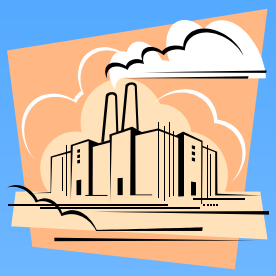

Exposición Total al arsénico
Estudio de un caso práctico

Guía del curso

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

Organización Mundial de la Salud

ATSDR
AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY

Índice de materias

Objetivos 3
Contenidos 3
Agenda 3
Agradecimientos 4
Ejercicio en grupo 5
A) *Introducción* 5
Datos de los muestreos ambientales (para arsénico) 5
Datos de ingesta 6
B) Cálculo de la Exposición 6
Tabla 1. Cálculo de la exposición crónica para «niños». 6
Tabla 2. Cálculo de la exposición crónica para «adultos». 7
C) Preguntas 8
Factores de exposición 9
Tasas de Inhalación 9
Tasas de ingestión 9
Datos sobre el peso corporal 10
Conversión de unidades 11
Concentraciones en el aire 11
Concentraciones en el agua 11
Concentraciones en el suelo 12
Concentraciones en la biota 12
Referencias bibliográficas 13

Objetivos

El curso «*Exposición total al arsénico: Estudio de un caso práctico*» está diseñado para enseñar a los alumnos a caracterizar la exposición al arsénico en sus distintas formas químicas a través de las diferentes vías, de exposición, incluyendo la inhalación del aire ambiente y la ingestión del agua potable, tierra del suelo y alimentos, así como el uso de medicamentos tradicionales. Aunque el curso se centra fundamentalmente en el arsénico, la mayoría de los conceptos son generales y pueden extrapolarse a otros contaminantes ambientales.

Contenidos

- Agenda.
- Presentación de los materiales.
- Ejercicios del «Estudio del caso práctico».
- Tabla de factores de exposición y conversión de unidades.
- Referencias bibliográficas para una mayor información.
- Soluciones (se entregarán al final de la clase).

Agenda

- Presentación técnica (75 minutos)
    - ¿Qué es el arsénico?
    - ¿Por qué estudiar el arsénico?
    - ¿Qué niveles de arsénico se encuentran normalmente en el medio ambiente?
    - ¿Cómo cuantificar la exposición?
    - ¿Cómo cuantificar la dosis absorbida?
- Realización del ejercicio en grupo (90 minutos)
- Discusión plenaria para revisar los resultados (60 minutos)
- Conclusiones (15 minutos)

Agradecimientos

Este ejercicio ha sido desarrollado por la Agencia de Substancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de los EE. UU. (ATSDR), por la Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés) y por el Grupo de Investigación del Este (ERG, por sus siglas en inglés) de la WHO. Las siguientes personas han colaborado en el proyecto:

ATSDR: Selene Chou, Supervisor Técnico

Bárbara Cooper, Supervisor Técnico

John Crellin, Supervisor Técnico

Diane Jackson, Supervisor Técnico

Bob Kay, Coordinador del Proyecto

Sven Rodenbeck, Coordinador del Proyecto

WHO: Deoraj Caussy, Coordinador del Proyecto

ERG: David Cheda, Diseñador Gráfico

Sarah Dun, Supervisor Técnico

Naida Gavrelis, Supervisor Técnico

John Wilhelmi, Coordinador del Proyecto

Traducción: José M. Ordóñez Iriarte, Emiliano Aránguez Ruiz y Manuel I. Aparicio Madre. Consejería de Sanidad y Consumo. Comunidad de Madrid. España.

Ejercicio en grupo

A) *Introducción*

En este ejercicio, los participantes calcularán e interpretarán la exposición a arsénico de los residentes de una comunidad rural en una región que tiene, de forma natural, altos niveles de arsénico. La dieta de los miembros de la comunidad proviene fundamentalmente de lo que ellos mismos cultivan, lo que incluye cereales regados con agua subterránea y de los peces del río que fluye cercano. No existe ninguna fuente importante de emisión industrial de arsénico en la zona de estudio.

Los resultados obtenidos en el muestreo ambiental realizado en esta hipotética comunidad se presentan más abajo. Se asume que los resultados analíticos son de una alta calidad (precisión y sensibilidad) y que las muestras son representativas de la exposición a la que se ven sometidos los miembros de la comunidad. Las muestras analizadas presentan datos de arsénico total, es decir, no se ha diferenciado el arsénico orgánico del inorgánico. Este ejercicio se centra en la valoración de la ***exposición crónica*** de los miembros de la comunidad.

Los participantes deberán revisar detenidamente los datos que figuran más abajo y, en la siguiente página, completar las tablas realizando los oportunos cálculos de la exposición (sección B de este ejercicio) y responder después a una serie de preguntas (sección C de este ejercicio). Los datos de los factores de exposición, que figuran al final de esta guía, pueden ser utilizados para calcular las concentraciones de exposición. Al final se revisarán las soluciones con el conjunto de la clase.

NOTA: Tanto los datos de las muestras ambientales como de las ingestas alimentarias que se proporcionan son de un lugar «hipotético». Estos datos no deberían ser asumidos como representativos de otros lugares que los participantes quisieran evaluar.

Datos de los muestreos ambientales (para arsénico)

- Aire ambiente: No se recogieron muestras en esta comunidad.
- Suelo: El conjunto de muestras de suelo recogidas en múltiples viviendas presentan una concentración media de arsénico en la superficie del suelo de 40 mg/kg, con una pequeña variación (dispersión) entre los niveles obtenidos.
- Agua potable: La gran mayoría de los miembros de la comunidad estudiada obtienen el agua para beber de un pozo que ha sido analizado trimestralmente durante el año anterior. Los resultados de arsénico obtenidos en estos análisis fueron: 825 µg/L, 950 µg/L, 725 µg/L, y 1,100 µg/L.
- Alimentos: Se tomaron múltiples muestras de alimentos cultivados y recogidos en el lugar objeto del estudio. Las medias de arsénico encontradas (expresadas en peso húmedo del alimento) fueron: 300 µg/kg en arroz, 80 µg/kg en verduras, 200 µg/kg en otros cereales distintos al arroz, y 1,600 µg/kg en pescado. No se analizaron los niveles de arsénico ni en carne ni en productos lácteos.

Datos de ingesta

Una encuesta sobre la «cesta de la compra» realizada en la localidad objeto del estudio aportó los siguientes datos medios de tasas de ingesta para diferentes alimentos:

Niños: Ingesta de 200 gramos de arroz por día

Ingesta de 60 gramos de verduras por día

Ingesta de 50 gramos otros cereales distintos al arroz por día

Ingesta de 40 gramos de pescado por día

Ingesta de 15 gramos por día del resto de alimentos

Adultos: Ingesta de 400 gramos de arroz por día

Ingesta de 100 gramos de verduras por día

Ingesta de 100 gramos de otros cereales distintos al arroz por día

Ingesta de 80 gramos de pescado por día

Ingesta de 40 gramos por día del resto de alimentos

B) Cálculo de la Exposición

Tabla 1. Cálculo de la exposición crónica para «niños».

Vía de exposición	**Dosis estimada de exposición (mg/kg/día)**	**Porcentaje del total de la dosis**
Ingestión de suelo		
Ingestión de agua potable		
Ingestión de arroz		
Ingestión de verduras	0.00024	
Ingestión de otros cereales	0.00050	
Ingestión de pescado		
Dosis total	0.052	100%

Nota: Se proporcionan las «Dosis estimadas de exposición» para dos vías de exposición al objeto de limitar el número de cálculos que tienen que hacer los participantes. También se proporciona la «Dosis total» para que los participantes puedan comprobar sus cálculos antes de proceder a contestar las preguntas que siguen

Tabla 2. Cálculo de la exposición crónica para «adultos».

Vía de exposición	**Dosis estimada de exposición (mg/kg/día)**	**Porcentaje del total de la dosis**
Ingestión de suelo		
Ingestión de agua potable		
Ingestión de arroz		
Ingestión de verduras	0.00011	
Ingestión de otros cereales	0.00029	
Ingestión de pescado		
Dosis Total	0.030	100%

Nota: Se proporcionan las Dosis Estimadas de Exposición para dos vías de exposición al objeto de limitar el número de cálculos que tienen que hacer los participantes. También se proporciona la Dosis Total para que los participantes puedan comprobar sus cálculos antes de proceder a contestar las preguntas que siguen

C) Preguntas

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

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 sobre la exposición total. ¿Qué les dirías?

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 sería un gasto que valiese la pena. ¿Cómo les responderías? Apoya tu respuesta con los cálculos que consideres adecuados.

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 potable? ¿Crees que es concebible que personas adultas sean capaces de ingerir medicamentos tradicionales en estas cantidades?

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?

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 potable. ¿Qué reducción de la exposición total al arsénico se obtendrá en los adultos si esta tecnología se implanta en la localidad?

7) Comentar las exposiciones a través de la ingesta aguda de suelo que puede experimentar un niño con «pica». ¿Cuál es la ingesta diaria (µg/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 ese niño? Considerando todos los factores mencionados en este curso, ¿apoyarías el desarrollo de más investigaciones sobre los niños con «pica» en esta comunidad?

8) Calcula la ingesta media diaria (en unidades de µg/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.

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.

Factores de exposición

Los factores de exposición presentados en esta sección son valores obtenidos de múltiples estudios científicos. Algunos de los valores que encontrarás más abajo (aunque no todos) pueden sobreestimar las tasas de ingesta reales. Además, los valores aquí recogidos han sido establecidos para la población de los Estados Unidos. Estos valores pueden no ser representativos de los factores de exposición de poblaciones de otros países. Cuando sea posible, los valores de los factores de exposición de comunidades concretas deberían ser obtenidos de forma específica para realizar los cálculos de las dosis de exposición.

Los participantes que quieran tener más información sobre los factores de exposición pueden consultar el documento de la EPA Manual de Factores de Exposición.

Tasas de Inhalación

Datos recogidos en el «Manual-guía de evaluación en salud pública» (borrador del 2002) de la ATSDR:

- Hombre adulto = 15.2 m^3/día
- Mujer adulta = 11.3 m^3/día
- Chico (12 a 14 años) = 15 m^3/día
- Chica (12 a 14 años) = 12 m^3/día
- Niño (6 a 8 años) = 10 m^3/día
- Bebé (menos de 1 año) = 4.5 m^3/día

Data recogidos en el «Manual de factores de exposición de la EPA»:

- En la Tabla 5-23 se presentan las tasas de inhalación para otros grupos de edad y diferentes estatus de actividad (sedentarios, poca actividad, moderada actividad y alta actividad).

Tasas de ingestión

Datos recogidos en el «Manual-guía de evaluación en salud pública» (borrador del 2002) de la ATSDR:

- Ingestión de agua potable de un adulto = 2 L/día
- Ingestión de agua potable de un niño = 1 L/día
- Ingestión de suelo de un adulto = 100 mg/día
- Ingestión de suelo de un niño = 200 mg/día
- Ingestión de suelo de un niño (pica) = 5,000 mg/día (en un escenario de exposición aguda solamente)

Data recogidos en el «Manual de factores de exposición de la EPA»:

- Tasa de ingestión media de agua potable para adultos = 1.4 L/día
- Tasa de ingestión media de agua potable para niños (1 a 10 años) = 0.74 L/día
- Tasa de ingestión media de suelo para adultos = 50 mg/día
- Tasa de ingestión media de suelo para niños = 100 mg/día
- Tasa media de ingestión de suelo para niños por «pica» = 10.000 mg/día (sólo para escenarios de exposición aguda; está basado en un único estudio científico sobre el fenómeno «pica» en niños.)

Datos sobre el peso corporal

Datos recogidos en "Manual-guía de evaluación en salud pública» (borrador del 2002) de la ATSDR:

- Adulto = 70 kg
- Niños (1 a 6 años) = 16 kg
- Bebés (6 a 11 meses) = 10 kg

Datos recogidos en el Manual de Factores de Exposición de la EPA:

- Las Tablas del Capítulo 7 recogen la distribución (por percentiles) de peso corporal, estratificado por edad y sexo.

Conversión de unidades

Concentraciones en el aire

Las concentraciones de metales y partículas del aire son expresadas, convencionalmente, en unidades de masa y las de los compuestos orgánicos e inorgánicos a menudo son expresadas en las siguientes unidades:

1 mg/m^3 = 1,000 µg/m^3

1 µg/m^3 = 1,000 ng/m^3

1 ng/m^3 = 1,000 pg/m^3

Algunas veces, las concentraciones de los compuestos orgánicos e inorgánicos son expresadas en unidades de volumen, que sin embargo raramente son utilizadas para expresar las cantidades de metales y/o partículas:

1 ppm = 1,000 ppb

1 ppb = 1,000 ppt

Se necesita conocer el peso molecular (o atómico) de un contaminante para convertir las unidades de masa en unidades de volumen:

- Para convertir una concentración expresada en unidades de ppb a una concentración expresada en unidades de µg/m^3: multiplicar la concentración (en ppb) por el peso molecular del contaminante (en gramos/moles) y dividir por 24,45.
- Para convertir una concentración expresada en unidades de µg/m^3 a una concentración expresada en unidades de ppb: multiplicar la concentración (en µg/m^3) por 24,45 y dividir por el peso molecular (en gramos/moles) del contaminante.

Concentraciones en el agua

1 mg/L = 1,000 µg/L

1 µg/L = 1,000 ng/L

1 mg/L = 1 ppm

1 µg/L = 1 ppb

1 ng/L = 1 ppt

1 ppm = 1,000 ppb

1 ppb = 1,000 ppt

Concentraciones en el suelo

1 mg/kg = 1,000 µg/kg

1 mg/kg = 1 µg/g

1 mg/kg = 1 ppm

1 µg/g = 1 ppm

1 µg/kg = 1 ppb

1 ng/g = 1 ppb

1 ppm = 1,000 ppb

Concentraciones en la biota

- Las conversiones de la unidad de concentración para suelos también son de aplicación para las unidades comúnmente utilizadas para expresar los niveles de contaminación en alimentos.
- Convertir concentraciones expresadas en peso seco a concentraciones en peso húmedo requiere conocer el contenido de humedad de la muestra:

Concentración en peso húmedo = concentración en peso seco x (1 – % humedad)

Referencias bibliográficas

1. ATSDR Toxicological Profile for Arsenic.
2. ATSDR Public Health Assessment Guidance Manual.
3. Environmental Health Criteria for Arsenic and Arsenic Compounds, International Programme on Chemical Safety.
4. Environmental Health Criteria for Human Exposure Assessment, International Programme on Chemical Safety.
5. United Nations Synthesis Report on Arsenic in Drinking Water
6. U.S. Environmental Protection Agency's Risk Assessment Guidance for Superfund.
7. U.S. Environmental Protection Agency's Exposure Factors Handbook and Child-Specific Exposure Factors Handbook.