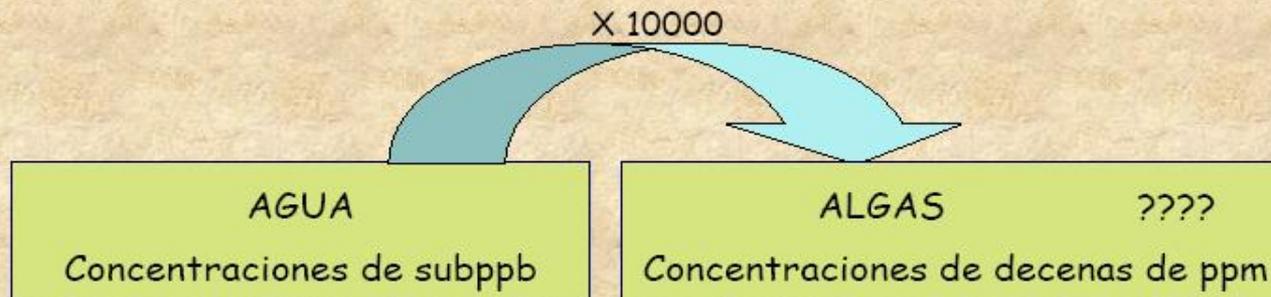
PROMOCIÓN

PROGRESIÓN ³⁵

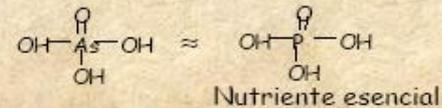
Agencia Internacional de Lucha contra el Cáncer (IARC), 2006

Grupo 1A	Carcinogénico (para el ser humano)
Grupo 2A	Probablemente carcinogénico
Grupo 2B	Posiblemente carcinogénico
Grupo 3	No se puede clasificar como un carcinógeno
Grupo 4	Probablemente no carcinogénico

✓ Las algas son bioacumuladores de As



Similitud del arseniato con el fosfato.
Utilización del arseniato como nutriente en
condiciones de déficit de fósforo



✓ Etapa inicial de un metabolismo que va a dar lugar a una gran
diversidad de estructuras arsenicales

As inorgánico



Especies arsenicales
más complejas

FACTORES DE BIOTRANSFERENCIA DE ARSÉNICO A LA CADENA AGROALIMENTARIA



Geoquímica del arsénico

- El arsénico es un elemento natural que se encuentra en muchos ambientes.
- Ocupa el rango 20 de abundancia de los elementos en la naturaleza.
- La concentración en rocas y sedimentos varía de 0.1 a 490 mg/kg.
- Su presencia en aguas naturales se relaciona con la lixiviación de las rocas.

- Las especies orgánicas del arsénico generalmente no son de importancia en el agua:
 - monometilarsenato (MMA)
 - Dimetilarsenato (DMA)
 - Dimetilarsina (DMA o)
 - Trimetilarsina (TMA o)
 - Oxido de trimetilarsina (TMAO)
 - Arsenobetaína
 - Arsenocolina



GRACIAS