

# Exposición total al arsénico

## Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

Desarrollado conjuntamente por la  
Agencia para Sustancias Tóxicas  
y el Registro de Enfermedades (ATSDR) y la  
Organización Mundial de la Salud (OMS)

## **Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico**

### **Guía del profesor**

Esta guía incluye notas para ayudar al profesor a explicar la «*Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico*». Este estudio de un caso práctico está diseñado para que, en un tiempo de 4 horas, los participantes aprendan a caracterizar la exposición humana al arsénico en sus diferentes formas a través de los distintos compartimentos ambientales. El «*Estudio de un caso práctico*» incluye los siguientes elementos:


- **Presentación (75 minutos):** El profesor realizará una presentación que proporcione las bases científicas en las que se sustenta la evaluación de la exposición. Los materiales de esta presentación se encuentran en un archivo de *PowerPoint*. Esta guía incluye copia de todas las diapositivas de la presentación y las notas más relevantes a señalar en cada una de ellas. Los participantes dispondrán de una copia de esta presentación entre el conjunto de materiales que se les entregue.
  - Las notas incluyen algunas preguntas que el profesor puede plantear a los participantes. Estas preguntas servirán para que la presentación sea algo interactivo y no adopte la forma de una conferencia. Las preguntas para los participantes están etiquetadas con una **P**.
- **Ejercicio en grupo (90 minutos):** Después de que el profesor finalice la presentación, los participantes deberán realizar en grupo los ejercicios que ilustran los conceptos más importantes de la evaluación de la exposición. Los participantes pueden usar las calculadoras. También se aporta una hoja de *Excel* entre los materiales entregados. El profesor puede permitir a los participantes usar la hoja de *Excel*, pero siempre después de que hayan realizado algunas operaciones con las calculadoras. También puede enseñarles el manejo de la hoja *Excel* a través de la pantalla del ordenador después de que hayan acabado los ejercicios. Esta guía incluye notas sobre cómo debería presentar los ejercicios el profesor.
- **Discusión plenaria para revisar los ejercicios (60 minutos):** Después de que los participantes hayan acabado los ejercicios, el profesor revisará las respuestas conjuntamente con los participantes. Esta guía incluye las soluciones para ayudar al profesor a discutir las públicamente con la clase. Las soluciones también serán entregadas en papel a los participantes al acabar el curso.
- **Conclusiones (15 minutos):** Esta breve presentación sintetiza los puntos más importantes del curso. Se incluyen al final las diapositivas con sus notas correspondientes que pueden ser usadas por el profesor para cerrar el curso.

Es conveniente que el profesor tenga a mano en todo momento una copia de la «*Guía del profesor*» y una copia de la «*Guía del curso*». Además sería bueno que el profesor dispusiese en la clase del siguiente material: copias electrónicas de la hoja *Excel* para calcular las dosis estimadas de exposición; copias suficientes de las soluciones para dar al final a cada alumno y varias calculadoras para los participantes que vengan sin ellas.

# Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

## Guía del profesor

### Diapositiva #1:




## Exposición Total al Arsénico Estudio de un Caso Práctico

Desarrollado conjuntamente por la  
Agencia para las Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades  
(ATSDR) y la Organización Mundial de la Salud (OMS)

*Instructor:*  
Dr. Deoraj Caussy, WHO

*Traducción:*  
José M. Ordóñez-Iriarte, Emiliano Aránguez-Ruiz, Manuel I Aparicio-Madre  
(Consejería de Salud. Comunidad de Madrid. España)



### Notas:

- Saludos y bienvenida a los participantes.
- Presentación del profesor, su lugar de trabajo, su profesión y actividad laboral y el interés en la exposición al arsénico.
- Propósito del curso: Proporcionar información práctica para saber caracterizar la exposición total al arsénico.
- Señalar que la mayoría de los conceptos tratados en este curso pueden ser aplicados en la evaluación de la exposición a otros contaminantes, aunque en este curso se trate exclusivamente sobre el arsénico.
- *Opcional:* Si la clase es pequeña (<15 participantes), valorar la posibilidad de que cada participante se presente a sí mismo y explique los motivos de su interés en la exposición al arsénico.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #2:



#### Notas:

- Esta diapositiva sienta las bases para el resto del curso.
- Indicar que el arsénico, como muchos contaminantes ambientales, puede entrar en el organismo humano a través del contacto con varios elementos del medio, como se señala en la diapositiva: aire, agua potable, alimentos y suelo.
- Señalar que la exposición puede ser a fuentes con niveles de arsénico altos tanto de origen natural como por contaminación humana.
- Advertir que se usa el término «exposición total» para referirse a la suma de la exposición a todos los elementos del medio.
- **P.** ¿Por qué queremos estudiar la exposición?
  - Respuesta 1: La exposición puede ser a niveles lo suficientemente altos como para causar efectos adversos a la salud. Señale que los efectos asociados a la exposición al arsénico están ocurriendo entre residentes de distintos lugares de India y Bangladesh, donde los terrenos sedimentarios son ricos en arsénico. (Indique que esta diapositiva incluye algunas fotografías, que aparecerán sucesivamente, sobre los efectos del arsénico en la piel.)
  - Respuesta 2: Los profesionales sanitarios necesitan conocer cuáles son las fuentes que más contribuyen a la exposición, para que se puedan adoptar las medidas más efectivas para reducir la exposición.

**Diapositiva #3:**

## Objetivos del Estudio de Caso

- Caracterizar la *exposición* al *arsénico*, en sus diferentes formas, proveniente de las diferentes vías de exposición, incluyendo la inhalación del aire ambiente y la ingestión de agua de bebida, suelo, alimentos y uso de medicamentos tradicionales.
  - Entender el cálculo de la dosis estimada de exposición
  - Comprobar cómo la evaluación de la exposición se incardina en los procesos de evaluación de la salud pública.

3 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso



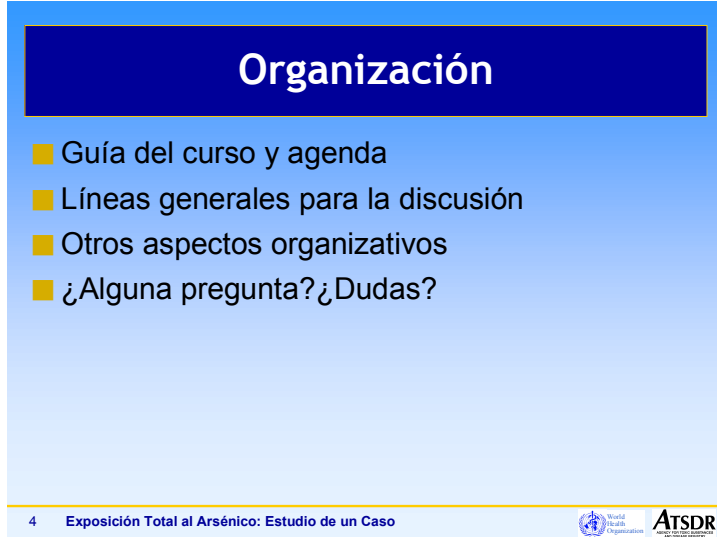
**Notas:**

- Leer de la diapositiva el primer objetivo, enfatizando las palabras *exposición* y *arsénico*.
- ¿Por qué el énfasis en la exposición? El curso se centra en la evaluación de la exposición, no en las implicaciones sanitarias de la exposición. Señale que generalmente no se puede hacer una evaluación de la salud pública sin haber realizado primero una evaluación de la exposición.
- ¿Por qué el énfasis en el *arsénico*? Se pretende abordar medidas específicas de salud en aquellas áreas donde se encuentran niveles altos de arsénico de forma natural (p. ej., India, Bangladesh).
- Hacer énfasis en que la mayoría de los conceptos que se aprendan en este curso pueden ser aplicados a la evaluación de la exposición de la mayoría de las sustancias químicas, excepto las radiológicas.
- Indicar que la metodología de la evaluación de la exposición es general y puede ser aplicada tanto a contaminantes cuyo origen es natural como humano.
- Leer los objetivos de forma más detallada.
  - Familiarizarse con los cálculos de la dosis.
  - Percibir cómo la evaluación de la exposición pertenece al conjunto más amplio de la evaluación de la salud ambiental. Una evaluación completa de la salud incluirá muchas otras facetas (p. ej., consecuencias de la exposición en la salud pública).
- **P.** ¿Alguna pregunta sobre el objetivo más importante a aprender?

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #4:



**Organización**

- Guía del curso y agenda
- Líneas generales para la discusión
- Otros aspectos organizativos
- ¿Alguna pregunta? ¿Dudas?

4 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso

World Health Organization ATSDR

#### Notas:

- Revisar los materiales antes de comenzar los contenidos técnicos.
- Guía del curso y agendas:
  - Mostrar una «Guía del curso». Comprobar que todos tienen una copia de las diapositivas con espacio para tomar notas.
  - Señalar que la «Guía del curso» también incluye (1) el estudio del caso que los participantes deberán trabajar; (2) una lista con las referencias bibliográficas para aquellos que deseen más información sobre el tema; (3) los factores de conversión de unidades.
  - Revisar los temas más relevantes de la agenda: presentación (75 minutos), ejercicios en grupo (90 minutos), discusión plenaria para revisar los ejercicios (60 minutos), conclusiones (15 minutos).
- Reglas para el debate: Indicar cómo le gustaría manejar las preguntas y las respuestas. Animar a que los participantes pregunten conforme les surgen las preguntas.
- Otras cuestiones organizativas: Lugar donde se encuentran los baños, teléfonos, bar/restaurante, etc.
- **P.** ¿Alguna pregunta antes de comenzar con los contenidos técnicos?

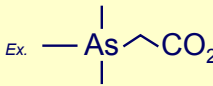
# Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

## Guía del profesor



### Diapositiva #5:

## ¿Qué es el Arsénico?

- ¿En qué formas se encuentra el arsénico?

Inorgánico	Orgánico
Ex. $\text{As}_2\text{O}_3$ <small>Trióxido de Arsénico</small>	Ex.  <small>Arsenobetaina (or "Arsénico de los peces")</small>
Generalmente Más Tóxico	Generalmente Menos Tóxico

- ¿De dónde viene el arsénico?
- ¿Cómo se miden los niveles de arsénico?

5 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso

### Notas:

- El arsénico es un elemento (número atómico 33), que se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre.
- ¿En qué formas se encuentra el arsénico? Casi siempre se encuentra como compuesto y no en estado puro. Hay cientos de compuestos de arsénico.
  - Compuestos inorgánicos: El arsénico se encuentra unido al oxígeno, azufre, cloro y otros elementos formando diferentes compuestos. Estas formas son generalmente (aunque no siempre) más tóxicas que los compuestos orgánicos del arsénico.
  - Compuestos orgánicos: El arsénico se encuentra unido al carbón, al hidrógeno y otros elementos. Es generalmente menos tóxico que los compuestos inorgánicos.
  - Introducir el término «*fish arsenic*»: arsénico de pescado» aquí. Señalar que la «Reseña (‘Perfil’) Toxicológica del arsénico» publicada por la ATSDR indica que el arsénico de pescado es «esencialmente no tóxico»; esta afirmación la apoyan ocho publicaciones diferentes que son citadas en ese documento.
- ¿De dónde viene el arsénico? El arsénico se encuentra de forma natural en muchos minerales (inorgánicos). Las formas orgánicas del arsénico se forman naturalmente en la biota (p. ej., peces, humanos,...). Muchas industrias usan arsénico.
  - **P.** Preguntar a los participantes algunas fuentes industriales de arsénico que sean frecuentes.
  - **R.** Minas, fundiciones, instalaciones de tratamiento de la madera, herbicidas, metalurgia. El trióxido de arsénico es usado para tratar la

**Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR)**  
**Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU.**

**Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico**  
**Guía del profesor**

leucemia promielocítica aguda. Los arsenicales se usan también para tratar la leishmaniosis.

- ¿Cómo se miden los niveles de arsénico? Se utilizan diferentes procedimientos. Los métodos más usados (absorción atómica) determinan el *arsénico total* en la muestra analizada, sin distinguir el inorgánico del orgánico.



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #6:

**¿Por qué estudiar el Arsénico?**

Cáncer*	No-Cáncer
Cáncer de piel	Efectos en la piel
Cáncer de pulmón	Efectos Gastrointestinales
Cáncer de vejiga	Efectos Cardiovasculares
	Efectos Neurológicos

**Toxicidad del Arsénico**

\*El arsénico inorgánico es un conocido carcinógeno humano. La carcinogenicidad del arsénico orgánico no ha sido clasificada.

■ Los efectos ocurren dependiendo de la dosis y de la duración de la exposición.

6 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

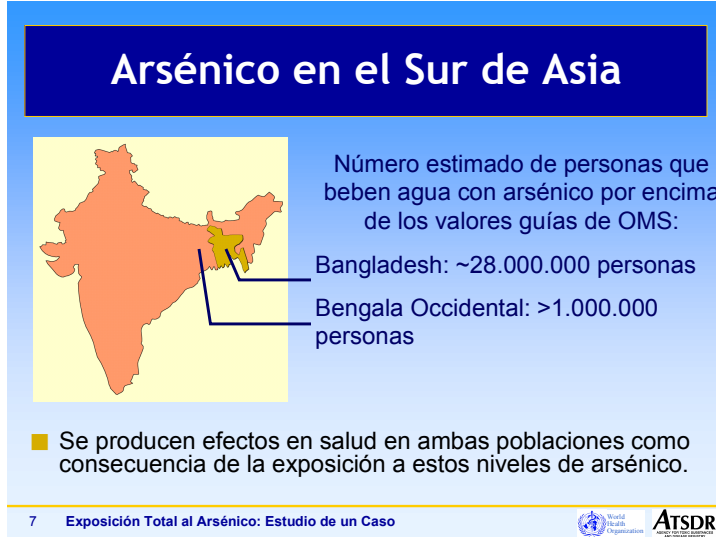
#### Notas:

- ¿Por qué queremos estudiar la exposición al arsénico? En primer lugar por su toxicidad.
- Leer la lista de los efectos que produce. Señalar que son ejemplos generales y que las publicaciones existentes al respecto presentan el conjunto de efectos que el arsénico es capaz de producir.
- Enfatizar que el *arsénico inorgánico* es un conocido carcinógeno humano. La carcinogenicidad del *arsénico orgánico* no está demostrada.
- Indicar que los efectos dérmicos (p. ej., hiperpigmentación, hiperqueratosis) son efectos característicos de la exposición oral a largo plazo de las formas de arsénico inorgánico.
- Señalar que los efectos se producen o no, dependiendo de la dosis de exposición («la dosis hace el veneno» Paracelso *dixit*) y también de la duración de la exposición. La clase está aprendiendo a caracterizar la dosis estimada de exposición, lo que permite evaluar los efectos de esta exposición en la salud pública. Cómo valorar estos efectos no es objetivo de este curso.
- Indicar que este Estudio de Caso ofrece al final del curso una detallada visión de los niveles de exposición asociados con los efectos adversos en salud.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #7:



#### Notas:

- Nos preguntamos otra vez: ¿Por qué estamos estudiando esto? Un número importante de personas está actualmente expuesta a niveles de arsénico capaces de producir efectos adversos en la salud.
- Aquí hay algunos ejemplos:
  - En Bangladesh, el agua potable de unos 28,000,000 de personas contiene niveles de arsénico por encima de 50 µg/L. Este es el valor guía de la OMS para el arsénico en el agua potable. (Nota: En 1993, la OMS propuso el valor guía de 10 µg/L., valor asumido por la Unión Europea y EE. UU., entre otros)
  - En Bengala Occidental, región de la India, más de 1,000,000 de personas están expuestas a ese nivel.
- En ambas poblaciones, la exposición al arsénico, que tiene un origen natural, está causando efectos adversos a la salud.
- Por ello, necesitamos saber más sobre la evaluación de la exposición al arsénico.


## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #8:

**Arsénico en el Medio Ambiente**

- Orgánico vs. Inorgánico
- Niveles habituales
- Otras Consideraciones

8 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  **ATSDR**

#### Notas:

- Esta diapositiva muestra lo que vamos a tratar a continuación. Por cada componente del medio que se muestra (aire, agua, alimentos y suelo), los participantes aprenderán sobre:
  - Las formas de arsénico que habitualmente se encuentran en ese medio.
  - Rangos de concentración habituales.
  - Otras consideraciones relativas a la evaluación de la exposición.
- Enfatizar que los rangos de concentraciones mostrados son valores habituales encontrados en la literatura científica. Esto puede no ser representativo de los lugares que los participantes tengan que evaluar.
- Siempre que sea posible, se usarán los datos de referencia propios del lugar para realizar una evaluación de la exposición.
- Indicar que la siguiente secuencia de diapositivas tendrán en cuenta los tres aspectos arriba señalados.

# Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

## Guía del profesor

### Diapositiva #9:

## Arsénico en el Aire

- **Formas presentes**
  - Habitualmente trióxido de arsénico ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) en partículas
  - Las formas orgánicas y el vapor son menos frecuentes
- **Rangos de concentraciones típicas**

Entorno Urbano (2 a 2.320 $\text{ng}/\text{m}^3$ )
Entorno rural (1 a 28 $\text{ng}/\text{m}^3$ )
Entornos remotos (0,007 a 1,9 $\text{ng}/\text{m}^3$ )


- **Otras consideraciones**
  - Contribución del tabaco y de otras fuentes (e.g.: Combustión de carbón y de fuel).

9 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

### Notas:


- Formas de arsénico presentes en el *aire*:
  - El arsénico es habitualmente inorgánico (trióxido de arsénico) y se encuentra como partícula, no como vapor.
  - No se encuentran formas orgánicas (excepto en lugares donde son usadas, como en el ámbito agrícola); en contadas ocasiones se encuentran formas en estado de vapor.
- Repasar los rangos de concentración habituales para los medios urbano, rural y remoto.
  - Señalar que las medias de los valores encontrados en Calcuta fue de 180  $\text{ng}/\text{m}^3$ .
  - Enfatizar que estos son niveles *habituales*. Las concentraciones cerca de importantes fuentes industriales pueden salirse de este rango sin dificultad.
  - Hablar de unidades: los participantes deben ser muy cuidadosos con los diferentes criterios que son utilizados para expresar las concentraciones. Señale que la Guía del Curso incluye los factores de conversión usados para cambiar las unidades de cada uno de los medios.
- Otras consideraciones:
  - Fumar: la ingesta por inhalación de los no fumadores está entre 0,4 y 0,6  $\mu\text{g}/\text{día}$ . Un único cigarrillo puede contener entre 0 y 1,4  $\mu\text{g}$  de arsénico.
  - Ciertos carbones y combustibles contienen arsénico y la quema de estos materiales (en ambientes cerrados como las cocinas o en instalaciones industriales) emiten arsénico al aire.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico Guía del profesor

### Diapositiva #10:

### Arsénico en Aguas Subterráneas

- Formas presentes
  - Mayoritariamente arsénico inorgánico (arsenatos,  $\text{AsO}_4^{3-}$ )
  - El arsénico orgánico es normalmente indetectable
- Rangos de concentraciones típicas
  - Generalmente menos de 10  $\mu\text{g/L}$
  - Niveles mucho más altos en áreas concretas:
    - Bengala Occidental, India <10 a 2.040  $\mu\text{g/L}$
    - Bangladesh <10 a 3.700  $\mu\text{g/L}$
- Otras consideraciones
  - Puede ser fuente de exposiciones indirectas.



10 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso

World Health Organization ATSDR

### Notas:

- Formas de arsénico presentes en el *agua subterránea*:
  - La mayor parte del arsénico en el agua subterránea es inorgánico (la forma más tóxica). Normalmente no se detectan niveles de arsénico orgánico.
  - Esta visión general sirve de ayuda porque en raras ocasiones encontramos análisis que diferencien los valores del arsénico inorgánico del orgánico.
- Rango de concentraciones habituales en *aguas subterráneas*:
  - En lugares sin depósitos ricos en arsénico, generalmente menos de 10  $\mu\text{g/L}$ .
  - Leer los rangos de concentraciones observadas en India y Bangladesh.
  - Otra vez precaución con las unidades: vimos unas unidades que son usadas para el aire; sin embargo las unidades usadas para el agua se expresan en  $\mu\text{g/L}$  o  $\text{mg/L}$ . Señalar que es igual a  $\text{ppb}$  y  $\text{ppm}$ , respectivamente. Referir que los factores de conversión de unidades están incluidos al final de la Guía del Curso.
- Otras consideraciones:
  - **P.** ¿Cómo se puede estar expuesto al arsénico del agua subterránea que no sea a través del agua potable?
  - **R.** El agua subterránea puede ser usada para el riego y el arsénico en ella contenido puede pasar a las plantas y animales.



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #11:

## Arsénico en Aguas Superficiales

- **Formas presentes**
  - Normalmente inorgánico y unido a las partículas en suspensión
  - Arsénico orgánico en pequeñas proporciones
- **Rangos de concentraciones típicas**
  - Concentraciones cursos de aguas limpias: <10 µg/L.
  - Niveles más altos cerca de industrias, minas y depósitos de minerales.
- **Otras consideraciones**
  - Ciclos de arsénico a través de sistemas acuáticos.

11 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- La información para el *agua superficial* es similar a la del *agua subterránea*.
- Formas presentes:
  - De nuevo, la forma habitual es la más tóxica, la inorgánica; la forma orgánica solo se encuentra en cantidades de trazas.
  - El arsénico en el agua superficial se encuentra unido habitualmente a la materia en suspensión.
- Rango de concentraciones típicas: prácticamente la misma que en aguas subterráneas. Se encuentran niveles más altos cerca de las fuentes industriales de arsénico.
  - Como ejemplo: el rango de concentraciones de arsénico en material en suspensión, aguas abajo de una gran mina situada en EE. UU. era de 20 a 8,000 µg/L.
- Otras consideraciones: Señalar que el arsénico (como otros metales) tiene ciclos en los sistemas acuáticos. Puede ir de los sedimentos al agua y/o a la biota (peces), cambiando de forma química durante este ciclo.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #12:

## Arsénico en Alimentos

- **Formas presentes**
  - Varía de un alimento a otro.
  - Considerable variabilidad, incluso para un mismo alimento (e.g.: arroz).
  - Predominantemente orgánico (>75%) en pescado y marisco.
- **Rangos de concentraciones típicas**
  - Recogidas en los ejercicios (ver ejercicios).
- **Otras consideraciones**
  - Unidades de medida—"peso húmedo" versus "peso seco."
  - Puede ser encontrado en medicamentos tradicionales



12 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso World Health Organization ATSDR

#### Notas:

- Señalar las dificultades que presentan los alimentos para poder generalizar, ya que hay tantos y tan diferentes (carnes, lácteos, verduras, cereales, etc.).
- Información general de las formas presentes:
  - Varía de un alimento a otro e incluso dentro de un mismo alimento. Ejemplo: Algunos investigadores han encontrado proporciones muy variables de arsénico en arroz, dependiendo de dónde fue cultivado.
  - El arsénico en el pescado es fundamentalmente orgánico («*fish arsenic*»), que es «esencialmente no tóxico». Algunos estudios han encontrado que más del 90% del arsénico que se encuentra en el pescado está en la forma orgánica.
  - Dar las referencias para tener más información sobre las formas de arsénico en los alimentos.
- Rangos de concentración habituales:
  - Se presenta más información en los ejercicios.
  - Dificultades para generalizar. El arsénico ha sido encontrado en algunos vinos a una concentración de 0.5 mg/L, pero sólo cuando las viñas fueron tratadas con insecticidas que contenían arsénico. Se ha encontrado un amplio rango de niveles de arsénico en especias, dependiendo de dónde fueron cultivadas. *Recalque la necesidad de disponer de datos específicos del lugar donde estamos haciendo la evaluación de la exposición.*
- Otras consideraciones: Precaución con las unidades. Se acostumbra a expresar los datos en «peso húmedo» porque los factores de exposición son en «peso húmedo».

**Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico**  
**Guía del profesor**

- Señale los medicamentos tradicionales: Se han detectado casos de envenenamiento por arsénico en EE. UU. debido a remedios tradicionales.



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #13:

## Arsénico en Suelo

- **Formas presentes**
  - Generalmente inorgánicas: arsenatos ( $\text{AsO}_4^{-3}$ ) y arsenitos ( $\text{AsO}_2$ ).
  - Frecuentemente unido al suelo, pero también puede percolar al agua subterránea.
- **Rango de concentraciones típicas**
  - Nivel medio en la corteza de la Tierra: 2 mg/kg.
  - Niveles típicos en el suelo: 1 a 40 mg/kg.
  - Niveles mayores en áreas concretas
- **Otras consideraciones:**
  - Fuente de contaminación para las plantas.



13 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:


- **Formas presentes:** Habitualmente arsénico inorgánico que se encuentra unido al suelo, o en forma de compuestos minerales. Por ejemplo, la arsenopirita puede contener más del 5% de arsénico.
- **Rangos de concentraciones:** Lea los datos de la diapositiva. Señale que son concentraciones habituales; se pueden encontrar niveles más altos en áreas concretas.
- **Otras consideraciones:**
  - **P.** ¿Cómo se incorpora el arsénico del suelo a los tejidos de las plantas?
  - **R.** De dos formas: (1) a través de la raíz, y (2) a través del depósito de partículas del suelo en la superficie de las plantas. Se considera que este último mecanismo contribuye a la mayor parte del arsénico en las plantas.
- **Recuerde las unidades:**
  - Hemos visto diferentes tipos de unidades: aire ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $\text{ng}/\text{m}^3$ ), agua ( $\mu\text{g}/\text{L}$  y  $\text{mg}/\text{L}$ ) y suelo y alimentos ( $\text{mg}/\text{kg}$ ).
  - Hay incluso más unidades de las hasta ahora mostradas. Hay que tener cuidado con las unidades utilizadas a la hora de interpretar los datos.
  - Referir a la información que hay en la Guía del curso para convertir las unidades.

**Diapositiva #14:**

**Ingestas Típicas de Arsénico**

- La dieta— agua de bebida y alimentos — es la mayor fuente de exposición al arsénico.
- La fuente dominante de exposición varía con el lugar.
- Los rangos de Ingesta Diaria se encuentran generalmente entre 20 y 300 µg/día.

¿Cómo se puede cuantificar la contribución de cada vía de exposición a la ingesta total?

14 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

**Notas:**

- Introducir el concepto de dosis total: la suma de las exposiciones a través de todas las rutas.
- La mayoría de los estudios han encontrado que la dieta (incluyendo el agua potable y los alimentos) son la mayor fuente de exposición al arsénico.
- Señalar que en algunos lugares otras rutas de exposición pueden ser predominantes en la dosis. Ejemplo: la exposición por inhalación puede ser la mayor ruta de exposición en lugares cercanos a una fundición.
- Indicar el rango habitual de ingesta de arsénico según la OMS: 20 a 300 µg/día.
- **P:** ¿Alguna pregunta sobre los niveles de arsénico en el medio ambiente o sobre las ingestas habituales de este metal?
- Ahora abordar las siguientes preguntas:
  - Disponemos de información general sobre el arsénico, pero ¿cómo podemos saber cuál es el medio que más contribuye a la exposición?
  - ¿Podemos desarrollar estrategias inteligentes de reducción de la exposición sin conocer primero cómo contribuye cada ruta de exposición a la dosis total?

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor



#### Diapositiva #15:

## Cálculo de la Exposición

- Dosis estimada de exposición vs. dosis absorbida
- Ecuación para calcular la dosis estimada de exposición:

$$ED = \frac{C \times IR \times EF}{BW}$$

Donde: ED = dosis estimada de exposición (mg/kg/día)  
C = concentración de exposición (diferentes unidades)  
IR = tasa de ingesta para el medio (diferentes unidades)  
EF = factor de exposición (frecuencia)  
BW = peso corporal (kg)

15 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Se entra ahora en la parte cuantitativa del curso.
- Explicar la diferencia entre *dosis estimada de exposición* (la cantidad de contaminante que entra en el organismo) y *dosis absorbida* (la cantidad que es absorbida). Señale que la dosis absorbida es casi siempre menor que la dosis estimada de exposición. Se hablará de ello más tarde.
- Presentar la ecuación general para el cálculo de la dosis estimada de exposición y repasar cada concepto:
  - Concentración de exposición: se refiere a la concentración del contaminante en el medio; las unidades varían.
  - Tasa de ingesta: se refiere a la cantidad del medio que se toma; las unidades varían.
  - Factor de exposición: es un factor que vale entre 0 y 1 y que tiene en cuenta la intermitencia de la exposición. Se hablará de él más tarde.
  - Peso corporal.
  - La Dosis se expresa en mg/kg/día. Las unidades de concentración y de tasa de ingesta deben ajustarse (convertirse) para que el resultado se exprese en las unidades de dosis. Las dosis son comparables cuando se expresan en las mismas unidades.
- *La ecuación general* puede ser aplicada a todas las rutas de exposición y a todos los contaminantes.
- **P.** ¿Por qué queremos conocer la dosis estimada de exposición?

**Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico**  
**Guía del profesor**

**R.** Varias respuestas posibles: (1) para evaluar las implicaciones de la exposición en la salud pública, (2) para determinar si se necesitan o no adoptar medidas de reducción de la exposición, o (3) para identificar las mejores opciones para reducir la exposición.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #16:

## Factores a Considerar

- Ruta de exposición
  - Inhalación
  - Ingestión
  - Contacto dérmico
- Exposición aguda vs. crónica
- Arsénico orgánico vs. inorgánico
- Sensibilidad o susceptibilidad de la población

$$ED = \frac{C \times IR \times EF}{BW}$$

16 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso

#### Notas:

- Plantear a los participantes las siguientes preguntas en relación a la ecuación general:
- **P.** ¿Cómo cambiarán los parámetros de la ecuación en función de la evaluación de la exposición a través de la inhalación, ingestión o contacto dérmico?
  - R.** La concentración será diferente y también la Tasa de ingesta.
- **P.** ¿Qué parámetros serán diferentes al calcular la dosis estimada de exposición por exposición aguda (a corto plazo) y por exposición crónica (a largo plazo)?
  - R.** La concentración será diferente: habitualmente se usa la concentración máxima para exposiciones aguda y la media de las concentraciones para las exposiciones crónicas. El Factor de exposición (EF) también puede ser menor de 1 para las exposiciones crónicas.
- **P.** ¿Qué valores pueden ser diferentes para los cálculos del arsénico orgánico del inorgánico?
  - R.** Solo la concentración, pero habitualmente no se analizan de forma separada, lo que no posibilita realizar los cálculos de forma diferenciada. Recuerda: Esta ecuación puede ser usada en la evaluación de la exposición de todas las sustancias químicas excepto las radiactivas.
- Señale que sería interesante realizar cálculos separados para poblaciones más sensibles. Hablar sobre la exposición de los niños y por qué sus dosis tienden a ser mayores.
- **P.** ¿Alguna duda sobre la ecuación general?

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #17:

## Factor de Exposición

$$EF = \frac{F \times ED}{T}$$

- Donde:
  - EF = factor de exposición (sin unidades)
  - F = frecuencia de la exposición
  - ED = duración de la exposición
  - T = tiempo de la exposición
- Usado para promediar una dosis de exposición en un intervalo de tiempo específico o para evaluar exposiciones intermitentes.

17 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso

#### Notas:

- Esta diapositiva muestra cómo calcular el Factor de exposición (EF).
- Explicar que el EF adopta valores entre 0 y 1 y carece de unidades.
- Para exposiciones agudas, EF vale siempre 1. Un  $EF < 1$  se dará en situaciones de exposiciones crónicas que sean intermitentes o irregulares.
- Señale que se usa el EF para acotar la dosis a un intervalo específico.
- Identificar los términos de la ecuación:
  - F es la frecuencia de la exposición. Es usado para tener en cuenta las exposiciones que son intermitentes o irregulares. Ejemplos: tener contacto con suelos contaminados solo cuando se está en casa; beber agua contaminada ciertos días de la semana; variaciones estacionales de la exposición.
  - ED es la duración de la exposición. Pueden darse diferentes valores dependiendo de la duración del tiempo de exposición que se espera.
  - T es el tiempo de exposición que va a ser evaluado. Se pueden evaluar exposiciones para toda la vida (p. ej., 70 años) o por el tiempo que el residente espera vivir en un lugar concreto (p. ej., 30 años).
- Se incluye un ejemplo en la siguiente diapositiva.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor



#### Diapositiva #18:

## Factor de Exposición: Ejemplo

■ ¿Qué **EF** debería ser usado para calcular la exposición media para toda la vida a través del suelo en un área a la que los residentes acuden 2 veces por semana?

- T = 70 años (se asume como duración de la vida)
- ED = 70 años (especificada en el ejemplo)
- F = (2 días/semana) x (52 semanas/año)

$$EF = \frac{\left(2 \frac{\text{días}}{\text{semana}}\right) \left(52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}}\right) (70 \text{ años})}{\left(365 \frac{\text{días}}{\text{año}}\right) (70 \text{ años})} = 0.28$$

18 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Leer la pregunta del ejemplo.
- Trabajar la solución y discutir los diferentes valores que podrían ser usados para los parámetros:
  - T = 70 años. Este es el valor, por defecto, de la vida media usado en EE. UU. Se deberían usar, si estuviesen disponibles, los datos específicos de la comunidad en la que se trabaja.
  - ED = 70 años. Se asume que una persona vive en el área contaminada toda su vida. Se podría usar un valor más bajo si se conociesen los movimientos de los residentes o cuándo se han realizado limpiezas en el sitio objeto del ejemplo.
  - F = 2 días/semana. Este dato es el que se nos da. Quizás alguien tiene acceso esporádico al área contaminada. Diferentes valores podrían ser usados aquí en función de distintos escenarios.
- ¿Cuál es el efecto neto? EF = 0,28, que tiene en cuenta las exposiciones intermitentes.
- ¿Alguna pregunta sobre este ejemplo?
- Se va a usar un valor de EF = 1 para el resto del curso, porque las exposiciones de la población del sur de Asia al arsénico de origen natural son generalmente continuas.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #19:

## Exposición por Inhalación

$$ED = \frac{C \times IR \times CF \times EF}{BW}$$

Donde: ED=dosis e. exposición (mg/kg/día) CF=factor conversión (=1 mg/1.000 µg)  
C=concentración exposición (µg/m<sup>3</sup>) EF=factor exposición (frecuencia)  
IR=tasa inhalación (m<sup>3</sup>/día) BW=peso corporal (kg)

■ Tasas de Inhalación (ATSDR 1992)

- Hombre adulto: 23 m<sup>3</sup>/día
- Mujer adulta: 21 m<sup>3</sup>/día
- Niños de 10 años: 15 m<sup>3</sup>/día
- Niños de 1 año: 3,8 m<sup>3</sup>/día



19 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  **ATSDR**

#### Notas:

- Esta diapositiva se centra en la exposición por inhalación.
- Los términos en rojo tienen valores únicos para el aire:
  - «C» la concentración en el aire, normalmente expresada en µg/m<sup>3</sup>, pero también se pueden utilizar otras unidades como (ng/m<sup>3</sup> y pg/m<sup>3</sup>).
  - Es poco frecuente ver concentraciones de *arsénico* en el *aire* expresadas en ppm o ppb. Estas unidades se utilizan frecuentemente para los compuestos orgánicos de arsénico en el aire. Ver la Guía del curso para los factores de conversión.
  - «IR» la Tasa de inhalación. Repasar los valores que se presentan.
  - «CF» un factor de conversión. El factor que se muestra solo podrá ser utilizado cuando las concentraciones en el aire estén expresadas en µg/m<sup>3</sup>.
- Notas generales:
  - Al final de la Guía del curso hay una lista de factores de exposición que son usados por agencias ambientales y de salud.
  - La lista cita documentos en los que se apoya.
  - Los participantes trabajarán con esta ecuación cuando desarrollen los ejercicios en grupo.
- **P.** ¿Alguna duda sobre esta ecuación?



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #20:

## Exposición por Ingestión: Agua de Bebida

$$ED = \frac{C \times IR \times CF \times EF}{BW}$$

Donde: ED=dosis e. exposición (mg/kg/día) CF=factor conversión (=1 mg/1.000 µg)  
C=concentración exposición (µg/L) EF=factor exposición (frecuencia)  
IR=tasa ingestión (L/día) BW=peso corporal (kg)

■ Tasas de Ingestión (ATSDR 1992)

- Adultos: 2 L/día
- Niños: 1 L/día



20 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso



#### Notas:

- Esta diapositiva se centra en la ingestión de agua potable. Las siguientes abordarán otras vías de ingestión.
- Los términos en rojo tienen valores únicos para el agua potable:
  - «C» es la concentración en el agua potable; se expresa en µg/L.
  - «IR» es la Tasa de ingestión. Repasar los valores que se presentan.
  - «CF» es un factor de conversión. El factor que se muestra solo podrá ser utilizado cuando las concentraciones en el agua estén expresadas en µg/L.
- Notas generales:
  - La ecuación se aplica a toda ingestión de agua potable al margen de su procedencia (p. ej., agua de lluvia, agua subterránea, o agua superficial).
  - Enfatizar que diferentes agencias usan distintos factores de exposición.
- **P.** ¿Cómo se evaluaría la exposición aguda y la crónica de forma diferenciada?
  - R.** Se hace de dos maneras. Primero la concentración será diferente para cada caso, aguda y crónica. Segundo, el factor de exposición será diferente (p. ej., un escenario de exposición crónica puede tener un factor de 0,5, mientras que es de 1 para exposiciones agudas).
- **P.** ¿Alguna duda sobre esta ecuación?

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #21:

### Exposición por Ingestión: Alimentos

$$ED = \frac{C \times IR \times CF \times EF}{BW}$$

Donde: ED=dosis e. exposición (mg/kg/día) CF=factor conversión (=1 kg/1.000 g)  
C=concentración exposición (mg/kg) EF=factor exposición (frecuencia)  
IR=tasa ingestión (g/día) BW=peso corporal (kg)

- **Tasas de Ingestión**
  - Depende del alimento
  - Varía entre la población
- **La ecuación puede ser usada para los medicamentos tradicionales, remedios de herboristería, etc.**



21 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Esta diapositiva se centra en la ingesta de alimentos.
- Los términos en rojo tienen valores únicos para los alimentos:
  - «C» es la concentración del contaminante en el alimento, habitualmente expresado en unidades de mg/kg, en peso húmedo.
  - «IR» es la tasa de ingestión. Varía de una alimento a otro y de una población a otra, por ello este dato debe ser usado siempre con cautela.
  - «CF» es el factor de conversión. El factor mostrado en esta dispositiva debería ser usado *solo* cuando la concentración del contaminante en el alimento está expresada en mg/kg y la tasa de ingestión en g/día.
- Notas generales:
  - Es importante que los resultados de las muestras de los alimentos analizados, reflejen la contaminación de las partes que se consumen (p. ej., pescado completo versus filetes, planta completa versus porciones comestibles, etc.).
  - La ecuación puede ser usada en la ingestión de medicamentos tradicionales, remedios de herboristería, etc., pero los datos de concentración y de ingestión son difíciles de conseguir.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #22:

## Exposición por Ingestión : Suelo

■ Ingesta accidental:

$$ED = \frac{C \times IR \times CF \times EF}{BW}$$

Donde: ED=dosis e. exposición (mg/kg/día)    CF=factor conver. (=1 kg/1.000.000 mg)  
C=concentración exposición (mg/kg)    EF=factor exposición (frecuencia)  
IR=tasa ingestión (mg/día)    BW=peso corporal (kg)

■ Tasas de Ingestión

- Adultos: 100 mg/día
- Niños: 200 mg/día
- “Pica” de los niños: 5.000 mg/día (sólo fase aguda)



22 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Comentario general: La vía de ingestión de suelo no implica que se piense que la gente de forma rutinaria coma suelo. Esta vía evalúa la *ingestión accidental* de suelo.
- La ingestión accidental ocurre a través de pautas mano-boca, comer frutas y verduras que no estuvieran perfectamente limpias, y cosas parecidas.
- Repasar la ecuación y las tasas habituales de ingestión para adultos y niños.
- Comentar específicamente el comportamiento «pica» de los niños:
  - No existe una única definición de «pica». Un reciente trabajo (taller) de ATSDR define «pica» como «la ingestión recurrente de inusuales cantidades de suelo (p. ej., del orden de 1,000 a 5,000 miligramos por día)».
  - Los niños de hasta 6 años y los individuos con retraso en el desarrollo, constituyen la población de mayor riesgo.
  - La tasa de ingesta de suelo por «pica» de 5,000 mg/día es la usada habitualmente por ATSDR para evaluar el «pica» de los niños, pero esta tasa está basada en solo unos pocos estudios de observación relativos a la ingesta de suelo.
  - Por reciente decisión política, ATSDR solo considera la ingestión por «pica» cuando evalúa las exposiciones agudas.
  - Los niños con «pica» pueden ser una población sensible a las exposiciones por ingestión de suelo.

**Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico**  
**Guía del profesor**

- La ecuación también se aplica a la ingestión de sedimento, pero se necesitarían validar las tasas de ingestión.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #23:

## Exposición por Contacto Dérmico

■ Contacto con suelo o agua contaminada

$$ED = \frac{C \times AR \times CF \times EF}{BW}$$

Donde: ED=dosis e. exposición (mg/kg/día) CF=factor conversión (depende)  
C=conce. exposición (mg/kg o µg/L) EF=factor exposición (frecuencia)  
IR=tasa absorción dérmica (µg/día) BW=peso corporal (kg)

■ La absorción varía con el contaminante y el medio.

■ La Guía de Evaluación de Riesgos de la EPA aporta más detalles.



23 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:



- La exposición a través del contacto dérmico puede producirse por contacto con el suelo y/o el agua que están contaminados.
- Un factor clave para evaluar esta exposición es la tasa de absorción dérmica:
  - La tasa de absorción indica la cantidad de contaminante que puede ser capaz de atravesar la piel en un tiempo dado.
  - Las tasas de absorción varían de un contaminante a otro y también de un medio a otro (diferencias entre el contacto con el suelo *versus* contacto con el agua).
  - Las tasas de absorción publicadas no contienen todos los contaminantes.
  - La tasa de absorción dérmica del arsénico es bastante baja (<10% del arsénico que se pone en contacto con la piel es absorbido) y esta es una vía de exposición que no se tratará en este curso.
- La Guía de Evaluación de Riesgos de la EPA dispone de información mucho más detallada de cómo evaluar la exposición dérmica.
- **P.** ¿Tiene alguien alguna pregunta relativa a la aplicación de la ecuación de la dosis estimada de exposición a los distintos compartimentos ambientales?

**Diapositiva #24:**

**Dosis Exposición (ED) vs.  
Dosis Absorbida (AD)**

$AD = ED \times (\text{factor biodisponibilidad})$

- Factor Biodisponibilidad (<1) varía con:
  - Ruta de exposición (ingestión vs. inhalación)
  - Matriz de exposición (diferentes tipos de suelos o alimentos)
  - Contaminante
- Factores de Biodisponibilidad para el arsénico
  - En agua de bebida: 60–90% biodisponible
  - En suelo: <35% biodisponible
  - En aire: datos insuficientes de absorción
- No hay consenso en los valores de los factores de biodisponibilidad.

24 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

**Notas:**

- Repasar la diferencia entre dosis estimada de exposición y dosis absorbida.
- Cuantitativamente, la diferencia entre las dos dosis es el factor de biodisponibilidad que caracteriza la fracción del contaminante ingerido (o inhalado) que resulta absorbido. Los factores de biodisponibilidad, por definición deben valer siempre entre 0 y 1.
- Puede haber muchos factores de biodisponibilidad diferentes porque estos varían con: la vía de exposición, la matriz de exposición y el contaminante.
- Repasar los factores de biodisponibilidad del arsénico.
  - Para el suelo: Enfatizar que hay un amplio rango de factores de biodisponibilidad publicados dependiendo de la matriz analizada (suelo del jardín, los residuos de las minas, los residuos de las fundiciones, etc.).
  - Se ha encontrado en muchos estudios que el rango de los factores de biodisponibilidad se encuentra entre el 10% y el 34%; por ello es por lo que el valor de “<35%” es el que se ha recogido en este caso.
- Señale que no hay “consenso” en los valores publicados para un amplio número de contaminantes.
- El que esté interesado en los factores de biodisponibilidad para escenarios específicos, generalmente tiene que realizar una búsqueda bibliográfica en la literatura científica.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico Guía del profesor

### Diapositiva #25:

A slide with a blue background and a dark blue header box containing the text '¿Qué hemos aprendido?'. Below the header, there are two main sections: 'Información sobre el arsénico' and 'Cálculo de las Exposiciones', each with a yellow square bullet point. Under 'Información sobre el arsénico', there are two yellow circular bullet points: 'Importancia de las diferentes formas: orgánicas vs. inorgánicas' and 'Niveles habituales encontrados en el medio ambiente'. Under 'Cálculo de las Exposiciones', there are three yellow circular bullet points: 'Ecuación general de exposición', 'Ecuaciones para cada ruta específica: inhalación, ingestión, y contacto dérmico', and 'Dosis de exposición vs. Dosis absorbida'. At the bottom of the slide, there is a yellow box with the text 'Aplica estos conceptos al Estudio de Caso Práctico.' and a footer with the number '25', the text 'Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso', and logos for the World Health Organization and ATSDR.

**¿Qué hemos aprendido?**

- Información sobre el arsénico
  - Importancia de las diferentes formas: orgánicas vs. inorgánicas
  - Niveles habituales encontrados en el medio ambiente
- Cálculo de las Exposiciones
  - Ecuación general de exposición
  - Ecuaciones para cada ruta específica: inhalación, ingestión, y contacto dérmico
  - Dosis de exposición vs. Dosis absorbida

Aplica estos conceptos al Estudio de Caso Práctico.

25 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso

### Notas:

- Indicar que el fondo de la cuestión de este Estudio de caso está ya desarrollado.
- Desarrolle los aspectos recogidos en la diapositiva y brevemente resuma los puntos clave:
  - Orgánico vs. inorgánico: La toxicidad está en función de las formas.
  - Niveles habituales encontrados en el medio: proporciona solo una perspectiva.
  - Ecuación dosis estimada de exposición: puede aplicarse a todos los contaminantes químicos y a todas las vías.
  - Ecuaciones para las vías específicas: las diferencias más relevantes están en la concentración y en la tasa de ingesta.
  - Discutir la importancia de la biodisponibilidad.
- Señale que ahora son los participantes los que van a utilizar estos conceptos en el Estudio de un caso práctico.
- Recuerde a los participantes que este estudio de caso se centra exclusivamente en la evaluación de la exposición. Una evaluación ambiental completa implicaría revisar la calidad y representatividad de las muestras analizadas y el análisis del peso de las evidencias que valorase las implicaciones sanitarias de esa exposición.
- **P.** ¿Alguna pregunta antes de pasar al estudio del caso?

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #26:

## Ejercicios en Grupo



■ **Objetivos**

- Aplicar las ecuaciones de dosis exposición
- Interpretar los resultados de los cálculos obtenidos

■ **Revisión de las instrucciones**

- Trabajar en pequeños grupos
- Usar la hoja de cálculo para el cálculo de la exposición.
- Las soluciones se entregarán al final de clase

**IMPORTANTE:**  
Los datos presentados en este Estudio de caso son de un sitio *hipotético*.  
Estos datos no pueden aplicarse a otros sitios que estén siendo  
evaluados.

26 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso

#### Notas:

- El resto del curso está dedicado a los ejercicios en grupo. El profesor realizará primero el cálculo de dos ejemplos y después los participantes trabajarán el resto de los ejercicios.
- Establezca el objetivo de los ejercicios: aplicar lo que se ha aprendido. Los ejercicios incluyen cálculos cuantitativos y preguntas sobre cómo interpretar estos cálculos.
- Algunas pautas para dar a los participantes:
  - Que trabajen en grupos y que discutan sus respuestas entre ellos.
  - *Opcional:* Con el curso se provee una hoja de *Excel* con la fórmula de la dosis estimada de exposición programada. Se deja a criterio del profesor distribuirla o no.
  - Señale que las soluciones se entregarán al final.
  - Enfatique en la idea de que el estudio de caso es para un *sitio hipotético*. Enfatique también en el hecho de que los factores de exposición están basados en abundante información que dispone las agencias de Estados Unidos; sin embargo, para comunidades concretas, se deberían usar los factores propios siempre que se disponga de ellos.
  - También indicar que se debería asumir que los datos provistos son solo para el arsénico total. Si las cantidades de arsénico orgánico e inorgánico estuviesen disponibles, se realizarían los cálculos de la dosis estimada de exposición para cada uno de ellos por separado.
- Los participantes deben leer el ejercicio y preguntar las dudas que le surjan. Realice los cálculos de los dos ejemplos (siguientes diapositivas).



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico Guía del profesor



### Diapositiva #27:

## Ejemplo: Cálculo #1

■ Ingestión por suelo entre adultos:

$$ED = \frac{C \times IR \times CF \times EF}{BW}$$
$$ED = \frac{\left(40 \frac{mg \text{ As}}{kg \text{ suelo}}\right) \left(100 \frac{mg \text{ suelo}}{día}\right) \left(\frac{1 kg \text{ suelo}}{1,000,000 mg \text{ suelo}}\right)}{(70 kg \text{ peso})}$$

■ Resultado: 0,000057 mg As/kg peso corporal/día (o mg/kg/día)

27 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

### Notas:

- El profesor hará el ejemplo, paso a paso, del cálculo de la dosis estimada de exposición para el suelo en los adultos.
- Comenzar con la ecuación general y reemplazar los parámetros con los valores:
  - La concentración se obtiene de los datos que se han proporcionado en este ejercicio (señale que "mg/kg" significa miligramos de arsénico por kilogramo de suelo).
  - Enfatizar sobre la importancia que tiene el mantener el orden de las unidades porque ayuda a seleccionar el factor correcto de conversión.
  - La tasa de ingesta es la tasa de ingestión de suelo en los adultos que se encuentra entre la información que se ha dado en la Guía del curso.
  - Muestre cómo el factor de conversión hace que se anulen las unidades. (Nota: Al avanzar en esta diapositiva aparecerán líneas de diferentes colores mostrando qué unidades se anulan.)
  - La frecuencia de exposición es 1 (no se muestra).
- El resultado de la dosis estimada de exposición es 0,000057 mg (Arsénico)/kg (peso corporal)/día, que comúnmente se expresa en mg/kg/día.
- Los participantes deberían poner este valor en la tabla de exposición del ejercicio. Ellos verán más tarde el significado del cálculo de esta dosis.
- **P.** ¿Alguna pregunta antes de seguir con el otro ejemplo?

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor



#### Diapositiva #28:

## Ejemplo: Cálculo #2

■ Ingestión por verduras entre niños:

$$ED = \frac{C \times IR \times CF \times EF}{BW}$$
$$ED = \frac{\left( \frac{80 \cancel{\mu g As}}{\cancel{kg ver.}} \right) \left( \frac{60 \cancel{g ver.}}{\cancel{día}} \right) \left( \frac{1 \cancel{kg ver.}}{1,000 \cancel{g ver.}} \right) \left( \frac{1 \cancel{mg As}}{1,000 \cancel{\mu g As}} \right)}{(20 \text{ kg } \textit{peso corporal})}$$

■ Resultado: 0,00024 mg As/kg peso corporal/día  
(o mg/kg/día)

28 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- El profesor hará el ejemplo, paso a paso, del cálculo de la dosis estimada de exposición para las verduras en los niños.
- Comenzar con la ecuación general y reemplazar los parámetros con los valores:
  - La concentración se obtiene de los datos que se han proporcionado en este ejercicio (señale que “μg/kg” significa microgramos de arsénico por kilogramo de verduras).
  - La tasa de ingesta es la tasa de ingestión de verduras en los niños.
  - De nuevo, muestre cómo el factor de conversión hace que las unidades se anulen. (Nota: Al avanzar en esta diapositiva aparecerán líneas de diferentes colores mostrando qué unidades se anulan.)
- El resultado de la dosis estimada de exposición es 0,00024 mg/kg/día.
- Los participantes deberían poner este valor en la tabla de exposición del ejercicio. Ellos verán más tarde el significado del cálculo de esta dosis.
- **Q.** ¿Alguna pregunta antes de que empiecen con el ejercicio?
- Ahora los participantes deben hacer los ejercicios. El profesor debería ser capaz de responder cualquier pregunta durante este tiempo. Diga a los participantes el tiempo con que cuentan para responder a todas las preguntas. (Lo ideal es que sean 75 minutos, pero puede ser mayor o más corto.)

## **Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico**

### **Guía del profesor**

#### **Discusión plenaria para repasar los ejercicios:**

Después de que los participantes hayan completado sus ejercicios, el profesor discutirá las respuestas con ellos. Se sugiere que el profesor, para moderar el debate, siga una de las dos propuestas que se hacen a continuación: (1) para cada pregunta, el profesor puede pedir a un voluntario que lea su respuesta que servirá para que la clase la discuta o (2) el profesor puede designar previamente a la persona para que responda cada una de las preguntas siguiendo, por ejemplo, el orden alfabético de la clase.

Cualquiera que sea el procedimiento utilizado, el profesor deberá potenciar el debate entre los participantes, ya que es frecuente que se hagan diferentes enfoques de la cuestión. El profesor tendrá a mano una copia de las soluciones cuando revise los ejercicios. El profesor también estará preparado para hacer cálculos en la pizarra, caso de que esto sea necesario.

**NOTA:** Los estudiantes no tendrán copias de las siguientes diapositivas (las soluciones).

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #29:

Solución: Exposición en NIÑOS		
Vía	Dosis (mg/kg/día)	Porcentaje del Total
Ingestión suelo	0,00040	0,8%
Agua de bebida	0,045	86,0%
Ingestión arroz	0,0030	5,7%
Ingestión verduras	0,00024	0,5%
Ingestión otros granos	0,00050	1,0%
Ingestión pescados	0,0032	6,1%
<b>Dosis Total</b>	<b>0,052</b>	<b>100%</b>

*Nota: Pueden ocurrir exposiciones adicionales de otras fuentes y/o alimentos.*

29 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- El profesor debería rehacer despacio los cálculos uno a uno y dar tiempo a los alumnos para que revisen los suyos.
- La clave para obtener los resultados correctos es que los alumnos deberían usar las tasas de ingestión y la masa corporal de los niños.
- Señale que los porcentajes pueden no dar exactamente el 100%, debido a los redondeos.
- También señale que solo se está evaluando la exposición de fuentes que han sido caracterizadas. Se pueden producir más exposiciones de otros alimentos (p. ej., especias) y de otras fuentes (p. ej., humo de "segunda mano" de los cigarrillos).
- **P.** ¿Tienen los participantes alguna pregunta sobre los datos de esta diapositiva?



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #30:

Solución: Exposición en ADULTOS		
Vía	Dosis (mg/kg/día)	Porcentaje del Total
Ingestión suelo	0,000057	0,2%
Agua de bebida	0,026	86,5%
Ingestión arroz	0,0017	5,8%
Ingestión verduras	0,00011	0,4%
Ingestión otros granos	0,00029	1,0%
Ingestión pescados	0,0018	6,2%
<b>Dosis Total</b>	<b>0,030</b>	<b>100%</b>

*Nota: Pueden ocurrir exposiciones adicionales de otras fuentes y/o alimentos*

30 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

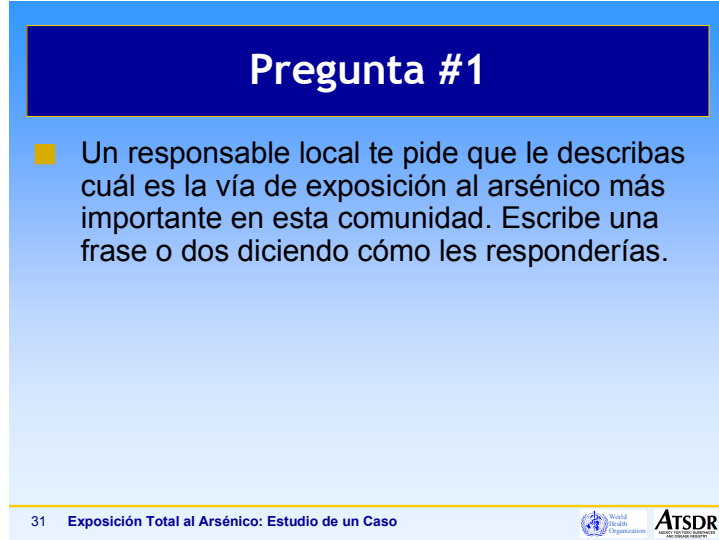
#### Notas:

- El profesor debería rehacer despacio los cálculos uno a uno y dar tiempo a los alumnos para que revisen los suyos.
- La clave para obtener los resultados correctos es que los alumnos deberían usar las tasas de ingestión y la masa corporal de los adultos.
- **P.** ¿Tienen los participantes alguna pregunta sobre los datos de esta diapositiva?
- Indique que estos son cálculos rutinarios nada más. Lo principal de las preguntas del caso práctico es la interpretación que se hace de los datos.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico



### Guía del profesor

#### Diapositiva #31:



**Pregunta #1**

- Un responsable local te pide que le describas cuál es la vía de exposición al arsénico más importante en esta comunidad. Escribe una frase o dos diciendo cómo les responderías.

31 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Esta diapositiva es la copia de la primera pregunta.
- El profesor leerá la pregunta en voz alta y puede señalar que la pregunta admite varias respuestas posibles.
- Pida a dos o más participantes que lean sus respuestas.
- Observe si las respuestas generan discusión o debate.



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #32:

## Respuesta #1

- Muchas respuestas son aceptables, tales como:
  - “El 86% de la exposición total al arsénico se produce a través del agua de bebida. Este arsénico tiene un origen natural.”
  - “El 86% del arsénico que ingieren los residentes proviene del agua de bebida y tiene un origen natural.”
  - “El 86% de la exposición total al arsénico proviene del agua de bebida. La cantidad de arsénico proveniente del resto de las vías de exposición suponen menos del 15%.”

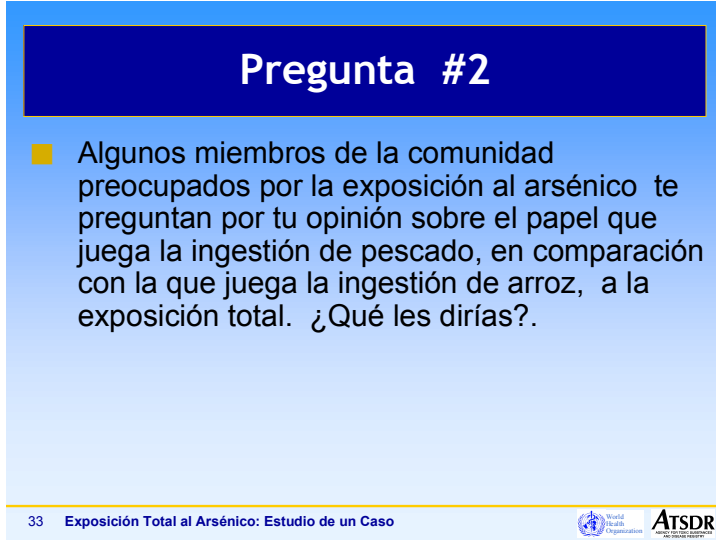
32 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Comente las respuestas de la diapositiva, pero resalte que no hay una única respuesta correcta.
- La frase más destacada aquí es que la ingesta de agua domina sobre todas las vías de exposición, tanto en niños como en adultos.
- De nuevo, resalte que las conclusiones podrían haber sido diferentes en función de las cantidades relativas de arsénico orgánico o inorgánico que estaban disponibles.
- Recuerde a los participantes que recibirán copia de las soluciones al acabar la clase y que no necesitan tomar notas escritas de las soluciones.


**Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico**  
**Guía del profesor**

**Diapositiva #33:**



**Pregunta #2**

- Algunos miembros de la comunidad preocupados por la exposición al arsénico te preguntan por tu opinión sobre el papel que juega la ingestión de pescado, en comparación con la que juega la ingestión de arroz, a la exposición total. ¿Qué les dirías?

33 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  **ATSDR**

**Notas:**

- Lea la pregunta en voz alta.
- Anime a los participantes a compartir sus respuestas.
- Observe si las respuestas generan cualquier discusión o debate.





## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #34:

## Respuesta #2

- Las Dosis de exposición por ingestión de arroz y por ingestión de pescado son comparables.
- El arsénico en el pescado es predominantemente orgánico y “generalmente no-tóxico.”
- Por lo tanto, ingerir arroz contribuye más que ingerir pescado a la exposición global a las formas de arsénico de mayor interés para la salud.

34 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Comente las respuestas mostradas en la lámina. Puntos claves a tratar:
  - Conocer que las dosis de exposición son comparables
  - Enfatizar que el arsénico en los peces está en una forma orgánica que generalmente se cataloga como “normalmente no tóxica”.
  - Este es un caso donde nuestro conocimiento del contaminante nos ayuda a hacer interpretaciones útiles.
  - Profundizar en una completa evaluación de los efectos en salud podría ofrecer ayudas en esta materia, pero la evaluación de los efectos en salud no es objeto de este curso.
- **P.** ¿Tienen los participantes alguna pregunta o duda sobre la diapositiva?



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #35:

## Pregunta #3

■ Las Autoridades locales son conscientes de que, para la caracterización de la exposición al arsénico en esta comunidad, no se han recogido muestras del aire ambiental. Te preguntan si muestrear el aire es un gasto que merezca la pena. ¿Cómo les responderías?. Apoya tu respuesta con los cálculos que consideres adecuados

35 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notes:

- Lea la pregunta en voz alta.
- Anime a los participantes a compartir sus respuestas.
- Observe si las respuestas generan cualquier discusión o debate.



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #36:

## Respuesta #3

- Una aproximación es asumir una media de concentración en el aire de 28 ng/m<sup>3</sup>, el valor más alto del rango de los valores usuales encontrado en el aire de un entorno rural.
- Bajo esta hipótesis, la exposición por inhalación para adultos debería ser sólo 0,0000088 mg/kg/día (<0,1% de la dosis de exposición total al arsénico).
- En este caso, el muestreo del aire no sería una manera eficiente de usar los recursos, dado que tenemos la seguridad de que no hay fuentes importantes de emisión en el área.

36 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Rehaga despacio los cálculos de la diapositiva
- Resalte que la exposición a través del aire es mínima, casi despreciable. De hecho seguiría siendo despreciable incluso aunque fuera 10 veces mayor que los niveles observados.
- **P.** ¿Tenemos razones para creer que utilizar los límites superiores de los rangos en las concentraciones en el aire manejadas es correcto?
  - R.** Sí, la comunidad que está siendo evaluada no tiene emisiones peligrosas al aire de ninguna fuente de arsénico. Dado que hay seguridad de que no existen estas emisiones peligrosas, esta conclusión es correcta.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #37:

### Pregunta #4

- Supón que un estudio realizado en esta comunidad identifica un medicamento particular tradicional que es usado sólo para adultos y que contiene arsénico (como media) en una concentración de 600 mg/kg (en peso húmedo del medicamento). ¿Qué tasa de ingestión causaría la dosis de exposición del medicamento tradicional que fuese igual a la dosis de exposición del agua de bebida? ¿Crees que es concebible que personas adultas sean capaces de ingerir medicamentos tradicionales en estas cantidades?.

37 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso



#### Notas:

- Lea la pregunta en voz alta.
- Anime a los participantes a compartir sus respuestas.
- Observe si las respuestas generan cualquier discusión o debate.



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #38:

## Respuesta #4

- Los adultos necesitarían ingerir 3 g/día del medicamento para alcanzar esa dosis.
- No es una tasa de ingestión alta:
  - Se sabe que los adultos en algunas poblaciones del sur de Asia ingieren 10 gramos de especias por día en su dieta.
  - Es posible que los adultos puedan alcanzar esta tasa de ingestión por cortos periodos de tiempo.
- La concentración de arsénico en este ejemplo (600 mg/kg) ha sido observada en medicinas homeopáticas.

38 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Desarrolle los cálculos de la diapositiva. El primer objetivo es esencialmente replantear la cuestión que había sido preguntada.
- Está preparado para desarrollar cómo se calculó la tasa de ingestión de 3 g/día. Primero, cambie la dosis de exposición «DE=» de la ecuación por «TI=» (Tasa de ingesta en el medio). Introduzca ahora los parámetros correctos.
- Resalte que la tasa de ingesta no es normalmente alta, y es poco probable que la gente pudiera ingerir medicinas de esa manera, sobre todo en cortos períodos de tiempo.
- Con la adecuada perspectiva, recuerde a los participantes que los casos de envenenamiento casual por arsénico que se dan en Estados Unidos son el resultado de gente que toma remedios medicinales tradicionales que contienen altas dosis de arsénico debido a los lugares donde se desarrolló o elaboraron.
- Discuta sobre las sensibilidades asociadas con las evaluaciones de exposición a los contaminantes por los remedios medicinales tradicionales. Así, determinadas comunidades no querrían compartir información detallada sobre dichos remedios por diversas razones (p. ej., por la importancia de una tradición, el tema de las patentes, etc.).
- Sería necesaria una evaluación de efectos sobre la salud para comprender el significado de la exposición al arsénico a través de los remedios medicinales tradicionales.
- **P.** ¿Alguna pregunta?



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #39:

## Pregunta #5

■ Una médico local está preocupada por los efectos del arsénico que ha observado en los miembros de la comunidad. La médico obtiene una copia de los resultados de los muestreos ambientales llevados a cabo y comprueba que, de todos los alimentos analizados, el pescado es el que tiene los niveles de arsénico más altos. Te pregunta sobre la necesidad de editar un folleto con consejos sobre el consumo del pescado del río local con el objeto de reducir la exposición al arsénico. ¿Qué le responderías? ¿Qué factores deberían ser tenidos en cuenta de cara a llevar a cabo tal acción?.

39 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Lea la pregunta en voz alta.
- Anime a los participantes a compartir sus respuestas.
- Observe si las respuestas generan cualquier discusión o debate.



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #40:

## Respuesta #5

- Dos aproximaciones podrían servir para responder a esta pregunta
- Cálculo de la Dosis estimada de exposición:
  - Sólo se reduciría el 6% de la exposición.
  - Se reduciría la exposición para la menos tóxica de las formas, la orgánica.
- Otros factores a considerar:
  - Beneficios nutricionales de comer pescado.
  - Costos sociales y económicos de implementar consejos sobre el consumo de pescados.

40 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Comente acerca de las dos soluciones mostradas en la lámina para comentar sobre la adecuación de los avisos propuestos sobre el pescado:
  - Considere los cálculos de las dosis de exposición: un aviso ofrecería sólo una limitada reducción sobre la exposición global, y podría reducir la exposición de los productos menos tóxicos.
  - Hay que tener en cuenta otros factores económicos y sociales:
    - ¿Sufrirían los residentes mermas nutricionales con las advertencias?
    - ¿Perderían los pescadores sus medios de vida?
    - ¿Hay una rica tradición y cultura unida a la pesca?
- Resumen a resaltar: Ningún beneficio apreciable se derivaría de las advertencias sobre el pescado.
- Explique que los cálculos de las dosis de exposición pueden ayudar a contestar preguntas como éstas. En realidad, se debería contemplar una evaluación completa de los efectos en salud antes de recomendar medidas de reducción de la exposición.



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #41:

## Pregunta #6

■ Una nueva tecnología basada en la filtración está disponible en el mercado y es capaz de reducir en un 60% el arsénico del agua de bebida. ¿Qué reducción de la exposición total al arsénico se obtendrá en los adultos si esta tecnología se implanta en la localidad?.

41 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Lea la pregunta en voz alta.
- Anime a los participantes a compartir sus respuestas.
- Observe si las respuestas generan cualquier discusión o debate.




## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #42:

### Respuesta #6

- Esta tecnología de filtración debería reducir la exposición total al arsénico en adultos de 0,030 mg/kg/día a 0,014 mg/kg/día.
- Se obtiene un 53% de disminución en la exposición total al arsénico.
- En este caso, el agua de bebida presenta las mayores posibilidades para reducir la exposición.

42 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  **ATSDR**

#### Notas:

- Presente los resultados de la diapositiva
- Resalte que reduciendo los niveles de arsénico en cualquier otro sustrato medioambiental sólo se obtendrán impactos marginales sobre los niveles de exposición. El agua potable representa claramente la mayor oportunidad para reducir la exposición.
- Enfatique que podría ser deseable conocer primero los efectos en salud pública de la exposición antes de recomendar medidas de reducción de la misma.



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #43:

### Pregunta #7

■ Comenta las exposiciones a través de la ingestión aguda de suelo que puede experimentar un niño con “pica”. ¿Cuál es la ingesta diaria ( $\mu\text{g}/\text{día}$ ) de arsénico a través de la vía de exposición de ingestión de suelo de un niño con “pica”? ¿Qué proporción representa esta ruta de exposición respecto a la ingesta diaria total de este niño? Considerando todos los factores mencionados en este curso, ¿apoyarías el desarrollo de más investigaciones sobre los niños con “pica” en esta comunidad?

43 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Lea la pregunta en voz alta.
- Anime a los participantes a compartir sus respuestas.
- Observe si las respuestas generan cualquier discusión o debate.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #44:

### Respuesta #7

- Usamos la tasa de ingestión habitual de 5.000 mg/día.
- Para una exposición aguda, el niño con pica tiene una ingesta por esta vía de 200 µg/día, que es 25 veces más alta que la de los niños sin este comportamiento.
- En este caso, la ingesta procedente de la ingestión de suelo (0,2 µg/día) representa el 16% del total de la ingesta diaria de arsénico para los niños con pica (1,2 µg/día).
- Esta ruta es relativamente poco importante en este caso, porque sólo una pequeña fracción del arsénico del suelo está biodisponible.

44 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso



#### Notas:

- Explique cómo se podría cuantificar la exposición de los niños con pica:
  - Usamos una tasa de ingestión de 5,000 mg/día (valor de la ATSDR).
  - Se encuentra que la ingesta en los niños con pica es 25 veces mayor que los niños que no presentan esta conducta. Esto es debido a las diferencias en las tasas de ingestión de suelo.
  - En esta situación concreta, la ingestión de suelo por parte de los niños con pica no supone una parte importante de la ingesta global diaria para la exposición aguda.
  - Resalte que los supuestos de la ATSDR suponen que las asunciones de exposición en niños con pica sólo deben ser aplicados en escenarios de exposición aguda.
- Añada que se debería considerar también la biodisponibilidad: el arsénico unido al suelo es mucho peor absorbido que el del agua potable. En este caso, la vía de ingesta a través del suelo es relativamente poco importante.
- Resalte que hay casos, diferentes de éste, en los que predomina la vía de ingesta a través del suelo sobre la exposición global, dado que la exposición por el agua potable es menor.



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #45:

## Pregunta #8

■ Calcula la ingesta media diaria (en unidades de  $\mu\text{g}/\text{día}$ ) para niños y adultos. Compara estas ingestas diarias con el rango de las ingestas diarias normales publicadas por la OMS. Explica por qué los niños tienen una menor ingesta que los adultos a pesar de que tienen una mayor dosis de exposición que los adultos.

45 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Lea la pregunta en voz alta.
- Anime a los participantes a compartir sus respuestas.
- Observe si las respuestas generan cualquier discusión o debate.



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #46:

## Respuesta #8

- Ingestas medias diarias
  - Niños = 1.050 µg/día
  - Adultos = 2.080 µg/día
  - Considerablemente más alta que el rango típico de ingestas diarias (30 a 200 µg/día) establecidas por OMS
- Los niños tienen una dosis de exposición más alta porque se expresan en relación al peso corporal que en ellos es más pequeño.

46 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Revisen las respuestas de la diapositiva. La clave aquí es la diferencia entre ingesta media diaria y exposición media diaria que es la masa corporal
- Resalte que las ingestas calculadas para este caso práctico son considerablemente mayores que el rango de las ingestas diarias ¿admisibles? señaladas por la OMS.
- Explique por qué las ingestas y las dosis se diferencian entre niños y adultos (debido al término del peso corporal de las ecuaciones).
- **P.** ¿Alguna pregunta?


## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #47:

## Pregunta #9

■ Un funcionario del Gobierno con responsabilidades en la toma de decisiones sobre la gestión del riesgo te solicita un breve resumen escrito que describa tus cálculos de las dosis de exposición y su significado. Escribe una respuesta de 3 a 4 frases para esta solicitud.

47 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  **ATSDR**

#### Notas:

- Lea la pregunta en alto.
- *Sugerencia:* El profesor debe entretenerse al máximo con esta pregunta, puesto que es una revisión global del caso práctico.
- Trate de que los participantes compartan sus respuestas. Anime a que traten de consensuar al máximo sus respuestas.
- Mire a ver si las respuestas generan cualquier discusión o debate.



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #48:

## Respuestas #9

- Pueden ser aceptadas diferentes respuestas
- Un ejemplo:
  - “Los residentes están expuestos al arsénico de origen natural en el aire que respiran, el agua que beben y los alimentos que comen. La mayor parte de la exposición (86%) procede de las fuentes del agua de bebida. Abordar la contaminación del agua de bebida representa la mejor oportunidad para reducir la exposición total. Se deberán evaluar las implicaciones para la salud pública de los niveles actuales y futuros antes de decidir qué exposiciones deben ser reducidas”.

48 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Presente la respuesta mostrada en la diapositiva, pero resalte que no hay una única respuesta correcta.
- Anime a los participantes a que comenten esta respuesta.
- Resalte la última frase. Este curso se centra en la evaluación de la exposición, pero una evaluación medioambiental de salud implica muchas otras cosas (p. ej.: revisión de los datos de muestreo, evaluación del impacto en salud, etc.). A menudo nuestras conclusiones no se basan únicamente en la evaluación de la exposición.



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #49:

## Estudio de Caso: Perspectiva

- Dosis de exposición total al arsénico:
  - Niños = 0,052 mg/kg/día
  - Adultos = 0,030 mg/kg/día
- Han sido observados efectos en la salud en humanos a estos niveles, entre los que se encuentran los siguientes:
  - Efectos dermatológicos
  - Efectos neurológicos
  - Efectos cardiovasculares
  - Cáncer

49 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Esta es la diapositiva final del apartado de “discusión plenaria”.
- Trate de dar una perspectiva de por qué estamos haciendo esto.
- Esta diapositiva indica algunos de los efectos en salud que se han observado en humanos expuestos a los mismos niveles que los observados en el caso práctico.
  - Resalte que esta es la lista resumida de los efectos que pueden ocurrir en esta población.
  - En estos casos, el profesional sanitario necesita considerar las medidas de reducción de la exposición. El conocimiento de las vías de exposición más importantes es absolutamente imprescindible.
  - Recuerde sin embargo que este es un ejercicio *hipotético*, y que los niveles considerados no son representativos para todos los sitios.
- Enfatique que nosotros haríamos una evaluación de los efectos en salud (análisis basado en la evidencia) para determinar qué efectos son probables en niños y adultos. En otras palabras, la valoración de la exposición no es el final de la historia.



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico



### Guía del profesor

#### Diapositiva #50:

**¿Qué es lo siguiente?**

- Este Estudio de un caso práctico ha evaluado la exposición en un lugar teórico (ideal)
- Las evaluaciones reales tienen otras muchas consideraciones:
  - Calidad y representatividad de las muestras
  - Sensibilidad de los métodos analíticos.
  - Evaluación de los efectos en salud.
  - Identificación de los datos que faltan.

**IMPORTANTE:**  
Las decisiones finales sobre las condiciones del lugar no deberían tomarse exclusivamente a partir de la evaluación de la exposición. Otros factores han de ser considerados.

50 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Recuerde a los alumnos que este caso práctico repasa las exposiciones al arsénico en un lugar teórico.
- Las evaluaciones sobre ubicaciones reales deben considerar otros factores:
  - La calidad y representatividad de los datos de muestreo:
    - ¿Tienen los datos una calidad contrastada?
    - ¿Cuál es el abanico temporal y espacial de los datos de muestreo?
  - Sensibilidad de los métodos de muestreo:
    - ¿Los resultados caracterizan globalmente al arsénico o diferencian arsénico orgánico e inorgánico?
  - Evaluación de las repercusiones sanitarias (evaluación basada en la evidencia)
  - Identificación de los datos que nos faltan.
- Enfatizar que la evaluación de la exposición es una pequeña parte de un escenario mucho más amplio.
- Esto finaliza el apartado de la discusión en conjunto.
- **P.** ¿Tiene alguien alguna pregunta antes de pasar a la parte final del curso?



## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #51:

## Objetivos del Curso: Revisión

- Caracterizar la *exposición* al *arsénico*, en sus diferentes formas, proveniente de las diferentes vías de exposición, incluyendo la inhalación del aire ambiente y la ingestión de agua de bebida, suelo, alimentos y uso de medicamentos tradicionales.
  - Entender el cálculo de la dosis estimada de exposición
  - Comprobar cómo la evaluación de la exposición se incardina en los procesos de evaluación de la salud pública

51 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- Esta diapositiva repasa las conclusiones del curso
- Primero, repase el objetivo del curso. Resalte lo que hemos aprendido:
  - Caracterizar la exposición.
  - Comprender los rasgos distintivos del arsénico.
  - Los alumnos deberían conocer cómo usar las ecuaciones del cálculo de la dosis de exposición y entender cómo esto se contextualiza con el proceso global de evaluación de impacto ambiental en salud.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico Guía del profesor

### Diapositiva #52:

**Ecuación Dosis Estimada de Exposición**


$$ED = \frac{C \times IR \times CF \times EF}{BW}$$

52 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso

World Health Organization ATSDR

### Notas:

- Hemos aprendido a utilizar la ecuación de la dosis estimada de exposición.
- Los participantes deberían ahora saber usar la ecuación general, así como su aplicación a las diferentes vías de exposición de los diferentes compartimentos ambientales.
  - Aire.
  - Agua potable.
  - Alimentos.
  - Suelo.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico

### Guía del profesor

#### Diapositiva #53:

A slide with a blue background and a dark blue header box containing the title '¿Qué hemos aprendido?'. Below the header, there are two main sections: 'Información sobre el arsénico:' and 'General:'. Each section contains a list of bullet points. At the bottom of the slide, there is a footer with the number '53', the text 'Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso', and logos for the World Health Organization and ATSDR.

**¿Qué hemos aprendido?**

- Información sobre el arsénico:
  - Orgánico vs. inorgánico
  - Niveles habituales en el medio ambiente
- General:
  - Cuantificar la dosis de exposición
  - Ecuaciones para cada una de las vías de exposición
  - Caracterizar la dosis absorbida (biodisponibilidad)

53 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso

World Health Organization ATSDR

#### Notas:

- El profesor debería repasar lo que se ha aprendido sobre el arsénico
  - Diferencias entre arsénico orgánico e inorgánico y cómo se relaciona eso con la toxicidad.
  - Apreciar que los contaminantes ambientales se presentan de diversas maneras con toxicidades diferentes. El cromo (trivalente o hexavalente) es un ejemplo perfecto.
  - Conocer los niveles habituales de arsénico medidos en el medio ambiente.
- Información general que puede ser aplicada a otros contaminantes:
  - Cómo cuantificar las dosis de exposición y las sutilezas de las diferentes vías de exposición.
  - Conocer la diferencia en dosis de exposición y dosis realmente absorbida.

## Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico



### Guía del profesor

#### Diapositiva #54:

A slide with a blue background and a dark blue header box containing the title. The main content is in a light blue box with a list of bullet points. At the bottom, there is a footer with the slide number, title, and logos for the World Health Organization and ATSDR.

**¿Cómo pueden ser usados los datos de exposición?**

- Evaluando las implicaciones en salud de la exposición.
- Pueden ser necesarias acciones en materia de Salud Pública, como:
  - Medidas de reducción de la exposición
  - Educación para la Salud
  - Participación comunitaria

54 Exposición Total al Arsénico: Estudio de un Caso  

#### Notas:

- El principal objetivo del curso es caracterizar exposiciones, pero es una pequeña parte del gran escenario de la evaluación de impacto ambiental
- ¿Qué más hay?
  - La dosis de exposición se usa para evaluar las implicaciones en salud pública de esa exposición.
  - Se incluyen en las referencias documentos que sirven de apoyo a los profesionales de salud para hacer estas evaluaciones y se mencionan otros cursos de aprendizaje donde los participantes puedan incrementar sus conocimientos en esta materia.
  - En los casos donde se producen exposiciones preocupantes para la salud, pueden ser necesarias actuaciones adicionales de salud pública. Éstas incluyen medidas de reducción de la exposición, educación sanitaria y acciones comunitarias.
- El núcleo de estas evaluaciones, sin embargo, es la dosis de exposición. Como se dice clásicamente, «la dosis hace el veneno», y necesitamos valorar y entender las dosis antes de establecer conclusiones prácticas para la salud pública.